

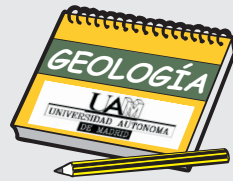
Riesgo Sísmico

Escenarios sísmicos y planes de emergencia

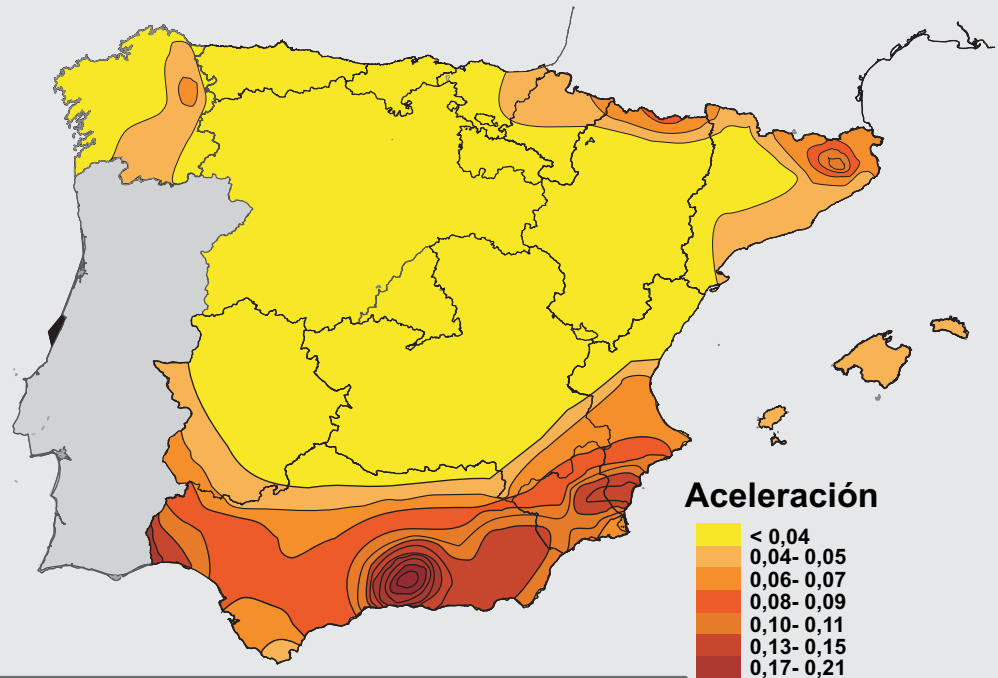
Giner-Robles, J.L.¹; Pozo Rodriguez, M.¹; Carenas Fernández, B.¹;
Domínguez Díaz, C.²; García Ruíz, A.²; Regadío García, M.¹ y De Soto García, I.S.¹

¹ Departamento de Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. UAM

² Departamento de Didácticas Específicas. Facultad de Educación y Profesorado. UAM



Recurso Didáctico 4



Tipo de vulnerabilidad						Total edificios
A	B	C	D	E	F	
66.200	198.800	868.500	165.000	26.500	0	1.325.000
5%	15%	65,55%	12,45%	2%	0%	100%



COMPLEMENTOS DE GEOLOGÍA Y BIOLOGÍA
Master en Formación de Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato

Material docente de geología adaptado para la impartición de docencia en Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato



RECURSO DIDÁCTICO 4

Recurso didáctico 4: La mayor parte de las Comunidades Autónomas en nuestro país deben realizar un plan de emergencia ante el riesgo sísmico. Estos planes de emergencia definen las medidas que se deben adoptar en caso de ocurrencia de un sismo, quién las debe tomar, y además define en qué poblaciones se tiene que aplicar la norma de construcción sismorresistente (NSCE-2000), que define las características constructivas de las edificaciones e infraestructuras en función de la aceleración máxima esperable.

ACTIVIDAD: Escenarios sísmicos y planes de emergencia

Ver archivo: [presentacion_actividad_4.ppt](#)

Material: El material necesario se adjunta a este documento.

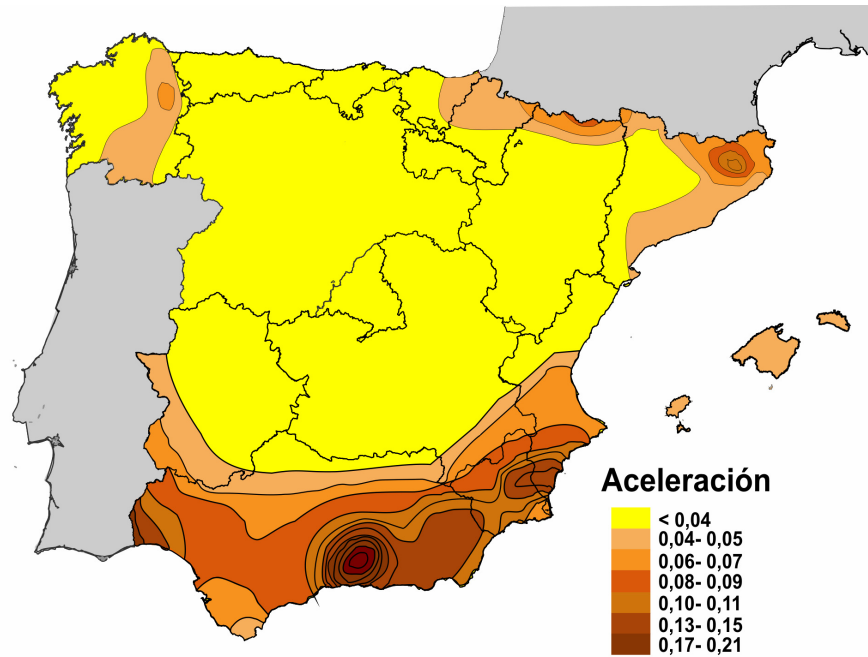
Objetivo: Desarrollo de los conceptos de vulnerabilidad y daño. Conocimiento de los diferentes pasos que se aplican para la realización de un escenario sísmico. Desarrollo de Planes de emergencia a partir de la modelización de escenarios sísmicos.

Metodología:

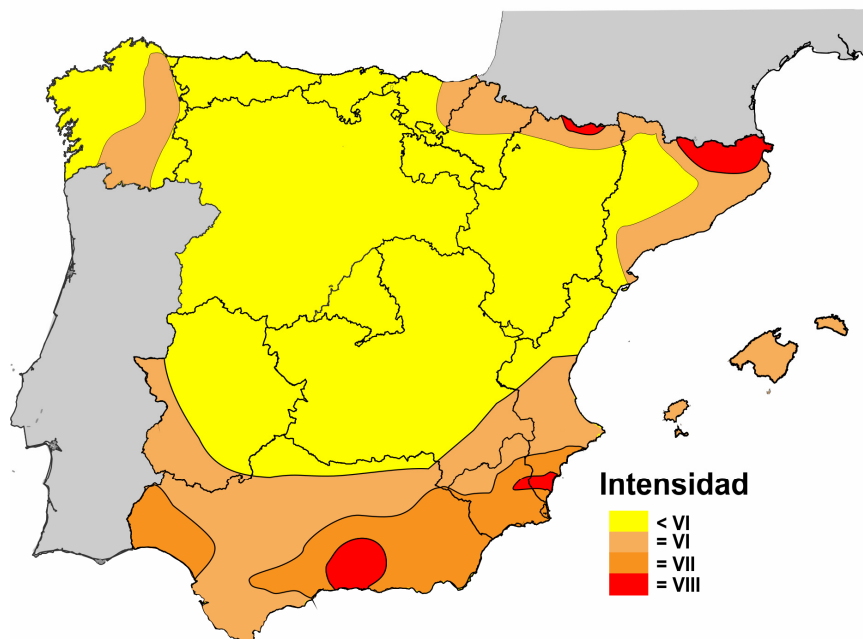
Esta actividad esta dividida en dos partes independientes: **escenarios sísmicos y planes de emergencia**.

La primera de ellas (**escenarios sísmicos**), pretende mostrar a los alumnos parte del proceso de **modelización de un escenario sísmico**. A partir de datos de intensidades máximas o de aceleración del terreno esperable en una zona, se definen los daños producidos en las personas y edificaciones a cada una de las poblaciones afectadas.

Con el conjunto de modelizaciones y escenario sísmicos probables para una zona se establecen los **planes de emergencia**, que intentan prever las posibles necesidades de atención y material necesarias después de la ocurrencia de un evento dado. En esta actividad sólo se plantea un pequeño ejercicio en el que los alumnos deben marcar e identificar las comunidades que deben realizar un plan de emergencia frente al riesgo sísmico.



Mapa de excedencia de aceleraciones sísmicas de España (período de retorno de 500 años, NSCE-2000)



Mapa de excedencia de intensidades sísmicas en España (período de retorno de 500 años)

Mapas de peligrosidad sísmica en España: excedencia de aceleraciones e intensidades para un periodo de retorno de 500 años. Estos mapas son la base para la realización de escenarios sísmicos y planes de emergencia en el territorio nacional.

Actividad: Escenarios sísmicos

El **objetivo** de esta actividad es que los alumnos comprendan que los planes de emergencia sísmica se realizan a partir de los escenarios sísmicos modelizados para esa zona. Estos escenarios sísmicos se modelizan para cada población de la zona afectada, a partir de una serie de datos: fundamentalmente **intensidad sísmica sufrida** y **tipos constructivos de las edificaciones de la población**. En el tratamiento de estos datos se utilizan una serie de tablas estándar: descripción de daños en las estructuras en función del tipo constructivo (factor de vulnerabilidad), y de efectos en las personas a partir del grado de daño en las viviendas (factor de daño).

Los alumnos deben calcular una serie de parámetros de daños en las edificaciones y en la población de una localidad que ha sufrido una intensidad sísmica de VII. Para complementar las actividades se utiliza el sismo modelizado en la actividad 2. Concretamente, consideramos la población número 62 (intensidad VII), que es la población que tiene más habitantes de las 143 de la actividad (datos de la población: **3.577.500 habitantes** y **1.325.000 edificios**).

El **material aportado a los alumnos** consta de tres tablas: la primera de ellas (**tabla I**) es la **clasificación de los 1.325.000 edificios en función de su tipo de vulnerabilidad** (calidad constructiva). Son datos que corresponden únicamente a esa población. Para realizar un análisis de este tipo en otra población, necesitaremos la clasificación de las estructuras para esa población en concreto.

La **segunda tabla (tabla II)** establece, el **porcentaje de daño esperado con una intensidad sísmica de VII en función del tipo de vulnerabilidad de la construcción**. Es decir, establece qué porcentaje esperable de edificios con un mismo tipo de vulnerabilidad, sufre un daño determinado: desde 0 (sin daño), hasta 5 (colapso del edificio). Esta tabla es independiente de la población analizada, se definen tablas tipo para cada intensidad sísmica (en este caso la de intensidad VII).

Utilizando esta tabla y los datos de la **tabla I**, los alumnos deben definir el número de edificios afectados por cada grado de daño.









Intensidad VII	coeficiente de daño					
	0	1	2	3	4	5
						
Tipo de vulnerabilidad	A	B	C	D	E	
A	14%	10%	50%	20%	5%	1%
B	20%	16%	40%	20%	4%	0%
C	33%	38%	20%	7%	2%	0%
D	60%	27%	8%	5%	0%	0%
E	72%	28%	0%	0%	0%	0%

Tabla II

Tipo de vulnerabilidad						Tabla I
A	B	C	D	E	F	Total edificios
66.200	198.800	868.500	165.000	26.500	0	1.325.000
5%	15%	65,55%	12,45%	2%	0%	100%

Tabla III		coeficiente de estado de las víctimas		
		heridos leves	heridos graves	mueertos
coeficiente de daño	1 	3,3/10.000	1,1/25.000	1,1/100.000
	2 	3/1.000	1/2.500	1/10.000
	3 	3/100	1/250	1/1.000
	4 	3/10	1/25	1/100
	5 	2/5	2/5	1/5



Es relativamente simple, consiste en calcular los porcentajes que asigna la **tabla II** a cada tipo constructivo, considerando el 100% como el número de edificios de ese tipo constructivo en la población considerada (**tabla I**).

		coeficiente de daño						
		0	1	2	3	4	5	
Tipo de vulnerabilidad	A	14%	10%	50%	20%	5%	1%	viviendas tipo A 66.200
	9.268	6.620	33.100	13.240	3.310	662		
	B	20%	16%	40%	20%	4%	0%	viviendas tipo B 198.800
	39.760	31.808	79.520	39.760	7.952	0		
	C	33%	38%	20%	7%	2%	0%	viviendas tipo C 868.500
286.605	330.030	173.700	60.795	17.370	0			
D	60%	27%	8%	5%	0%	0%	viviendas tipo D 165.000	
99.000	44.550	13.200	8.250	0	0			
E	72%	28%	0%	0%	0%	0%	viviendas tipo E 26.500	
19.080	7.420	0	0	0	0			
		viviendas daño 0	viviendas daño 1	viviendas daño 2	viviendas daño 3	viviendas daño 4	viviendas daño 5	
		453.713	420.428	299.520	122.045	28.632	662	

Tabla II.- Resultados obtenidos de la utilización de la tabla II, definiendo el número de edificios afectados por cada grado de daño.

Después, los alumnos deben calcular en número de casas inhabitables y el número de personas sin hogar como resultado de los daños del evento sísmico. Para ello se les proporciona los siguientes datos:

a) Índice de ocupación de vivienda:

$$3.577.500 \text{ habitantes} / 1.325.000 \text{ viviendas} = 2,7 \text{ habitantes/vivienda}$$

b) Todos los edificios con **coeficiente de daño 4 y 5**, y un **40% de los que presentan daño 3**, se consideran inhabitables.

VIVIENDAS INHABITABLES

viviendas daño 3 40% 122.045	+	viviendas daño 4 100% 28.632	+	viviendas daño 5 100% 662
--	---	--	---	---

78.112 viviendas inhabitables (2,1%)
2,7 habitantes por vivienda

210.902,4 desplazados (5,8% de la población)

$$48.818 + 28.632 + 662 = 78.112$$

78.112 viviendas inhabitables (2,1%)

Recurso didáctico: es conveniente recordar a los alumnos que los datos obtenidos de la simulación forman parte del escenario sísmico, y son fundamentales para estructurar adecuadamente los planes de emergencia y prever, aunque sea de forma aproximada las necesidades de la población una vez ocurrido un evento real. Se puede consultar alguno de los planes de emergencia sísmica homologados en España, y discutir los diferentes estamentos y organismos que tienen que actuar en cada situación.






También se puede discutir sobre la estacionalidad de algunas poblaciones costeras, que pueden llegar a aumentar su población varias veces en época vacacional, y por tanto los diferentes escenarios sísmicos tienen que estar en consonancia con ese aumento de población.

Posteriormente, los alumnos deben calcular el coeficiente de estado de las víctimas. Es decir, deben calcular con la **tabla III** el número de heridos y muertos que se producen.

Esta tabla relaciona el daño en el edificio con el porcentaje de heridos y muertos que se produce como consecuencia de ese daño.

En el punto anterior, los alumnos **calculan el número de edificios con un determinado daño**; y considerando el valor de 2,7 habitantes por edificio, **se calcula el número de personas afectadas en cada grado de daño**.

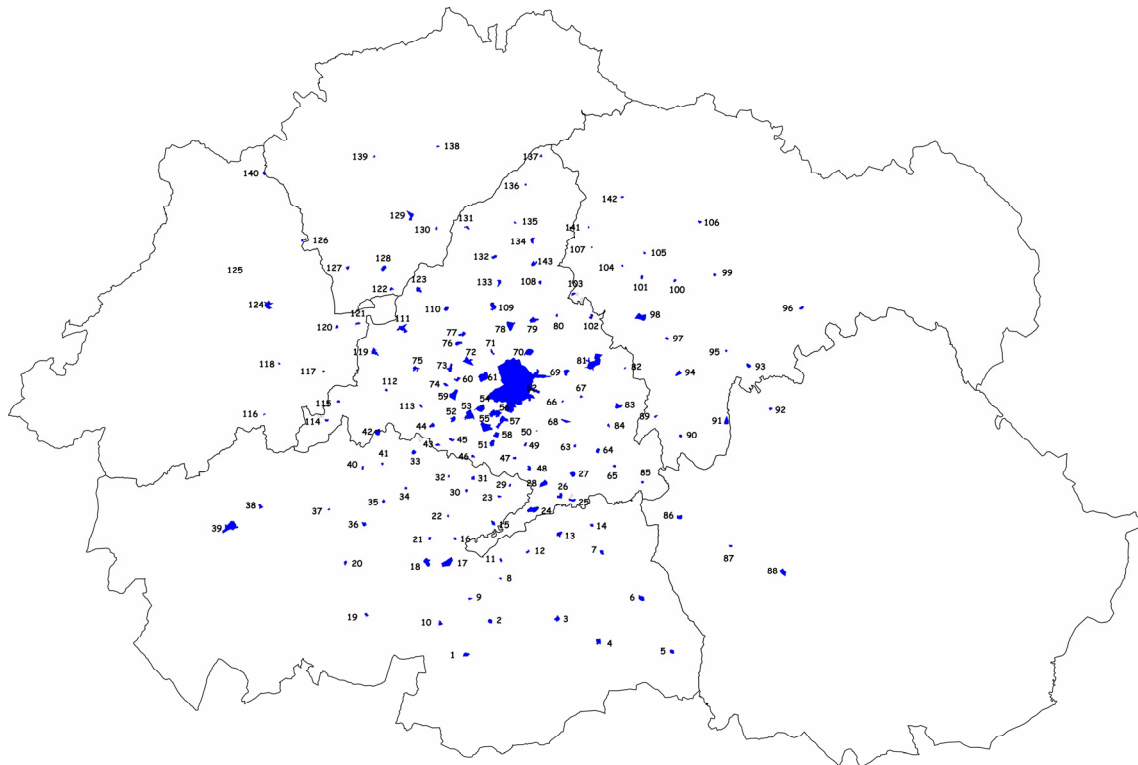
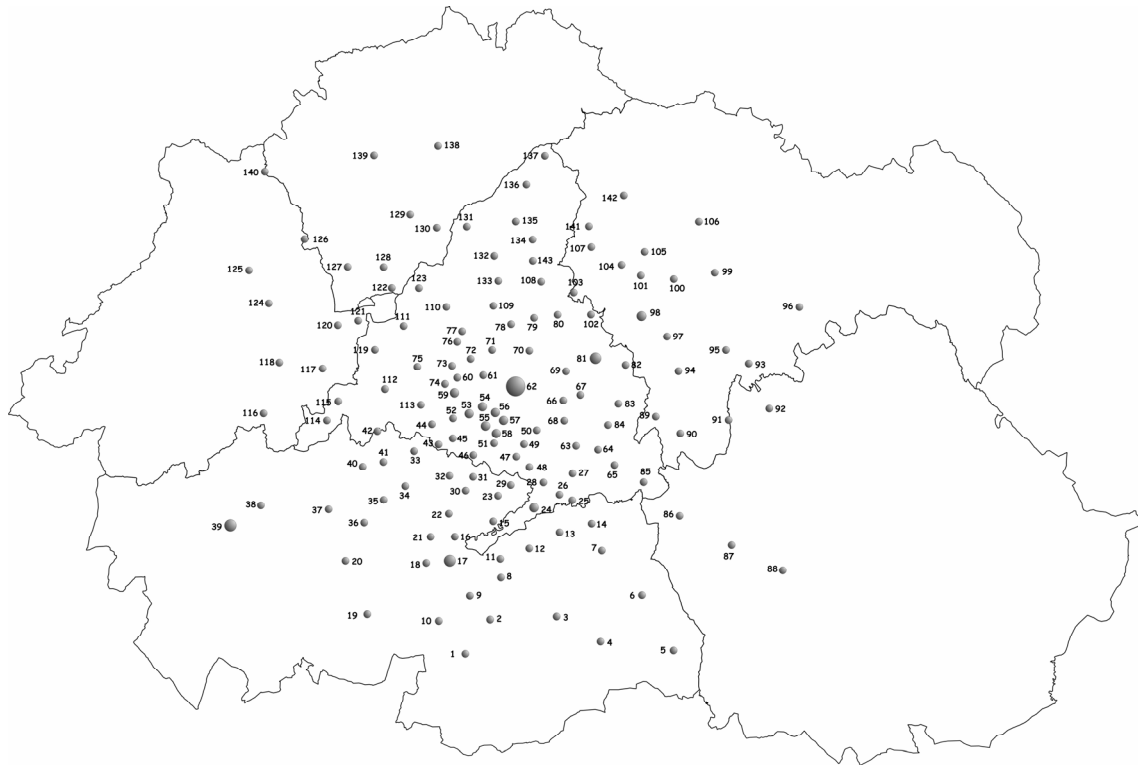
Después se aplican los porcentajes de afectados para cada grado de daño que se muestran en la **tabla III**. Hay que tener en cuenta que las tablas son orientativas, y se incluyen todas las víctimas asociadas al sismo. En muchos casos se pueden producir víctimas aunque el daño en el edificio sea mínimo (ataques al corazón, caídas, etc).

		coeficiente de estado de las víctimas			
		heridos leves	heridos graves	muertos	
viviendas daño 1 420.428	1.135.155,6 habitantes	1 	3,3/10.000 374,6	1,1/25.000 49,9	1,1/100.000 12,4
viviendas daño 2 299.520	808.704 habitantes	2 	3/1000 2426,1	1/2.500 323,4	1/10.000 80,8
viviendas daño 3 122.045	329.521,5 habitantes	3 	3/100 9.885,6	1/250 1318,1	1/1000 329,5
viviendas daño 4 28.632	77.306,4 habitantes	4 	3/10 23.191,9	1/25 3.092,2	1/100 773
viviendas daño 5 662	1.787,4 habitantes	5 	2/5 714,9	2/5 714,9	1/5 357,4
		coeficiente de daño	Total heridos leves	Total heridos graves	Total muertos
			125.566,1	5.498,5	1.553,1
			Porcentaje población total	3,5%	0,15%

Con esta actividad se pretende que los alumnos puedan conocer el proceso de análisis y los datos que se utilizan para establecer parte de un escenario sísmico.

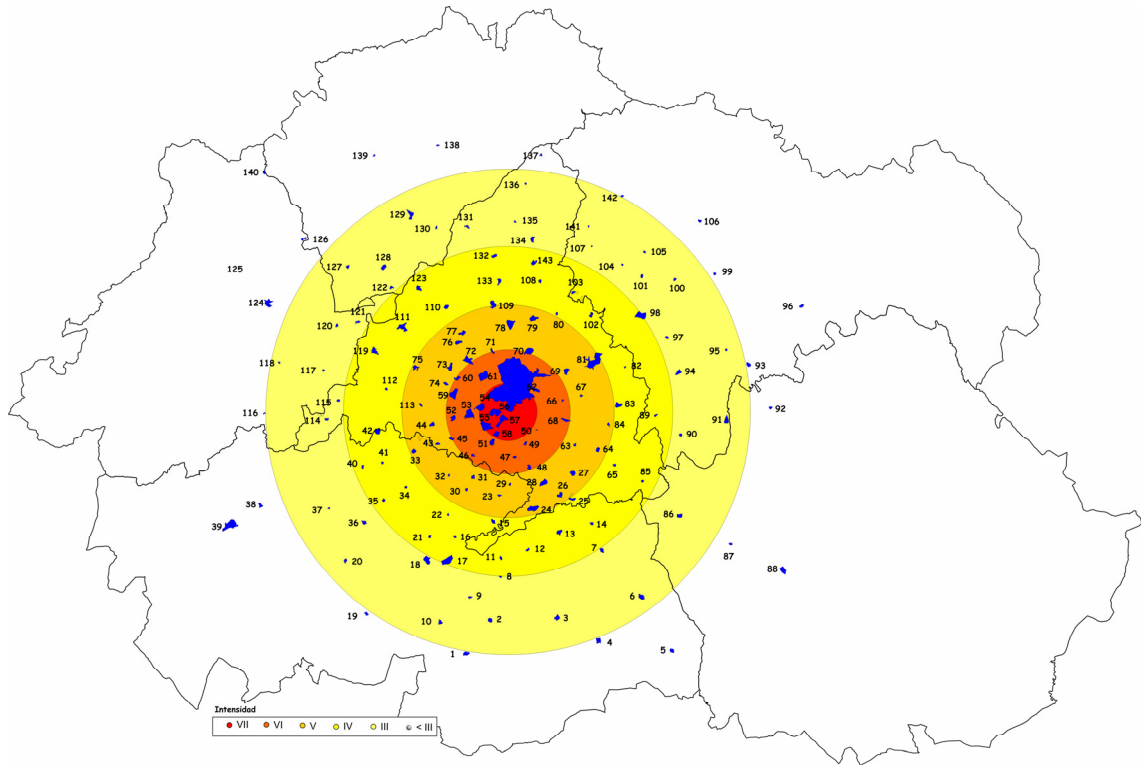
Recurso adicional

Los datos utilizados en la actividad 2, se corresponden con la simulación de un sismo de magnitud 5,0 a 10 km de profundidad, al sur de la ciudad de Madrid.



Mapa de situación de las poblaciones de la actividad 2, y su correspondencia con las poblaciones reales que corresponden al terremoto simulado.

La población número 62 utilizada en esta actividad, es la ciudad de Madrid. Los datos sobre número de edificios afectados son los resultados obtenidos de la simulación realizada con el programa de Simulación de Sismos SES 2002 de la Dirección General de Protección Civil y el Instituto Geográfico Nacional (magnitud: 5.0; profundidad: 10 km; coordenadas: $-3,7067^\circ / 40,3331^\circ$).



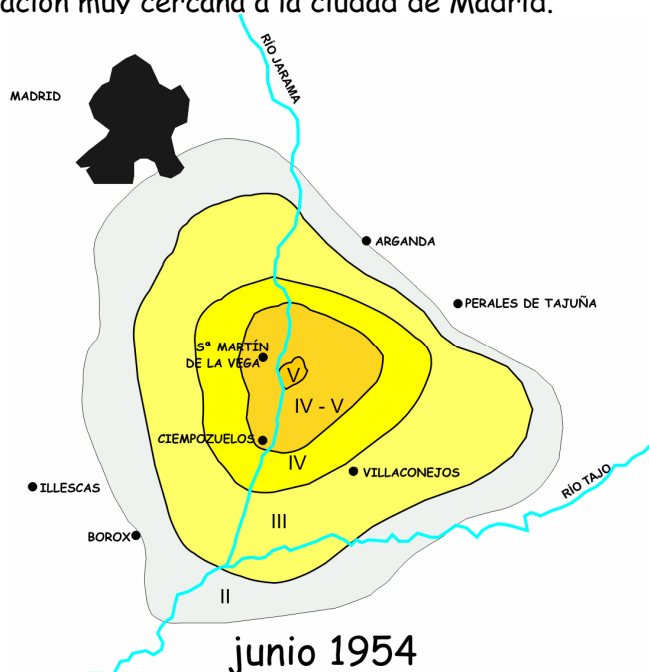
18	intensidad III	TOLEDO
48	intensidad VI	CIEMPOZUELOS
53	intensidad VI	MOSTOLES
54	intensidad VII	ALCORCÓN
55	intensidad VII	FUENLABRADA
56	intensidad VII	LEGANES
57	intensidad VII	GETAFE
61	intensidad VI	POZUELO DE ALARCON
62	intensidad VII	MADRID
70	intensidad V	LA MORALEJA
72	intensidad V	LAS ROZAS
81	intensidad V	ALCALA DE HENARES
98	intensidad IV	GUADALAJARA
109	intensidad V	COLMENAR VIEJO
129	intensidad III	SEGOVIA

Estos son los resultados de intensidades calculadas para algunas de las poblaciones más importantes afectadas por la simulación realizada.

Identificando las poblaciones reales afectadas por esta simulación, podemos acercar a los alumnos al problema desde una perspectiva diferente a la de los números y porcentajes. Muchas veces, en este tipo de análisis, se pierde la verdadera entidad de lo que significaría un evento de este tipo en una zona densamente poblada.

Se ha modelizado un terremoto en esta zona, para poner de manifiesto el daño que podría causar un terremoto de magnitud relativamente baja en una zona densamente poblada. En esta zona no han ocurrido terremotos instrumentales importantes, ni se tiene constancia de terremotos históricos destructivos. No obstante, eso no significa que no puedan producirse eventos que puedan cuasar daños.

El 27 de junio de 1954 se produjo un terremoto de intensidad V en San Martín de la Vega, población muy cercana a la ciudad de Madrid.



Recurso didáctico: Una actividad interesante con los alumnos puede ser la consulta de los terremotos de intensidad mayor que V ocurridos en las proximidades de su población de residencia habitual (www.igne.es).

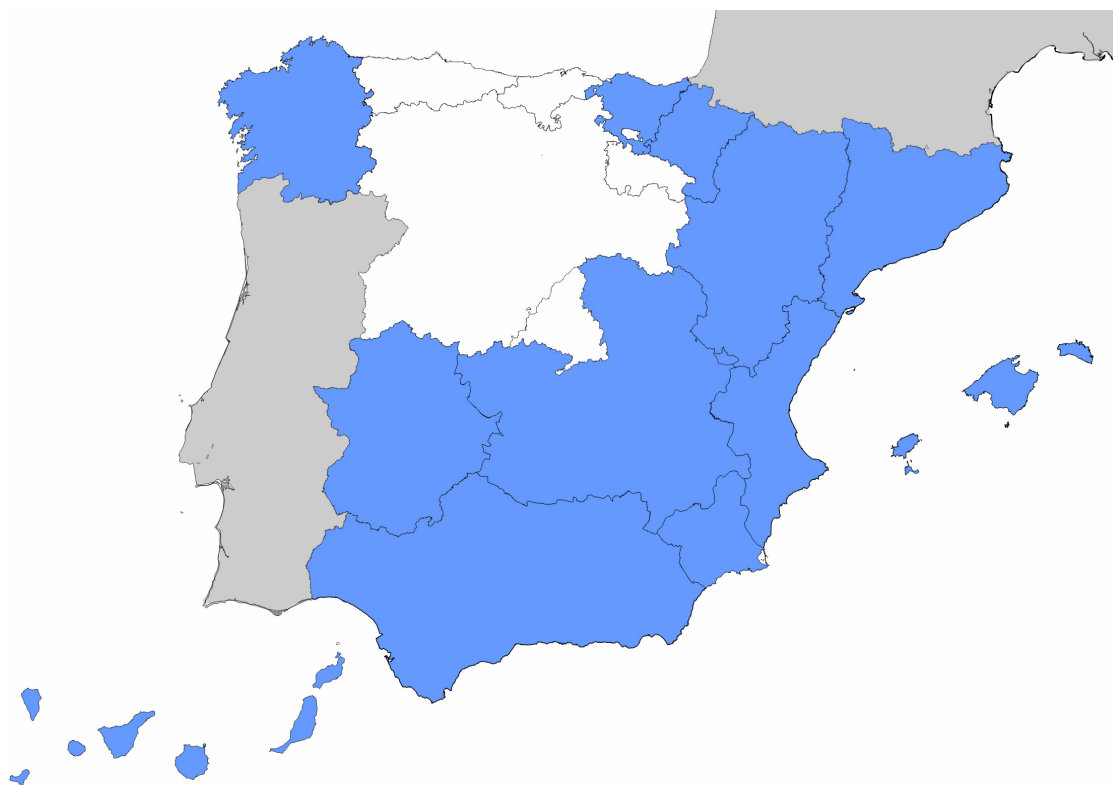
Actividad: *Planes de emergencia*

El **objetivo** de esta práctica es que los alumnos sean **conscientes del riesgo sísmico en España**, que aunque relativamente bajo en comparación con otras partes del mundo, es suficientemente importante como para establecer planes de emergencia asociados a esta actividad.

"(...) La Directriz básica de protección civil ante el riesgo sísmico estableció la obligación de elaborar planes especiales de emergencia ante este riesgo en aquellas comunidades autónomas en cuyo territorio existen áreas donde son previsible sismos de intensidad igual o superior a los de grado VI, delimitados por la correspondiente isosista del mapa de peligrosidad sísmica en España para un período de retorno de 500 años del Instituto Geográfico Nacional, que se incluyó en su anexo I.

Asimismo, el anexo II de la Directriz básica incluyó la relación de municipios comprendidos en áreas donde son previsible sismos de intensidad igual o superior al grado VII, para que, en tales áreas, se elaboren los catálogos de elementos en riesgo, incluidas las construcciones de singular importancia. (...)"

(**Resolución** de 17 de septiembre de 2004, de la Subsecretaría, por la que se ordena la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros, de 16 de julio de 2004, por el que se modifica la [Directriz Básica de Planificación de protección civil ante el Riesgo Sísmico](#), aprobada por el Acuerdo del Consejo de Ministros, de 7 de abril de 1995)



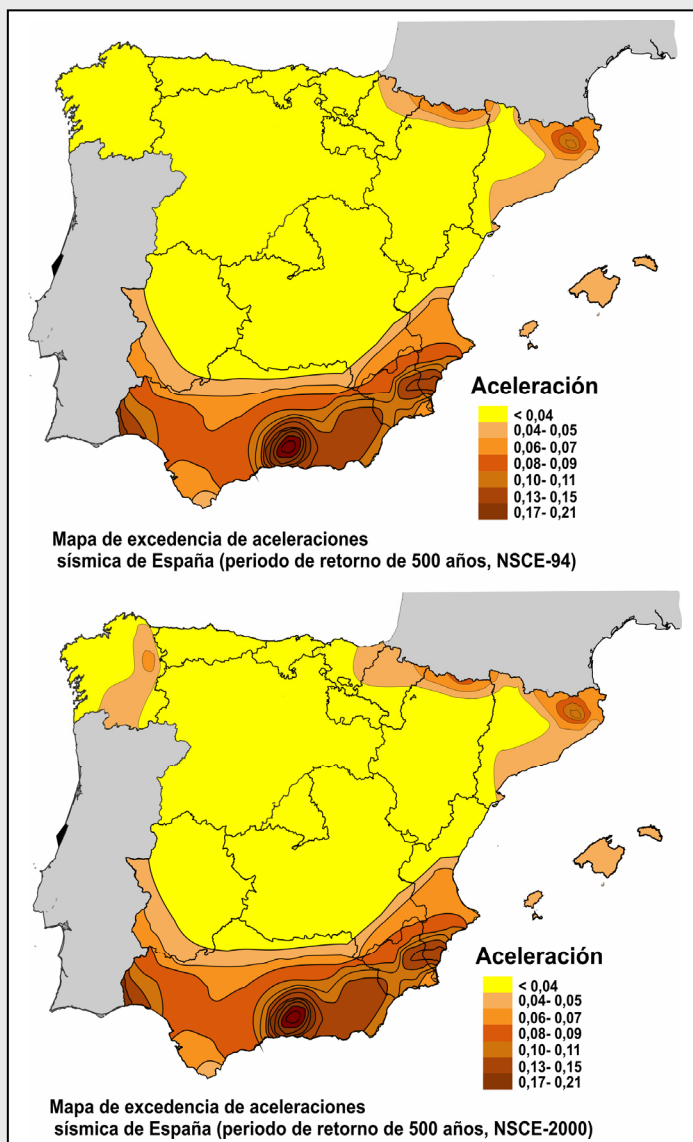
En este mapa se muestran las Comunidades Autónomas que están obligadas a desarrollar un plan de emergencia ante el Riesgo sísmico en España en 2011.

La **actividad** consiste en identificar las comunidades autónomas que están obligadas a desarrollar un plan de emergencia ante el Riesgo sísmico a partir de los mapas de peligrosidad sísmica (mapas de excedencia de intensidad).

Recurso didáctico: Una actividad interesante con los alumnos puede ser la comparación de los mapas de aceleraciones de la norma de construcción sismorresistente del año 1994 y del año 2000 (esta última está vigente actualmente). En estos mapas se pueden observar variaciones en la definición de las zonas que se ven afectadas por la norma (aceleración > 0,04 g). De estas variaciones las más evidentes son las que afectan a Galicia. La inclusión de esta zona, fue como resultado de las crisis sísmicas que se produjeron en la zona de Sarria entre los años 1996-1998, posteriores al mapa de la norma de 1994.

En España, las fallas que producen sismos importantes tienen un periodo de retorno relativamente elevado. Este hecho puede implicar que el catálogo instrumental, aunque sea apoyado por el catálogo histórico, sea incompleto, y por lo tanto no mostraría adecuadamente las zonas con alta probabilidad de ocurrencia de sismos destructivos.

Este hecho pone de manifiesto que, únicamente con los datos instrumentales que tenemos en la actualidad, es muy complejo poder definir la peligrosidad sísmica de España de una forma adecuada, ya que la ocurrencia de nuevos sismos (como en el caso de los de la crisis de Sarria) pueden variar de forma importante los mapas de peligrosidad. Por ello es necesario recalcar a los alumnos la importancia de las aportaciones de la geología al análisis de la peligrosidad sísmica, ya que puede aportar nueva información a los catálogos, a partir de datos obtenidos del registro geológico mediante técnicas de investigación geológica (trincheras, análisis geomorfológico o estructural, etc). Con estos mapas también se puede analizar qué comunidades autónomas no tendrían que haber realizado el plan de emergencia de estar vigente el mapa de 1994.



MATERIAL ALUMNOS

SIMULACIÓN DE ESCENARIOS SÍSMICOS

Los escenarios sísmicos son herramientas fundamentales para poder diseñar correctamente los planes de emergencia en caso de ocurrencia de un sismo. Estos escenarios se simulan a partir de los mapas de peligrosidad, asignando una intensidad sísmica a cada zona. Con ese dato de intensidad sísmica probable para una población dada, se calculan los daños que sufrirían las edificaciones e infraestructuras en función de la calidad constructiva. Una vez definidos los daños se puede definir, de forma aproximada, el número de edificaciones no habitables después del evento, y por tanto el número de personas desplazadas que requerirían atención. También se puede establecer, en función de los daños en las edificaciones, el número de fallecidos y de heridos leves o graves, y por tanto las necesidades médicas en caso de ocurrencia del sismo.

Objetivo de la actividad: Definir los daños a las edificaciones y a las personas en un caso hipotético de ocurrencia de un sismo. Para ello, vamos a utilizar el sismo de la actividad 2. En concreto vamos a utilizar la población número 62 de esa práctica, ya que es la población de mayor número de habitantes que ha sufrido la mayor intensidad registrada (intensidad VII).

Datos:

Esta población en total 3.577.500 habitantes. Y tiene 1.325.000 edificios susceptibles de sufrir daños, de los cuales más de un 85% presentan un tipo de vulnerabilidad A (mayor vulnerabilidad) B o C. Los edificios de esta población presentan diferentes calidades de construcción (tipo de vulnerabilidad). Las calidades A y B corresponden a edificios antiguos, es una ciudad histórica; los edificios tipo C corresponden a los típicos edificios construidos en las décadas de los 60, 70 y 80. Los edificios tipo D y E (menor vulnerabilidad) son edificios más modernos con estructuras de acero. Esta población no se sitúa en una zona en la que se tuviera que aplicar la norma de construcción sismorresistente, y por eso tenemos tan pocos edificios de tipo E.

Tipo de vulnerabilidad						Total edificios
A	B	C	D	E	F	
66.200 5%	198.800 15%	868.500 65,55%	165.000 12,45%	26.500 2%	0 0%	1.325.000 100%

Tabla I.- Numero de edificaciones de cada tipo de vulnerabilidad definido para la población.

El tipo de vulnerabilidad de las edificaciones es independiente de la intensidad sísmica que pueden sufrir. Estos tipos de calidad constructiva sólo hacen referencia a las calidades y materiales de construcción utilizados. Es decir, esta tabla sería válida para cualquier intensidad sísmica.

Lo que sí varía son los daños sufridos por cada tipo de edificación en función de la intensidad sísmica.

Como la población objeto de la práctica sufre un grado de **intensidad de VII**, debemos utilizar una tabla que describa el porcentaje de edificios que han sufrido cada tipo de daño (en función de su calidad constructiva) para un grado de intensidad de VII (Tabla II).

		coeficiente de daño					
		0	1	2	3	4	5
Tipo de vulnerabilidad	A	14%	10%	50%	20%	5%	1%
	B	20%	16%	40%	20%	4%	0%
	C	33%	38%	20%	7%	2%	0%
	D	60%	27%	8%	5%	0%	0%
	E	72%	28%	0%	0%	0%	0%

Tabla II.- En esta tabla se represente el porcentaje de edificios que sufren un daño determinado (0 sin daño, 5 colapso del edificio) en función del tipo de construcción (tipo de vulnerabilidad: A, B, C, D y E). Esta tabla es para una intensidad sísmica de VII. Cada intensidad tiene definida una tabla diferente.

Dato importante:

Consideramos que **todos los edificios con coeficiente de daño 4 y 5, y un 40% de los que presentan daño 3 son inhabitables.**

Para calcular los efectos del sismo sobre las personas (número de heridos y muertos), se aplican unas tablas orientativas (Tabla III). En estas tablas se establece el porcentaje de heridos leves, graves y muertos en función del daño que ha sufrido el edificio. Si se tiene un padrón actualizado se establece el número exacto de habitantes por cada edificio, si no existe se establece el número de habitantes medio por edificio para poder aplicar estas tablas. Estas tablas son independientes de la intensidad, se considera que para cualquier edificio con un daño determinado, el efecto en las personas es el mismo, independientemente de la intensidad que haya causado ese daño.

Dato importante:

En nuestro caso, no poseemos datos de ocupación de los edificios, por lo que simplemente asignamos un número de habitantes medio a cada edificación:

$$3.577.500 \text{ habitantes} / 1.325.000 \text{ viviendas} = 2,7 \text{ habitantes/vivienda}$$

Utiliza este dato para calcular el número de afectados por el sismo.






		coeficiente de estado de las víctimas			
		heridos leves	heridos graves	mueertos	
coeficiente de daño	1		3,3/10.000	1,1/25.000	1,1/100.000
	2		3/1000	1/2.5000	1/10.000
	3		3/100	1/250	1/1000
	4		3/10	1/25	1/100
	5		2/5	2/5	1/5

Tabla III.- En esta tabla se establece para cada coeficiente de daño, el porcentaje de habitantes heridos y fallecidos frente al total de habitantes en esas edificaciones.

Responde a las siguientes preguntas:

Define el número de edificios que han sufrido:

Daño 0 (sin daños)

Daño 1

Daño 2

Daño 3

Daño 4

Daño 5 (colapso del edificio)

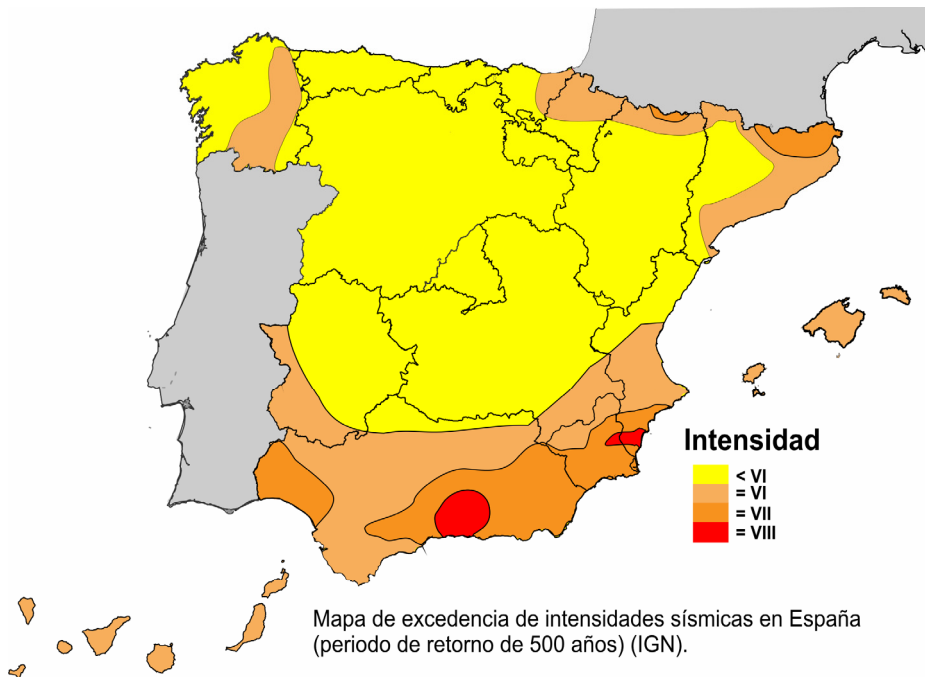
¿Cuántos edificios serían inhabitables?

¿Cuántos heridos leves, graves y muertos produciría el terremoto simulado en esta actividad?

En esta actividad no hemos considerado en el escenario sísmico los **daños a las infraestructuras**. ¿Crees que se deben considerar para definir un plan de emergencia en una zona?. ¿Por qué?.

PLANES DE EMERGENCIA ANTE EL RIESGO SÍSMICO

La Directriz básica de protección civil ante el riesgo sísmico estableció la obligación de elaborar planes especiales de emergencia ante este riesgo sísmico en aquellas comunidades autónomas en cuyo territorio existen áreas donde son previsible sismos de intensidad igual o superior a los de grado VI.



Marca e identifica las Comunidades Autónomas de nuestro país que están obligadas a realizar un plan de emergencia ante el riesgo sísmico.

El hecho de estar obligadas desde el año 2004, no implica que todas ellas tengan un plan de emergencia homologado. **Investiga** en la red **qué Comunidades Autónomas** tienen ya homologado su plan de emergencia y cuáles tienen aún el plan de emergencia en proceso de realización.