



Ministerio de Fomento
Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda
Secretaría General de Infraestructuras
Dirección General de Carreteras
Demarcación de carreteras del Estado en Andalucía Occidental

PROYECTO DE TRAZADO

EMERGENCIA TRABAJOS PREVIOS PARA LA SUSTITUCIÓN DE TIRANTES DEL PUENTE DEL CENTENARIO.
MEJORA DEL ACCESO AL PUERTO OESTE DE SEVILLA DESDE LA SE-30.
PROVINCIA DE SEVILLA.

Clave: 33-SE-5170

ANEJO Nº 8. EFECTOS SISMICOS



ANEJO Nº 8. EFECTOS SÍSMICOS

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	ACCIONES SÍSMICAS	4
2.1	ACELERACIÓN SÍSMICA BÁSICA	4
2.2	COEFICIENTE DE RIESGO	5
2.3	COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN DEL TERRENO	5
2.4	ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO.....	6
3	EFECTOS SÍSMICOS EN ESTRUCTURAS	6

1 INTRODUCCIÓN

Para el cálculo de las acciones sísmicas y su repercusión en los taludes y estructuras proyectadas se ha tenido en cuenta la Norma Sismorresistente NCSE-02 aprobada por el Real Decreto 997/2002 de 27 de Septiembre de 2002.

En el apartado 1.2.2 de la referida Norma se clasifican las construcciones, en función del uso a que se destinan y de los daños que puede ocasionar su destrucción, en:

- De importancia moderada: con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario o producir daños económicos significativos a terceros.
- De importancia normal: su destrucción puede ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.
- De importancia especial: su destrucción puede interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos.

Dentro de este último grupo, y a efectos de las construcciones pertenecientes a vías de comunicación, se incluyen los puentes, muros, etc. que estén clasificadas como de importancia especial en las normativas o disposiciones específicas de puentes de carretera y de ferrocarril.

A este respecto, la Instrucción sobre acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP), clasifica los puentes de carretera (considerando como tales las obras de paso que soportan cualquier tipo de vía de tráfico rodado formado por vehículos automóviles, obras de drenaje transversal de envergadura, muros y pasarelas peatonales o ciclistas) en:

- De importancia moderada: con probabilidad despreciable de que su destrucción pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario o producir daños económicos significativos a terceros.

- De importancia normal: su destrucción puede ocasionar víctimas, interrumpir un servicio necesario para la colectividad o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.

Se incluyen aquí los pasos superiores e inferiores y pequeñas obras de paso de una red alta capacidad (autopistas, autovías, vías de conexión y vías rápidas) y los puentes y viaductos del resto de la red de carreteras que no cumplan las condiciones de puente de importancia especial.

- De importancia especial: su destrucción puede interrumpir un servicio imprescindible o aumentar los daños ocasionados por el terremoto por efectos catastróficos.

Quedan aquí incluidos los puentes situados en accesos a edificios sanitarios y de servicios públicos de ayuda, a instalaciones básicas de las poblaciones, a puertos y aeropuertos de Interés General del Estado, a edificios e instalaciones básicas de comunicaciones, a grandes presas y sus instalaciones vitales, a edificios donde se almacenen materias tóxicas, inflamables o explosivas, y a centrales nucleares o edificios donde se procesen materiales radiactivos.

También los puentes urbanos situados en arterias o vías principales, los accesos principales a núcleos urbanos, los puentes clasificados de importancia normal cuando su destrucción ocasione daños muy importantes o afecte gravemente a algún servicio imprescindible, y los puentes situados en vías con una IMD superior a 7000 vehículos/día.

Durante la fase de explotación del tramo, el mismo dotará de acceso al puerto de Sevilla, una base militar, una esclusa y una estación de depuración de aguas residuales desde la SE-30 y también conectará esta última con la SE-40, por lo que concurren las circunstancias para considerar la mayor parte de las estructuras del tramo como de importancia especial, exceptuando las situadas en el nuevo camino de acceso a las cocheras de carruajes de caballos (eje 22).

En la citada Norma, en su apartado 1.2.3 de la NCSE-02 se establece que no es obligatoria la aplicación de la misma en los siguientes casos:

- En las construcciones de moderada importancia.
- Las edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica, a_b , sea inferior a $0,04 \cdot g$, siendo g la aceleración de la gravedad.
- En las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica sea inferior a $0,08 \cdot g$.

2 ACCIONES SÍSMICAS

La aceleración sísmica de cálculo se define como:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b, \text{ donde:}$$

a_b : aceleración sísmica básica.

ρ : coeficiente adimensional de riesgo.

S : coeficiente de amplificación del terreno.

2.1 ACELERACIÓN SÍSMICA BÁSICA

La aceleración sísmica básica (a_b) es un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno.

La Norma Sismorresistente define la peligrosidad sísmica del territorio nacional mediante el siguiente mapa de peligrosidad sísmica. Dicho mapa suministra, expresada en relación al valor de la gravedad, la aceleración sísmica básica (a_b) y el coeficiente de contribución K (que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto). Estos parámetros también se incluyen en el Anejo 1 de la NCSE-02 por municipios, para todos aquellos cuya aceleración sísmica básica iguales o superiores a $0,04 \cdot g$.

El valor de la aceleración sísmica básica expresada con relación al valor de la gravedad en la zona objeto de estudio es:

Municipio	a_b/g	K
Sevilla	0,07	1,1

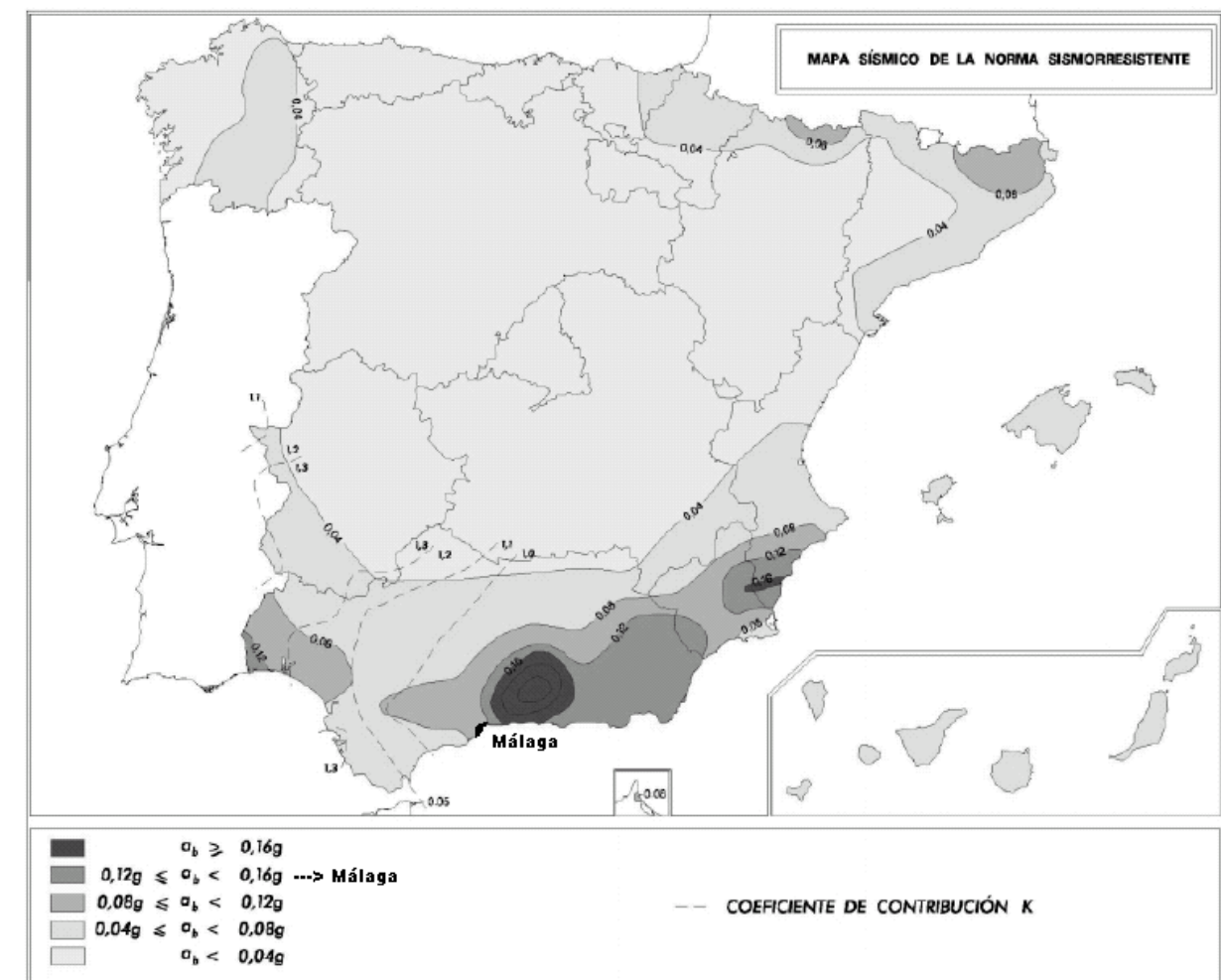


Figura 2.1. – Mapa de Peligrosidad Sísmica.

La zona acotada se encuentra, por tanto, definida por valores de a_b/g de intensidad moderada. Se adopta para todos los cálculos sísmicos una aceleración básica $a_b = 0,07 \cdot g$, mientras que el coeficiente de contribución será $K = 1,1$.

Para una obra de estas características, la Norma de Construcción Sismorresistente es de aplicación obligatoria para valores de a_b mayores de 0,04g, por lo que se establece la necesidad de su cumplimiento en este proyecto.

2.2 COEFICIENTE DE RIESGO

El coeficiente adimensional de riesgo (ρ) es función de la probabilidad aceptable de que se exceda a_c en el periodo de vida para el que se proyecta la construcción y toma los siguientes valores:

- Construcciones de importancia normal $\rho = 1,00$.
- Construcciones de importancia especial $\rho = 1,3$.

Conforme a lo indicados en el apartado anterior, por las razones allí expuestas, las construcciones del tramo serán de importancia especial, siendo el coeficiente adimensional de riesgo en estos casos $\rho = 1,3$.

No obstante se utilizará el valor $\rho = 1,0$, para las construcciones del nuevo camino de acceso a las cocheras de caballos (Eje 22) y para el resto de construcciones cuando se trate de hipótesis de construcción al no encontrarse el tramo en servicio.

2.3 COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN DEL TERRENO

El coeficiente de amplificación del terreno vendrá dado por las siguientes expresiones:

- Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1 \cdot g$ $S = C/1,25$
- Para $0,1 \cdot g < \rho \cdot a_b < 0,4 \cdot g$ $S = C/1,25 + 3,33 [(\rho \cdot a_b / g) - 0,1](1 - C / 1,25)$
- Para $0,4 \cdot g \leq \rho \cdot a_b$ $S = 1,0$

En la fórmula anterior, C es el coeficiente de terreno que se calcula utilizando la fórmula $C = \frac{\sum C_i \cdot e_i}{30}$, que toma en consideración las características del terreno en los 30 metros más superficiales, siendo

C_i y e_i , el coeficiente del terreno y espesor de cada uno de los estratos en que puede subdividirse el suelo de cimentación, respectivamente.

El coeficiente de terreno depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación que, según la citada norma, pueden clasificarse en 4 tipos, cada uno de ellos con un valor diferente de C, conforme al cuadro adjunto:

Coeficiente del terreno (C)

Clasificación	Tipo de Material	V. de Propagación	Coef. C
Terreno Tipo I	Roca compacta Suelo cementado Suelo granular muy denso	$V_s > 750 \text{ m/s}$	1,0
Terreno Tipo II	Roca muy fracturada Suelo cohesivo duro Suelo granular	$750 \text{ m/s} > V_s > 400 \text{ m/s}$	1,3
Terreno Tipo III	Suelo cohesivo firme a muy firme Suelo granular compacidad media	$400 \text{ m/s} > V_s > 200 \text{ m/s}$	1,6
Terreno Tipo IV	Suelo granular suelto Suelo cohesivo blando	$V_s < 200 \text{ m/s}$	2,0

A lo largo de la zona de estudio se sucederán diferentes tipos de terrenos con diferentes grados de compacidad – cohesión, habiéndose optado por establecer un perfil de terreno único para todo el tramo donde se reflejen de manera apropiada las características de la zona, siempre del lado de la seguridad. Así, definimos el siguiente perfil del terreno tipo para el tramo:

- De 0,0 a 20 m de profundidad: arenas finas sueltas. Terreno tipo IV $C = 2,0$
- De 20 a 25 m de profundidad: gravas. Terreno tipo II $C = 1,6$
- De 25 a 30 m de profundidad: margas azules. Terreno tipo II $C = 1,3$

$$\text{Así } C = \frac{20 \cdot 2 + 5 \cdot 1,6 + 5 \cdot 1,3}{30} = 1,82$$

2.4 ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO

Una vez determinados todos los coeficientes que intervienen en la fórmula resulta una aceleración sísmica de cálculo:

$$\rho \cdot a_b = 1,3 \cdot 0,07 \cdot g < 0,1 \cdot g$$

$$S = \frac{C}{1,25} = \frac{1,82}{1,25} = 1,456$$

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = 1,456 \cdot 1,3 \cdot 0,07 \cdot g = \mathbf{0,132 \cdot g = a_c}$$

3 EFECTOS SÍSMICOS EN ESTRUCTURAS

Para la definición de la aceleración de cálculo para las estructuras se ha tenido también en cuenta la “Instrucción sobre las acciones a considerar en puentes de carretera (IAP)” y la “Norma de Construcción Sismorresistente: Parte de Puentes” (NCSP-07).

Según la “Norma de Construcción Sismorresistente: Parte de Puentes” el cálculo de las acciones sísmicas deberá realizarse en los casos en los que la aceleración sísmica horizontal básica del emplazamiento sea superior a $0,04 \cdot g$ o cuando la aceleración sísmica horizontal de cálculo sea superior o igual a $0,04 \cdot g$, siendo g la aceleración de la gravedad.

Se ha hecho un estudio individual y pormenorizado del efecto sísmico en cada una de las estructuras. Siguiendo las indicaciones de la norma se ha adoptado un espectro elástico de respuesta para movimientos horizontales, correspondiente a un oscilador lineal simple (modelo de tablero rígido) con un amortiguamiento de referencia, z , del 5% respecto al crítico.

La formulación seguida por la “Norma de Construcción Sismorresistente: Parte de Puentes” para la obtención de la aceleración de cálculo en el terreno (a_c) a considerar en el estudio sísmico para una estructura en servicio es similar a la ya expuesta en el apartado anterior. Así la aceleración de cálculo viene dada por:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

Dónde:

- a_b es la aceleración sísmica básica según la NCSE-02 y cuyo valor es de $0,07 \cdot g$ para el tramo de autovía objeto del presente proyecto. Este valor es la aceleración horizontal de la superficie del terreno correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.
- S es el coeficiente de amplificación del terreno cuyo valor se expuso en el apartado anterior en función de las características del terreno de la cimentación de cada estructura.
- ρ es el coeficiente adimensional de riesgo cuyo valor viene dado por el producto de dos factores $\gamma_I \cdot \gamma_{II}$. El valor de γ_I (factor de importancia del puente) viene dado por la siguiente tabla:

Importancia del puente	γ_I
Normal	1,0
Especial	1,3

El valor de γ_{II} es un factor modificador para tener en consideración un periodo de retorno (P_R) diferente a 500 años. El valor de este parámetro, es $\gamma_{II} = \left(\frac{P_R}{500} \right)^{0,4}$

En cualquier caso, para las hipótesis en fase constructiva ρ se tomará igual a 1,00.

Como ya se ha justificado en el apartado anterior, concurren las circunstancias para considerar todas las estructuras del tramo como de importancia especial, con la excepción de las situadas sobre el eje 22.

De acuerdo con estas premisas se obtendrá la aceleración de cálculo para cada una de las estructuras que constituyen esta actuación.