**Proyecto de Construcción “*Pasarela sobre la carretera CA-32,  
para conexión peatonal y bicicletas, desde apeadero Las Aletas  
a la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Cádiz,  
T.M. de Puerto Real (Cádiz)*”**

**Anejo Nº. 7 – EFECTOS SÍMICOS**

[1. Introducción 2](#_Toc473184946)

[1.1. Clasificación de las construcciones 2](#_Toc473184947)

[1.2. Aceleración sísmica y coeficiente de contribución 3](#_Toc473184948)

[2. Acciones sísmicas 3](#_Toc473184949)

[3. Efectos sísmicos en estructuras 4](#_Toc473184950)

**Proyecto de Construcción “*Pasarela sobre la carretera CA-32,  
para conexión peatonal y bicicletas, desde apeadero Las Aletas  
a la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Cádiz,  
T.M. de Puerto Real (Cádiz)*”**

**Anejo Nº. 7 – EFECTOS SÍMICOS**

1. Introducción

1.1. Clasificación de las construcciones

Para el cálculo de las acciones sísmicas y su repercusión en la estructura proyectada se ha tenido en cuenta la nueva Norma Sismorresistente NCSP-07 aprobada por el Real Decreto 637/2007 de 18 de Mayo de 2007.

En el apartado 2.3. de dicha 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 normal.

⇨ De importancia especial.

A este respecto, la Instrucción sobre acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP), aprobada por Orden del Ministerio de Fomento de 12 de febrero de 1998, 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.

🢭 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 la red de alta capacidad (autopistas, autovías, vías de conexión y vías rápidas).

En dicha Norma, en su apartado 1.2.3., 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, ab, sea inferior a 0,04 g, siendo g la aceleración de la gravedad.

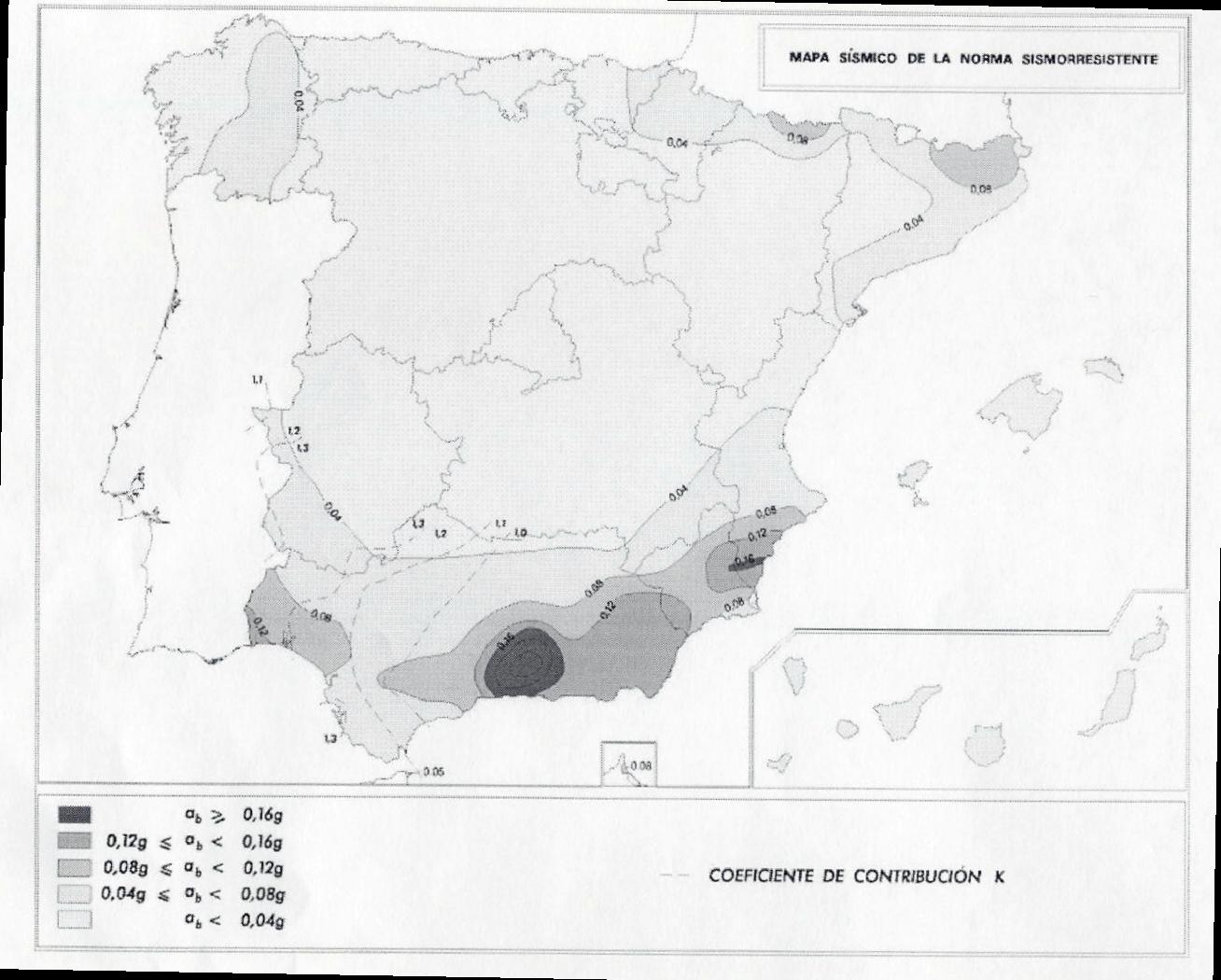
🢭 En las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica sea inferior a 0,08 g.

1.2. Aceleración sísmica y coeficiente de contribución

La aceleración sísmica de cálculo se define como:



En la siguiente figura, se reflejan las aceleraciones sísmicas básicas a aplicar en las distintas regiones del territorio nacional, según NCSP-07.



⇨ ***ab*** = aceleración sísmica básica que es un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno. El mapa de peligrosidad sísmica que se adjunta suministra, expresada en relación al valor de la gravedad, g, la aceleración sísmica básica, ab, 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).

⇨ ***ρ*** = Coeficiente adimensional de riesgo función de la probabilidad aceptable de que se exceda ac en el periodo de vida para el que se proyecta la construcción. Adopta los siguientes valores:

🢭 Construcciones de importancia normal = 1,00.

🢭 Construcciones de importancia especial = 1,3.

⇨ ***S*** = Coeficiente de amplificación del terreno. Toma el siguiente valor:

🢭 Para  

🢭 Para  

🢭 Para  

siendo C: Coeficiente de terreno y que depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación.

Para obtener el coeficiente de terreno, la Norma, en su apartado 3.2., clasifica los terrenos en:

🢭 Tipo I: Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso.

🢭 Tipo II: Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros.

🢭 Tipo III: Suelo granular de compacidad media o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme.

🢭 Tipo IV: Suelo granular suelto o suelo cohesivo blando.

Para cada tipo de terreno la Norma establece un valor de C:

|  |  |
| --- | --- |
| **Tipo de Terreno** | **Coef. de terreno C** |
| I | 1,00 |
| II | 1,30 |
| III | 1,60 |
| IV | 2,00 |

2. Acciones sísmicas

En la lista del Anejo 1 de la NCSP-07 se detallan por municipios los valores de la aceleración sísmica básica junto al coeficiente de contribución K; para Puerto Real se tiene el siguiente valor:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **ab/g** | **K** |
| Puerto Real | 0,06 | 1,30 |

El coeficiente adimensional de riesgo toma el valor de  para una construcción de importancia normal, como lo es una pasarela peatonal.

De este modo se obtiene el producto , que tendrá el siguiente valor: . El coeficiente de amplificación del terreno vendrá dado por la siguiente expresión:

 (Para )

El coeficiente C se obtiene a partir del tipo de terreno, corresponde a un terreno tipo III (suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, 400 m/s  vs  200 m/s). Se aplica un coeficiente de valor de C= 1,60.

Por tanto, se considera un coeficiente de amplificación del terreno S=1,28.

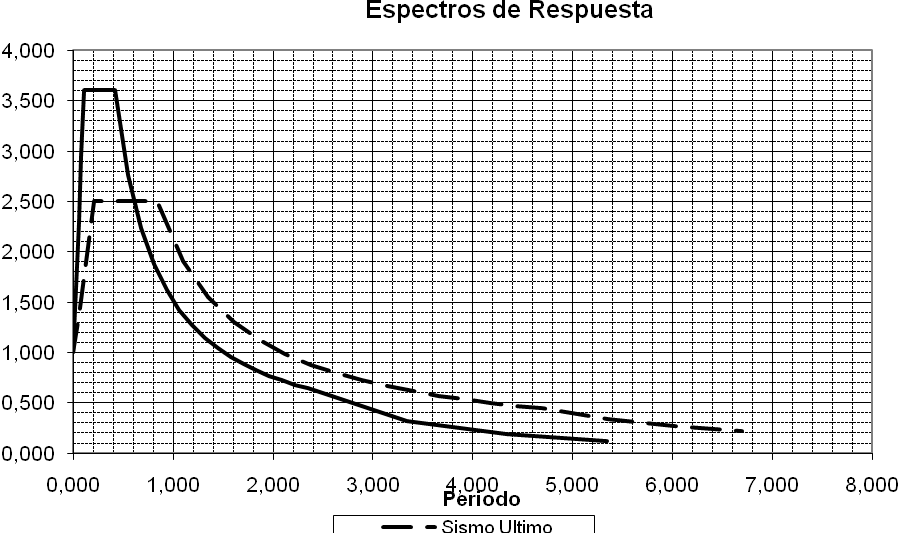
Una vez definidos S,  y ab se obtiene la aceleración sísmica de cálculo, que tendrá el siguiente valor:



3. Efectos sísmicos en estructuras

Para obtener la fuerza sísmica y su reparto entre pilas y estribos, se ha realizado un modelo 3D de nudos y barras de la estructura, que modeliza el comportamiento de ésta frente a acciones horizontales. Las barras tienen iguales características mecánicas que los elementos a los que representan (pilas, apoyos, tablero, etc.). En este modelo se introduce el espectro elástico de respuesta de la estructura, necesario para calcular las acciones debidas al sismo, y las masas concomitantes con el sismo.

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). Según el citado texto normativo, el cálculo de las acciones sísmicas es ineludible ya que la acción de cálculo es superior o igual a 0,06·g, siendo g la aceleración de la gravedad.



El método de cálculo utilizado para la acción sísmica es el Análisis Espectral con Superposición Modal, válido en virtud de lo dispuesto en el artículo 4.2.4 de la NCSP-07. Este método está basado en el empleo del espectro de respuesta, y requiere la combinación ponderada de las solicitaciones provenientes de cada modo de vibración de la estructura. Se hallan los 80 modos de vibración de mayor período, comprobándose que la suma de las masas efectivas de los mismos es siempre superior (tanto para el sismo longitudinal como para el transversal) al 90% de la masa movilizada en el movimiento sísmico, lo que es garantía de su representatividad.

La combinación de los resultados obtenidos en el análisis de los diferentes modos de vibración, que debe efectuarse para toda variable asociada a cada grado de libertad supuesto (desplazamientos, esfuerzos, tensiones, etc.), se materializa según la regla de combinación denominada “CQC” (Complete Quadratic Combination), la cual permite tomar en consideración la posibilidad de que modos de vibración de períodos similares puedan acoplarse.

El cálculo sísmico se realiza suponiendo comportamiento elástico de la estructura (q = 1.0), al apoyarse el tablero sobre neoprenos. De esta forma, basta con calcular la estructura en sismo último, según NCSP-07.