

**Mónica Amaral Ferreira**  
**Beatriz Zapico Blanco (coords.)**

## GUÍA EDUCATIVA

---

# ¿POR QUÉ SE MUEVE



# EL SUELO?

Editorial Universidad de Sevilla

INDICE



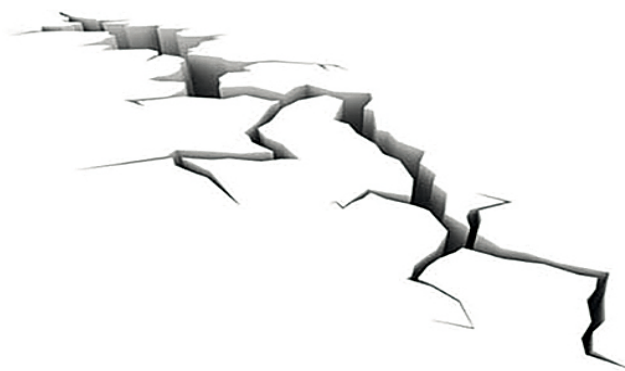
## ¿POR QUÉ SE MUEVE EL SUELO?



Mónica Amaral Ferreira  
Beatriz Zapico Blanco (coords.)

## ¿POR QUÉ SE MUEVE EL SUELO?

**Proyecto PERSISTAH**  
**(Projetos de Escolas Resilientes aos SISmos**  
**no Território do Algarve e de Huelva)**



Mónica Amaral Ferreira

Carlos Sousa Oliveira, João Estêvão, Antonio Morales Esteban,  
Beatriz Zapico Blanco, Emilio Romero Sánchez, Jaime de Miguel Rodríguez,  
María Victoria Requena García de la Cruz y Luís Sá



Sevilla 2020

Colección Ediciones especiales

Ferreira, M.A.; Oliveira, C.S.; Estêvão, J.; Esteban, A.M.; Zapico Blanco, B.; Sanchéz, E. R.; Rodríguez, J.M.; Cruz, M.V.; Sá, L. ¿Por qué se mueve el suelo?, Ferreira, M.A.; Zapico Blanco, B. (coords.), Sevilla, Editorial Universidad de Sevilla, 2020.

COMITÉ EDITORIAL

José Beltrán Fortes  
(Director de la Editorial Universidad de Sevilla)  
Araceli López Serena  
(Subdirectora)

Concepción Barrero Rodríguez  
Rafael Fernández Chacón  
María Gracia García Martín  
Ana Ilundáin Larrañeta  
María del Pópulo Pablo-Romero Gil-Delgado  
Manuel Padilla Cruz  
Marta Palenque Sánchez  
María Eugenia Petit-Breuilh Sepúlveda  
José-Leonardo Ruiz Sánchez  
Antonio Tejedor Cabrera

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de este libro puede reproducirse o transmitirse por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética o cualquier almacenamiento de información y sistema de recuperación, sin permiso escrito de la Editorial Universidad de Sevilla.

La presente obra se ha desarrollado en el marco del proyecto PERSISTAH, *Projetos de Escolas Resilientes aos Sismos no Território do Algarve e de Huelva* (0313\_PERSISTAH\_5\_P), desarrollado conjuntamente por las universidades del Algarve y Sevilla y financiado por la Comisión Europea a través de la convocatoria EP - INTERREGV A España Portugal (POCTEP).



Ilustraciones y diseño de cubierta: Hugo O'Neill

Edición digital de la primera edición impresa de 2020

© Editorial Universidad de Sevilla 2020  
c/ Porvenir, 27 - 41013 Sevilla  
Tlf. 954 487 447; 954 487 451 - Fax 954 487 443  
Correo electrónico: eus4@us.es  
Web: <<https://editorial.us.es>>

© Mónica Amaral Ferreira y Beatriz Zapico Blanco (coords.) 2020

© Mónica Amaral Ferreira (Instituto Superior Técnico/Universidade do Algarve), Carlos Sousa Oliveira (Instituto Superior Técnico), João Estêvão (Universidade do Algarve), Antonio Morales Esteban (Universidad de Sevilla), Beatriz Zapico Blanco (Universidad de Sevilla), Emilio Romero Sánchez (Universidad de Sevilla), Jaime de Miguel Rodríguez (Universidad de Sevilla), María Victoria Requena García de la Cruz (Universidad de Sevilla) y Luís Sá (Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil) 2020

ISBN-e: 978-84-472-3045-7

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447230457>

Maquetación y edición digital: Dosgraphic, S.L. ([dosgraphic@dosgraphic.es](mailto:dosgraphic@dosgraphic.es))

**Consultora del área educativa y Revisión:**

Patrícia Gramaxo (Doctora en Ciencias de la Educación, Maestra de primaria)

**Agradecimientos:**

Dora Castelo (Museo de San Roque, Santa Casa de la Misericordia de Lisboa)

Luís Nobre (Museo de San Roque, Santa Casa de la Misericordia de Lisboa)

Carla Almeida (Servicio Municipal de Protección Civil de Portimão, Maestra de primaria)

Rui Carrilho Gomes (Instituto Superior Técnico)





# Índice

<b>Capítulo 1. Introducción</b> .....	11
1.1. Educación para la reducción del riesgo .....	11
1.2. Sobre la guía educativa .....	11
<b>Capítulo 2. ¿Qué son los terremotos?</b> .....	15
<b>Capítulo 3. ¿Cómo medimos los terremotos?</b> .....	21
3.1. Escala de Richter.....	22
3.2. Escala de Mercalli.....	23
<b>Capítulo 4. ¿Qué genera un tsunami?</b> .....	27
<b>Capítulo 5. Y aquí, ¿estamos en peligro?</b> .....	29
5.1. Sismos y tsunamis más destructivos de la península ibérica.....	33
5.2. El terremoto y tsunami de 1755.....	36
<b>Capítulo 6. ¿Por qué tiembla mi casa?</b> .....	39
6.1. ¿Cómo resisten los edificios los terremotos? .....	39
6.2. Importancia de los elementos no estructurales.....	42
6.3. ¿Cómo reducir el riesgo no estructural? .....	43
<b>Capítulo 7. ¿Qué hacer en caso de terremoto o tsunami?</b> .....	47
7.1. Si estoy en la escuela y comienza un terremoto, ¿a dónde debo ir?...	47
7.2. En caso de terremoto, ¿cuáles son los lugares más peligrosos dentro de un edificio?.....	47
7.3. Si estoy en la calle y siento un terremoto, ¿qué debo hacer?.....	47
7.4. ¿Qué debo hacer después de un terremoto? .....	48
7.5. En caso de tsunami, ¿qué debo hacer? .....	48
<b>Capítulo 8. Actividades para alumnos</b> .....	51
8.1. Puzle de placas tectónicas .....	51
8.2. No hay dos sin tres .....	54
8.3. Terremotos en el mundo.....	56
8.4. Tsunamis en el mundo.....	58

8.5. Simula un tsunami .....	59
8.6. La casa Treme-Treme .....	60
8.7. Caza del riesgo no estructural .....	65
8.8. Maqueta: mover, proteger y fijar.....	67
8.9. Descubra las diferencias: reduzca el riesgo a su alrededor .....	69
8.10. Juego de ordenador: Treme-Treme .....	71
8.11. Come-cocos Treme-Treme .....	72
8.12. Sopa de letras.....	74
8.13. Juego de mesa KnowRISK .....	75
<b>Capítulo 9. Panfleto   Seguridad Sísmica en los colegios.....</b>	<b>77</b>
<b>Capítulo 10. Caso de estudio.....</b>	<b>79</b>
Actividad experimental. ¿Por qué se producen los sismos?.....	79
<b>Capítulo 11. Curiosidades .....</b>	<b>83</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>85</b>
<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>87</b>



## 1.1. EDUCACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO

PERSISTAH (*Proyectos de Escolas Resilientes aos Sismos no Território do Algarve e de Huelva*) es un proyecto transfronterizo Portugal-España, financiado por el programa INTERREG, que propone desarrollar instrumentos de diagnóstico, validación, gestión y rehabilitación de los edificios escolares de enseñanza primaria, así como material de apoyo para el personal docente, encuadrándose en los objetivos de las Plataformas Nacionales para la Reducción del Riesgo de Catástrofes (PNRRC) de las Comisiones Nacionales de Protección Civil de Portugal y España.

11

Uno de los objetivos del proyecto PERSISTAH es aumentar la resiliencia de las comunidades a través de la educación y de la comunicación del riesgo, con la intención de formar a las personas como ciudadanos participativos y con conocimiento del riesgo.

A nivel de prevención y mitigación del riesgo sísmico, es importante informar y educar a la comunidad educativa sobre la existencia de este riesgo, a través de la formación en los colegios, de la identificación de riesgos potenciales en el interior y exterior de los edificios, de la implementación de medidas para la reducción del riesgo estructural y no estructural y de la realización de ejercicios de simulación.

## 1.2. SOBRE LA GUÍA EDUCATIVA

La guía educativa “¿Por qué se mueve el suelo?” está concebida para apoyar la formación del personal educativo de enseñanza primaria, que quiera mejorar su conocimiento y desarrollar actividades sobre el riesgo sísmico y de tsunami. Los contenidos e información de este documento son fruto del trabajo realizado en el marco del proyecto PERSISTAH, y también como continuación de otros proyectos en los que algunos autores han participado. Por ejemplo, el

juego “Treme-Treme” (<<http://www.treme-treme.pt/>>) se propuso ya en el proyecto europeo UPStrat-MAFA (2013) y diversos materiales para la comunicación y educación del riesgo que se proponen, se iniciaron a desarrollar en el ámbito del proyecto KnowRISK (2017).

El desarrollo de esta guía educativa tiene como base las pautas contenidas en el Marco de Educación sobre Riesgos (RERisco, 2015), un documento que está organizado por niveles educativos, abordando distintos riesgos (naturales y tecnológicos) y estableciendo objetivos educativos para cada nivel de enseñanza. Un extracto de este documento, centrado en el Ciclo inicial de Educación Primaria, se expone en la figura 1.

**Ciclo inicial de Educación Primaria**

TEMA: SISMO

- Conocer las causas y la propensión:
  - Conocer el concepto de sismo.
  - Conocer la escala de magnitud de Richter.
  - Localizar las áreas geográficas más propensas a la existencia de sismos.
- Distinguir los efectos principales:
  - Conocer los efectos principales de los sismos.
- Comprender las medidas de autoprotección:
  - Identificar medidas apropiadas en caso de terremoto.
  - Ser capaz de cumplir/aplicar medidas de autoprotección.

TEMA: TSUNAMI

- Conocer las causas y la propensión:
  - Conocer el concepto de tsunami.
  - Localizar las áreas geográficas más propensas a sufrir un tsunami.
- Distinguir los efectos principales:
  - Conocer los diferentes efectos directos de un tsunami.
- Comprender las medidas de autoprotección:
  - Conocer las señales y avisos de la eventual llegada de un tsunami.
  - Ser capaz de cumplir/aplicar medidas de autoprotección.

Extracto de “Referencial da Educação para o Risco”.

Figura 1. Organización del Marco de Educación sobre Riesgos.

Para que el personal educativo pueda cumplir los objetivos expuestos anteriormente, es necesaria, previamente, su formación inicial y continua. Esta guía nace de la necesidad de proporcionar un conjunto de recursos pedagógicos y didácticos (hasta el momento inexistentes en la península ibérica) que faciliten esta preparación.

Esta herramienta puede ser utilizada en los tres tipos de aprendizaje (formal<sup>1</sup>, no formal<sup>2</sup> e informal<sup>3</sup>), facilitando la interconexión entre las asignaturas y los temas que se abordan en el plan de estudios de Educación Primaria.

El objetivo es acercar el fenómeno sísmico y la reducción de riesgos a la comunidad educativa de una manera creativa, pedagógica y lúdica, integrando diversas actividades que promuevan la participación individual y colectiva. Así, se crea una cultura de seguridad en el alumnado, que se pueda trasladar a otros momentos de la vida diaria, incentivándose la resolución de problemas y promoviéndose conexiones con la vida real.

Este documento está compuesto por dos partes que contienen un conjunto de recursos e instrumentos al servicio de la enseñanza-aprendizaje:

- Guía educativa para profesorado.
- Sugerencias de actividades (que incluyen juegos didácticos, puzzles, maquetas, mapas, entre otros) para que el profesorado, junto con su alumnado, exploren los temas de forma práctica, creativa y basada en el pensamiento crítico y en la experiencia realizada por el propio alumnado.

La diversidad de materiales pedagógicos expuestos ofrece múltiples opciones pedagógico-didácticas en la acción del profesorado, al tiempo que estimula y ayuda a captar la atención del alumnado. El profesorado será responsable de seleccionar y administrar los materiales considerando su adecuación a las características, necesidades e intereses de su audiencia, el contenido del plan de estudios, la naturaleza del aprendizaje y las habilidades a promover (Correia, 1995; Graells, 2000).

Esta guía educativa se ha probado e implementado desde octubre de 2018, con grupos de Educación Primaria, en las actividades que tuvieron lugar en los períodos lectivos de 2018/19 y 2019/2020 en el Museo de San Roque en Lisboa:

1. “*¡La tierra tiembla! ¡Es un terremoto!*” y
2. en el taller realizado para familias, en colaboración con el Instituto Superior Técnico y la Iglesia y Museo de San Roque (“*Si yo fuera... Ingeniero de Estructuras*”);

---

1. Educación formal: se desarrolla en el sistema educativo (colegios y universidades), donde el alumnado sigue un programa predeterminado, similar al de otros estudiantes que asisten a otra misma institución (Chagas, 1993).

2. Educación no formal: se lleva a cabo fuera del sistema educativo y es realizada por museos, medios de comunicación y otras instituciones que organizan eventos de diversos tipos, como cursos abiertos, ferias y reuniones.

3. Educación informal: ocurre durante toda la vida, espontáneamente, en la vida cotidiana, a través de conversaciones y experiencias con familiares, amistades...

contribuyendo al aprendizaje científico no formal. Fue también utilizado para una actividad experimental, en el aula, con 20 alumnos y alumnas de primer año de primaria de la “*Jardim-Escola João de Deus – Estrela*”, en junio de 2019.

La colaboración de otros espacios aparte de la escuela, como museos, universidades y centros de ciencia son esenciales para obtener el máximo partido de estos proyectos.

Esta guía educativa podría interesar a otros públicos, como futuro profesorado de primaria o alumnado de postgrado, así como de apoyo en la creación de nuevos recursos didácticos.

# Capítulo 2. ¿Qué son los terremotos?

La tierra es el planeta en el que vivimos y tiene forma de esfera, compuesta por muchas capas, como si de un huevo cocido se tratase. Para representar la estructura interna de la tierra podemos usar plastilina (figura 2) o un huevo cocido (figura 3).



Figura 2. Representaciones del modelo de la estructura interna de la tierra, usando plastilina de varios colores (imagen derecha: <<http://cienciasideiaxxi.blogspot.com>>).

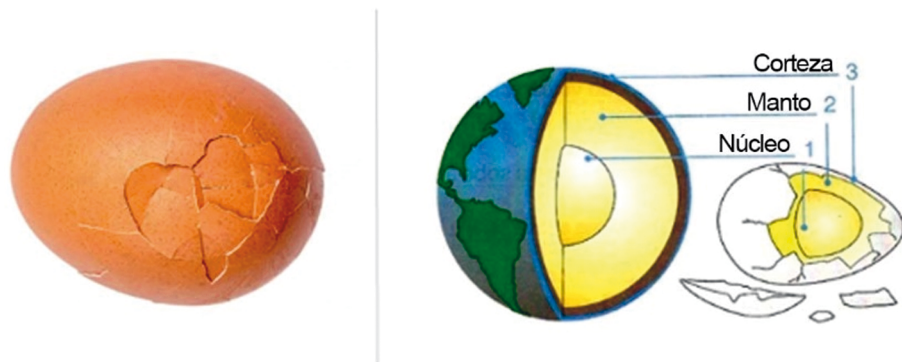


Figura 3. Estructura de la tierra.

Si cortamos un huevo (la tierra) por la mitad, encontramos en el interior el **núcleo** (o yema), un poco mayor que la luna y extremadamente caliente. El núcleo está compuesto por hierro, níquel y otros metales.

La clara del huevo corresponde al **manto**, una capa con casi 3 000 kilómetros de rocas muy densas, ricas en hierro y magnesio, de las que una parte se encuentra a elevadas temperaturas: el magma.

Por encima tenemos la **corteza** (donde vivimos nosotros), que forma los continentes y el fondo marino. Está compuesta por varias piezas enormes (parecidas a los trozos de una cáscara de huevo agrietada) que encajan como un rompecabezas y se llaman **placas tectónicas (o litosféricas)**.

El calor provoca el movimiento dentro del manto y por este motivo las placas se mueven. Cuando las placas colisionan unas contra otras causan los terremotos (sismos o temblores de tierra).

Hay alrededor de 20 placas a lo largo de la superficie de la tierra que se mueven continua y lentamente unas sobre las otras. Cuando las placas se aproximan o se separan, hay un movimiento y se produce un terremoto (ejemplo de las manos/nudillos, figura 4).

Imagine sus manos como “placas tectónicas” y sus nudillos como “bordes de placas”. Aproxime sus manos una sobre la otra, de manera que los nudillos queden perfectamente enfrentados. Cuanta más presión ejerza, más difícil será que las manos se deslicen y la fuerza que siente en sus nudillos se irá incrementando. Si sigue aumentando la presión, llegará un momento en el que, un puño se deslizará sobre el otro repentinamente (figura 4, derecha), liberando la energía acumulada. Cuando esto sucede en la tierra, con placas tectónicas en lugar de nudillos, la energía liberada se traduce en un terremoto.

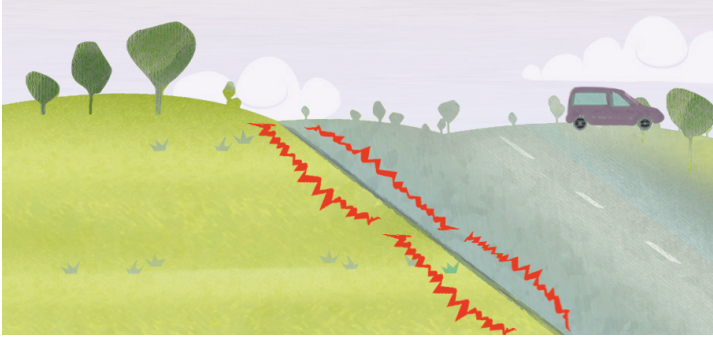


Figura 4. Representaciones de como colisionan las placas tectónicas (Mónica Amaral Ferreira y Hugo O’Neill).

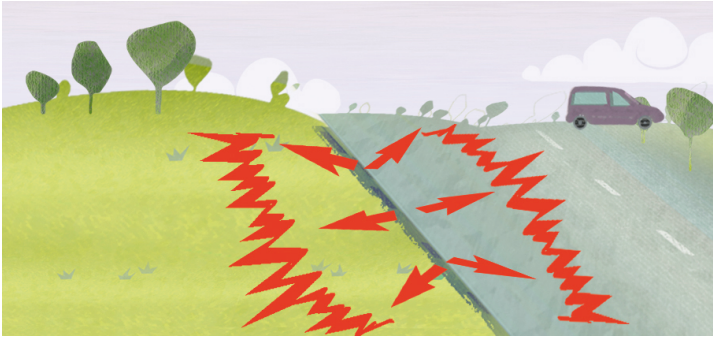
También se puede usar un lápiz para mostrar el fenómeno. Sostenga un lápiz horizontalmente. Si aplicamos fuerza desde ambos extremos del lápiz, empujando hacia abajo, vemos que el lápiz forma una curva. Si seguimos empujando, el lápiz se rompe por la mitad, liberando la tensión que le imponemos. La corteza terrestre actúa de la misma manera. Cuando ocurre la ruptura, la tensión se



libera a medida que la energía se mueve a través de la tierra en forma de ondas, que sentimos y llamamos terremoto (figura 5).



Colisión de placas.



Cuando la tensión es demasiado fuerte, ocurre la ruptura y se libera toda la energía.



La vibración se extiende por el suelo en todas las direcciones.  
Es un terremoto.

Figura 5. Explicación “la tierra tiembla” (Hugo O’Neill).

Los límites de las placas son zonas muy activas en términos de terremotos y volcanes. Dependiendo del movimiento de las placas, las fronteras (o límites) entre ellas pueden ser: divergentes, convergentes o transformantes, como se ilustra en la figura 6.

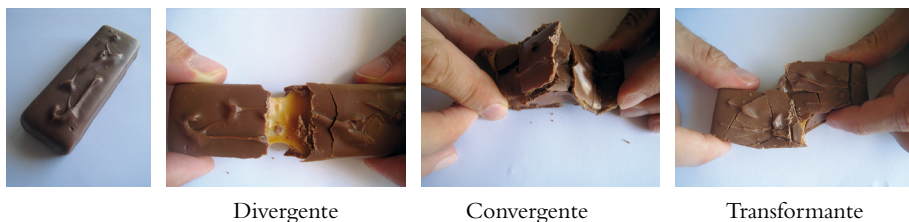


Figura 6. *Snack* de chocolate representando los movimientos de los límites de las placas (Mónica Amaral Ferreira y Hugo O’Neill).

- **Límite/Borde divergente:** cuando las dos placas se separan y se forman las fallas oceánicas. Las fallas son zonas de fractura donde el magma asciende y, al solidificar, forma el fondo oceánico (o corteza oceánica, figura 7). El ejemplo más conocido de un límite de placas divergente es la dorsal mesoatlántica, una cordillera submarina que se extiende bajo el océano Atlántico y el océano Ártico. En algunos puntos del océano es posible observar elevaciones de la dorsal que forman islas. Entre los lugares que forman de estas elevaciones se encuentran Islandia, Bermudas y las Azores, donde se encuentra la parte más alta de la dorsal, en la isla de Pico, con una altitud de 2 351 metros.
- **Límite/Borde convergente:** cuando las placas colindantes chocan y causan una subducción (figura 7), es decir, una placa (corteza continental u oceánica) se sumerge debajo de la otra (corteza continental), formando pozos oceánicos y cordilleras (por ejemplo, los Andes en América del Sur). Los terremotos y los volcanes son comunes alrededor de los límites convergentes. La gran mayoría de los tsunamis se forman como consecuencia de los sismos generados en zonas de subducción.
- **Límite/Borde transformante:** dos placas deslizan una paralelamente a la otra, en direcciones opuestas.

Los terremotos pueden ocurrir en la tierra o en el mar. Si hay un terremoto fuerte (magnitud superior a 7) y estamos cerca de la costa, existe el riesgo de tsunami o maremoto, que son olas gigantes que pueden tener la altura de un edificio y alcanzar la velocidad de un avión (ver capítulo “¿Qué genera un tsunami?”). En la península ibérica pueden ocurrir dos tipos de terremotos: en tierra y en el mar, por lo que también existe riesgo de tsunami.

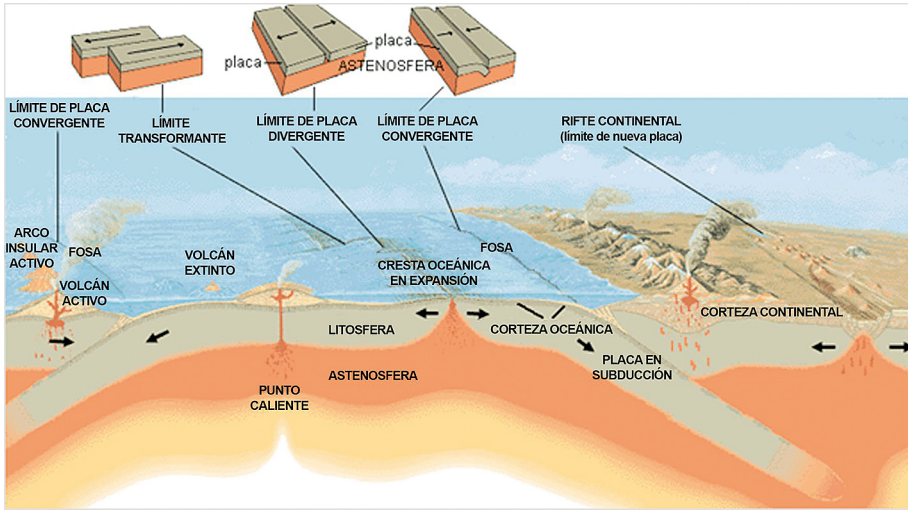


Figura 7. Ejemplo de falla, subducción, fosa, corteza oceánica y continental (fuente: <[http://www.lneg.pt/CienciaParaTodos/edicoes\\_online/diversos/guiao\\_tectonica\\_placas/texto](http://www.lneg.pt/CienciaParaTodos/edicoes_online/diversos/guiao_tectonica_placas/texto)>).

Al final de este capítulo los profesores pueden realizar las siguientes actividades:

Actividades sugeridas para los alumnos	
Modelo del planeta tierra en plastilina	Figura 2
Experiencia del huevo cocido	Figura 3
Snacks de chocolate que representan la corteza terrestre	Figura 6
Puzle de placas tectónicas	Página 49





Cada año se producen más de un millón de terremotos en la tierra, la mayoría de muy baja magnitud, tan baja que ni siquiera los sentimos. En Portugal se sienten alrededor de 25 terremotos por año y en España hay alrededor de 12 terremotos de magnitud superior a 3,0.

Los sismos o terremotos pueden ser débiles, pero también muy fuertes. ¿Cómo conseguimos medir los terremotos? El instrumento que registra las ondas sísmicas se llama **sismógrafo**. Los movimientos se registran en sismógrafos, que generan gráficos llamados sismogramas. A partir de los sismogramas, los sismólogos pueden obtener información como la ubicación del hipocentro y la magnitud del terremoto.

21

El **hipocentro**, o foco del terremoto, es el punto en el interior de la tierra (litosfera) donde comienza el movimiento sísmico, es decir, donde ocurre la ruptura. El **epicentro** es la proyección del hipocentro en la superficie terrestre, que es donde el terremoto se siente con mayor intensidad y donde se produce el mayor daño tanto a las personas como a los edificios (figura 8).

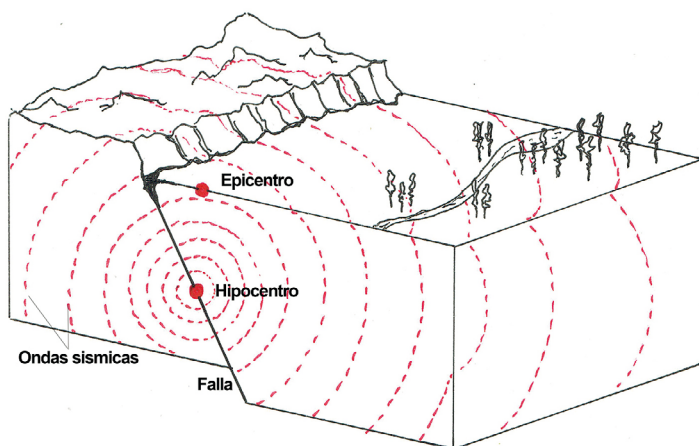


Figura 8. Hipocentro vs. Epicentro (Emilio Romero Sánchez).

### 3.1. ESCALA DE RICHTER

Existen dos escalas que la sismología utiliza para medir un sismo: la Richter y la Mercalli. La escala de Richter, que fue creada en 1935 por el científico Charles Francis Richter, mide la magnitud (energía liberada) de un terremoto. La escala de Richter no es una escala lineal, sino logarítmica, es decir, multiplicada por 10. Cada número representa una magnitud 10 veces superior que el anterior. Por ejemplo, la magnitud 5 es 10 000 veces superior que la magnitud 1 (figura 9).



Figura 9. Richter es una escala logarítmica (Emilio Romero Sánchez).

Para que el suelo se mueva diez veces más, es necesario que la cantidad de energía liberada sea 32 veces superior (figura 10). O sea, un aumento de un escalón en la escala logarítmica de magnitud, corresponde a  $10^{1.5} \approx 32$  veces más energía liberada. Un aumento de dos escalones corresponde a  $10^3 = 1000$  veces más energía. Así, un terremoto de magnitud  $M_w = 7$  libera 1000 veces más energía que uno de magnitud 5, y aproximadamente 32 veces más que uno de magnitud 6.

22

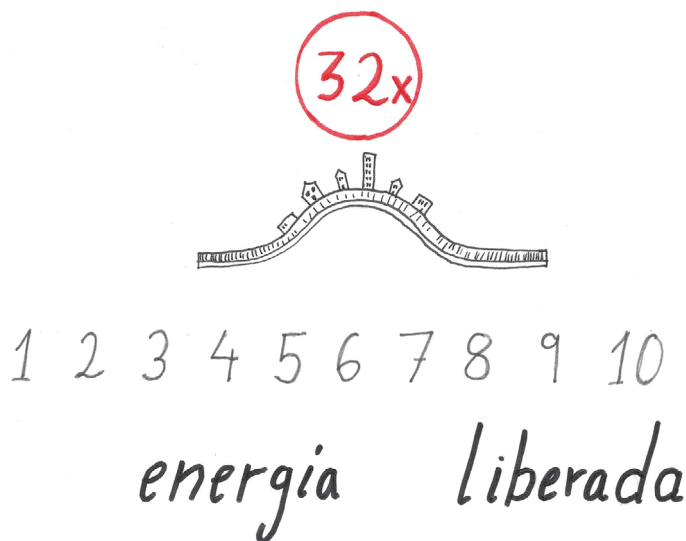


Figura 10. Energía liberada (Emilio Romero Sánchez).

Solo para que se haga una idea, la bomba de Hiroshima es equivalente a un sismo de magnitud 6, mientras que el meteorito que exterminó a los dinosaurios, se estima equivalente a un terremoto de magnitud 13. El terremoto más grande jamás registrado fue de magnitud 9,5 y ocurrió en 1960 en Chile. No existe un límite teórico para la magnitud de un terremoto, aunque se estima que un terremoto de magnitud 15 destruiría el planeta, y dividiría la tierra en dos.

A partir de una magnitud 5, los edificios más vulnerables pueden sufrir daños leves a moderados; de magnitud 7 en adelante, es muy probable que la mayoría sufra daños severos o colapso (figura 11).

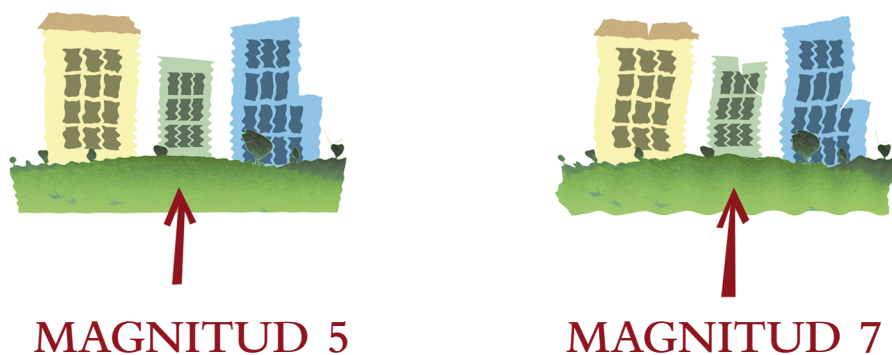


Figura 11. Efecto de los terremotos en los edificios (Hugo O'Neill).

### 3.2. ESCALA DE MERCALLI

La Escala de Mercalli, creada en 1902 por el sismólogo italiano Giuseppe Mercalli, se utiliza para medir la intensidad, es decir, los efectos de un terremoto en la población y las construcciones. Es una escala de 12 grados (en números romanos) donde cada grado representa la gravedad del terremoto, desde imperceptible hasta totalmente catastrófico (figura 12).



Figura 12. Escala de Mercalli Modificada (Hugo O'Neill).



A continuación, se muestran algunos de los terremotos de mayor magnitud que han ocurrido a lo largo de la historia:

1. Valdivia, Chile, 22 de mayo de 1960 (magnitud 9,5). Causó alrededor de 1 600 muertes en Chile, además de un tsunami que provocó muertes y daños en lugares tan lejanos como Hawái, Japón y Filipinas. Dos días después del terremoto, el cercano volcán Puyehue hizo erupción.
2. Alaska, 28 de marzo de 1964 (magnitud 9,2). El terremoto se sintió principalmente en Alaska, así como en algunos lugares de Canadá; este terremoto originó un tsunami que causó daños en lugares tan lejanos como Hawái.
3. Sumatra, Indonesia, 26 de diciembre de 2004 (magnitud 9,3). Fue el segundo terremoto más grande registrado después del terremoto de Chile en 1960. El terremoto y el tsunami causaron unas 335 000 muertes y dejaron a 150 000 estudiantes sin colegio. Pocas horas después, el tsunami devastó la costa este de Tailandia, así como Sri Lanka, la India y la costa oeste de las Maldivas.
4. Tohoku, Japón, 11 de marzo de 2011 (magnitud 9,0). El tsunami causó el desastre nuclear de Fukushima, que provocó la evacuación indefinida de miles de personas en un radio de 20 kilómetros. Cerca de 200 edificios escolares fueron destruidos y más de 700 fueron dañados gravemente por el tsunami.
5. Kamchatka, Rusia, 4 de noviembre de 1952 (magnitud 9,0). Este terremoto generó un tsunami que causó daños generalizados en las islas hawaianas. El tsunami llegó a Alaska, Chile y Nueva Zelanda.
6. Maule, Chile, 27 de febrero de 2010 (magnitud 8,8). Este terremoto y el posterior tsunami acabaron con la vida de más de 500 personas y causaron 12 000 heridos. Más de 800 000 personas fueron desalojadas. El terremoto y el tsunami destruyeron o dañaron más de 3 000 escuelas en Chile, afectando a 1,25 millones de estudiantes. Un pequeño tsunami atravesó el Pacífico causando daños a barcos situados en puntos tan lejanos como San Diego (California).
7. Costa de Ecuador, 31 de enero de 1906 (magnitud 8,8). El terremoto causó un tsunami que provocó entre 500 y 1 500 víctimas mortales en Ecuador y Colombia. El tsunami azotó la costa oeste de los Estados Unidos (San Francisco), Hawái y Japón. Tardó unas 12 horas en cruzar el Pacífico hasta Hilo, Hawái.
8. Portugal, 1 de noviembre de 1755 (magnitud 8,7-9,0). El terremoto con una magnitud estimada entre 8,7 y 9,0 se sintió fuertemente en Lisboa, en el Algarve, en el sur de España y en Marruecos. Aunque sin

causar grandes daños, también se sintió en las Azores (causando daños a los edificios de Ponta Delgada [San Miguel], Angra do Heroísmo y Praia da Vitória [Terceira], Madeira y casi toda Europa). El número total de víctimas es muy incierto con estimaciones que van desde 20 000 hasta 40 000 personas.



## Capítulo 4. ¿Qué genera un tsunami?

¿Qué pasa si ocurre un terremoto en el mar? Cuando ocurre un terremoto bajo el mar, el fondo marino se mueve abruptamente y se eleva, movilizándolo una gran cantidad de agua. Es la primera ola del tsunami. Un tsunami (que en japonés significa *ola de puerto*) o maremoto es una ola muy rápida y baja en mar abierto, pero a medida que se acerca a la costa, donde el fondo se vuelve más bajo, las olas pierden velocidad y su altura aumenta (¡hasta 50 m de altura!) ya que su energía sigue siendo la misma. Un tsunami puede causar estragos a su paso, teniendo un gran impacto social, económico y ambiental.

La figura 13 explica cómo se genera un tsunami. La zona de subducción es una zona larga y estrecha donde una placa tectónica desciende por debajo de otra. Debido a la fricción y al hecho de que las placas se mueven lentamente durante la mayor parte del tiempo, la zona de subducción normalmente está bloqueada. De este modo, la energía se acumula mientras las placas se deforman. Cuando la energía acumulada excede la fuerza de rozamiento entre las dos placas, se produce un movimiento relativo repentino entre ellas, que ocurre a lo largo del plano de subducción, liberando una enorme cantidad de energía. La energía liberada (potencial) se transforma en movimiento (energía cinética). Cuando esto sucede, el fondo marino puede moverse bruscamente, y este movimiento se transfiere a la columna de agua suprayacente, generando el tsunami.

27

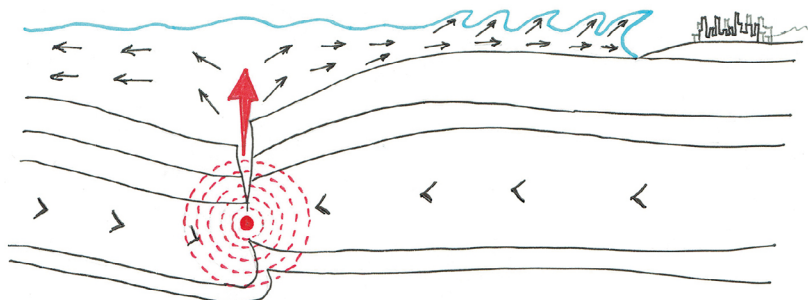
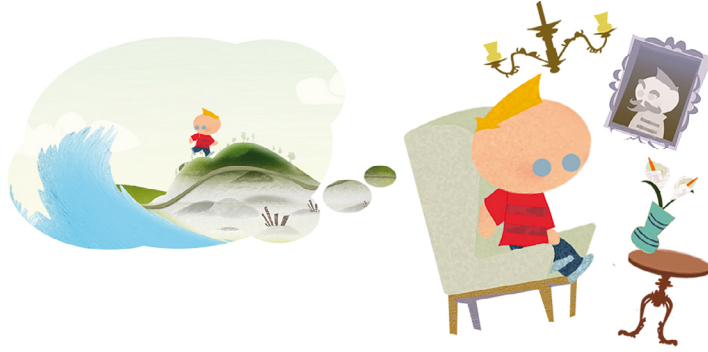


Figura 13. Generación de un tsunami (Emilio Romero Sánchez).

Las mejores señales para identificar un tsunami las proporciona la misma naturaleza:

Si siente un terremoto fuerte, o si tiembla el suelo, es posible que ocurra un tsunami (si se encuentra cerca de la costa).



ANTES



Si ve un retroceso o avance abrupto del agua, es probable que ocurra un tsunami.

DESPUÉS



Figura 14. Señales para reconocer un tsunami (Hugo O'Neill).

Al final de este capítulo, los profesores pueden realizar las siguientes actividades:

Actividades sugeridas para los alumnos	
No hay dos sin tres	Página 52
Terremotos en el mundo	Página 54
Tsunamis en el mundo	Página 56
Sopa de letras	Página 72



## Capítulo 5. Y aquí, ¿estamos en peligro?

Existen tres factores que, juntos, determinan el riesgo sísmico:

1. La peligrosidad sísmica, es decir, la probabilidad de un sitio en particular a sufrir fenómenos naturales relacionados con la ocurrencia de terremotos, tales como: temblores de tierra, licuefacción, deslizamientos de tierra, etc. La peligrosidad sísmica se cuantifica en términos probabilísticos, que describen la probabilidad de que un cierto parámetro sísmico (intensidad, aceleración o velocidad) exceda un determinado valor.
2. El número de personas y edificios expuestos al peligro sísmico.
3. Lo preparadas que estén las personas y las estructuras para afrontar este peligro.

29

La península ibérica se caracteriza por una acción sísmica moderada con respecto a otras regiones del mundo. Sin embargo, en el sur de la Península se concentra una actividad sísmica considerable. Esto es debido a la convergencia entre las placas tectónicas euroasiática y africana, que se extienden a lo largo del Mediterráneo y el estrecho de Gibraltar hasta las islas Azores.

Debido a esta convergencia, la península ibérica ha sufrido numerosos terremotos de gran magnitud que tuvieron consecuencias desastrosas, como se verá a continuación. Entre estos, destacan los terremotos de 1755 ( $M_w = 8,7 - 9,0$ ) y el de 1969 ( $M_w = 8$ ) (Sá, Morales-Esteban, & Durand Neyra, 2018).

La peligrosidad sísmica en España se define por medio del **mapa de peligrosidad sísmica** (figura 15) de la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02). La NCSE-02 es la normativa que regula la construcción de estructuras sismorresistentes en España.

El mapa de peligrosidad sísmica muestra la superficie de la península sombreada en distintos tonos, según una combinación de la magnitud de los terremotos esperados en esa zona, y la frecuencia con la que ocurren.

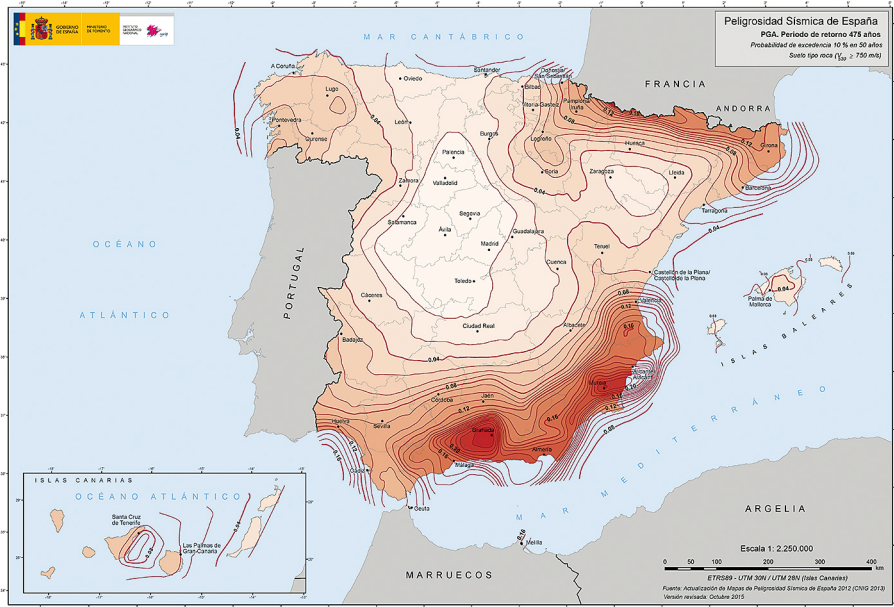


Figura 15. Mapa de peligrosidad sísmica de España (Norma de Construcción Sismo-resistente, NCSE-02).

La región de mayor peligrosidad sísmica de la Península se encuentra al sureste de la misma y comprende la región del Mar de Alborán y Murcia (en rojo oscuro en el mapa). Esta región se caracteriza por la **alta frecuencia** de terremotos de **magnitud baja a moderada**. Por ello, la mayoría de los estudios, análisis de peligrosidad sísmica y vulnerabilidad se concentran en esta zona. El terremoto más devastador sentido en la Península recientemente fue el de Lorca (Murcia) de 2011. ¡La energía liberada por este terremoto fue equivalente a la bomba atómica!

Sin embargo, la región de Algarve-Huelva, al suroeste peninsular, se caracteriza por terremotos de **elevada magnitud** (liberan mayor cantidad de energía) que ocurren **menos frecuentemente** (Morales-Esteban, Martínez-Álvarez, Scitovski y Scitovski, 2014). Esto es debido a la proximidad de esta región a fallas que acumulan energía durante periodos más largos de tiempo (Azores-Gibraltar, Marqués de Pombal, San Vicente). Este hecho hace que los terremotos, aun siendo muy importantes, no perduren en la memoria colectiva de la población de estas regiones.

Aunque el riesgo de tsunami en España no es muy alto, la costa suroeste de la península ibérica es una de las áreas más expuestas a la acción de un tsunami en Europa debido a los sistemas de fallas que delimitan las placas euroasiáticas y africanas.

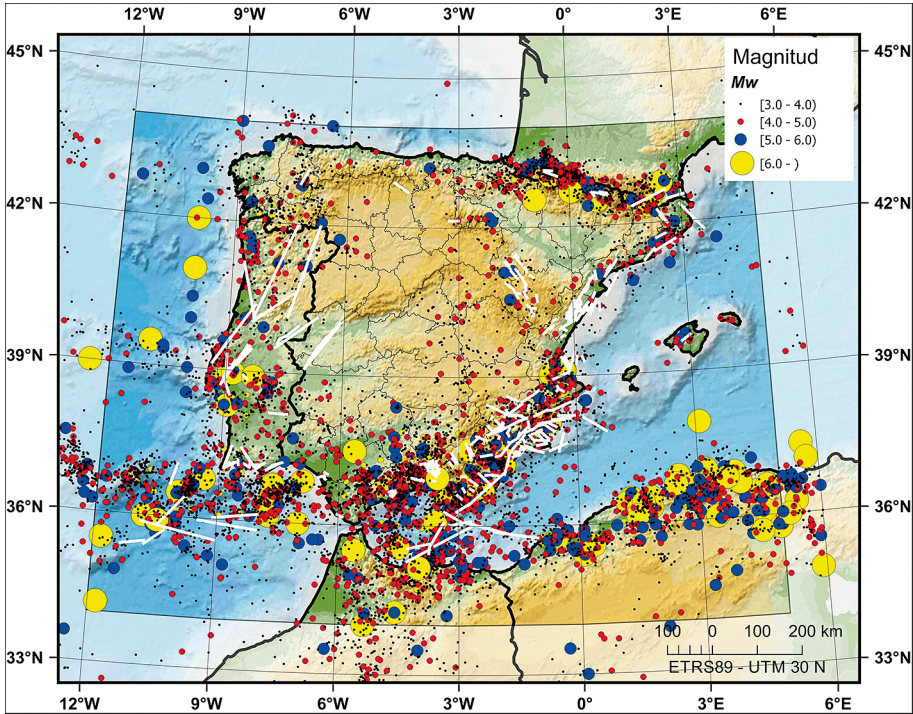


Figura 16. Mapa de fallas activas cuaternarias en la península ibérica con magnitud de los terremotos (elaboración propia).

El territorio portugués se divide en cuatro zonas sísmicas según su peligro (figura 17): reducido, bajo, moderado y alto. El sur de la parte continental de Portugal es el área con el mayor riesgo sísmico, así como las islas Azores, con la excepción de las islas de Flores y del Cuervo, que, junto con las del archipiélago de Madeira, tienen un peligro reducido.

En Portugal, tanto el riesgo de tsunami como el de terremoto es real. El Algarve, la Costa del Alentejo, Setúbal, Sesimbra, y las regiones de Almada, Alcochete, Lisboa y la costa de Estoril son las zonas más expuestas. Entre los tsunamis más catastróficos que azotaron la región portuguesa se pueden mencionar el del 24 de agosto de 1356, el del 26 de enero de 1531, que inundó Lisboa y el valle del Tajo, y el del 1 de noviembre de 1755, con olas que alcanzaron 30 m de altura y que causaron entre 20 000 y 40 000 víctimas mortales. Todos estos tsunamis fueron generados por terremotos, con epicentro probablemente situado en la zona de Gorringe, es decir, en el mar al suroeste del Cabo de San Vicente.

PORTUGAL CONTINENTAL

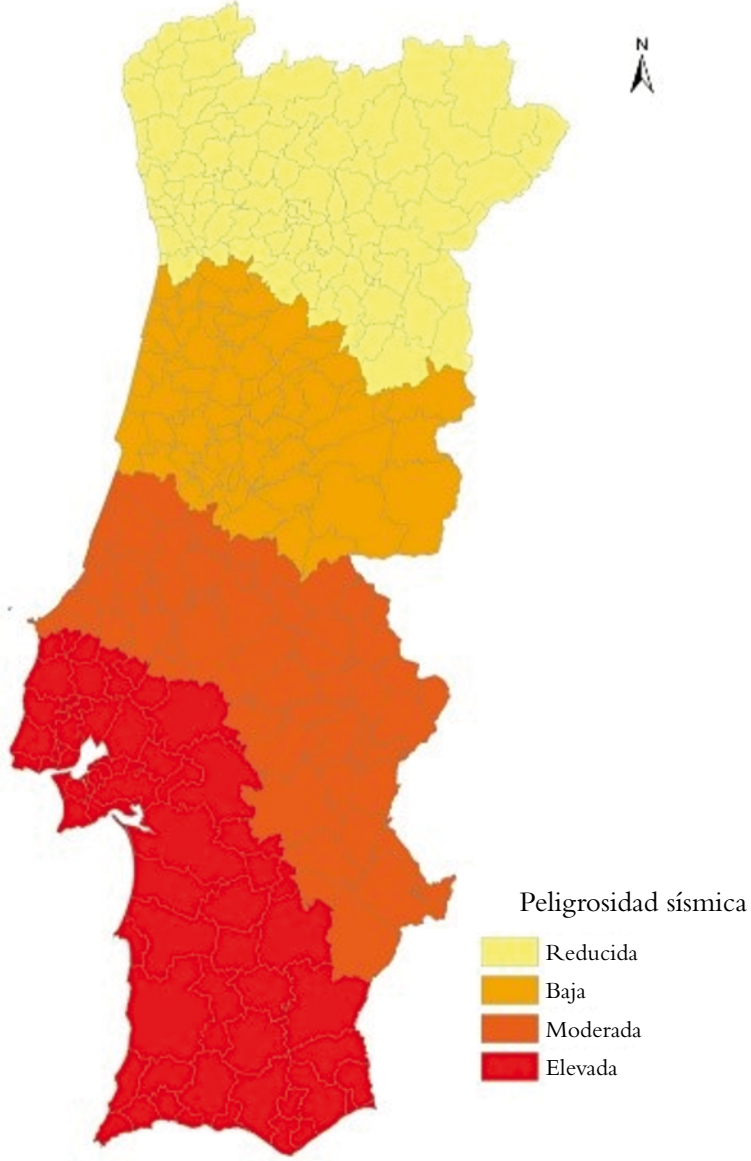


Figura 17. Peligrosidad sísmica en el Portugal continental (*Regulamento de segurança e ações para estruturas de edificios e pontes. 1983*).



## 5.1. SISMOS Y TSUNAMIS MÁS DESTRUCTIVOS DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

Entre los eventos que marcaron la historia de la sismología en la península ibérica, podemos destacar los siguientes:

- 22 de septiembre de 1522. De una magnitud hoy estimada en 6,5 grados, tuvo su epicentro en el área de Alhama de Almería. Afectó gravemente a la ciudad de Almería y provocó daños de consideración en localidades cercanas, como Vera, Baza, Guadix o Ugíjar, ya en la provincia de Granada. Se considera el terremoto más dañino ocurrido en España en toda su historia.
- 26 de enero de 1531. Causó daños en el centro de Portugal continental, particularmente en la región de Lisboa. Tuvo su epicentro probablemente en la región de Benavente (falla del valle inferior del Tajo). Se cree que su magnitud fue de 6,5. Se sintió cierta agitación en las aguas del Tajo.
- 9 de octubre de 1680. Conocido como el terremoto de Málaga de 1680, tuvo su epicentro al oeste de la ciudad de Málaga y una intensidad máxima de VIII-IX. El temblor se sintió en la ciudad de Málaga y en otras ciudades del centro de España, como Toledo, Madrid e incluso Valladolid, a más de 500 km.
- 27 de diciembre de 1722. Causó grandes daños humanos y materiales desde el cabo S. Vicente a Castro Marim, afectando a Tavira, Faro y Loulé. Tuvo su epicentro en el mar y generó un tsunami local en Tavira.
- 1 de noviembre de 1755. Es el más grande de los terremotos y tsunamis de los cuales hay noticias históricas. Se sintió fuertemente en Lisboa, el Algarve, el sur de España y Marruecos. Se sintió también en las Azores, causando daños a los edificios en Ponta Delgada en la isla de San Miguel, Cala del Heroísmo y Playa de Vitória en Terceira y Madeira. El terremoto, con una magnitud estimada de 8,7 a 9,0, alcanzó intensidades máximas de X (Mercalli) en el Algarve. El número total de víctimas es muy incierto, con estimaciones que van desde 20 000 a 40 000 personas. Solo en Lisboa, se cree que, de los 200 000 habitantes de la época, 20 000 murieron. De las 20 000 casas existentes, solo 3 000 pudieron ser ocupadas después del terremoto. Se vieron totalmente destruidas o severamente dañadas 32 iglesias, 60 capillas, 31 monasterios, 15 conventos y 53 palacios. La respuesta a la catástrofe fue rápida, sin embargo, la reconstrucción completa de la ciudad tardó, aproximadamente, 100 años.
- 13 de enero de 1804. Fue un terremoto con una magnitud de 6,3, con epicentro en el Mar de Alborán, y seguido de varias réplicas que asoló la ciudad de Motril.

- 21 de marzo de 1829. Tuvo una magnitud de 6,6 y epicentro en Benejúzar, Rojales y Torrevieja. Causó 389 muertos, 377 heridos, 2965 viviendas completamente destruidas y 2396 dañadas, la destrucción de los puentes sobre el río Segura en Almoradí, Benejúzar, Dolores y Guardamar. Sus efectos más graves se extendieron, además de a las poblaciones citadas en su epicentro, a Almoradí, Algorfa, Rafal, Torrelamata, Daya Vieja, Guardamar, Dolores, Redován, San Fulgencio y San Miguel de Salinas. La mitad de los fallecidos fueron vecinos de Almoradí, al ser la población que contaba con calles más estrechas y edificios más altos que se derrumbaron unos sobre otros.

El período comprendido entre 1820 y 1830 fue el de mayor actividad sísmica en el sur de la provincia de Alicante, afectando a las zonas simotectónicas del Bajo Segura que tienen tres fallas: la de Benejúzar-Benijófar, la de Guardamar del Segura y la de Torrevieja. En general, la costa de Alicante se encuentra hundida unos 10 metros por debajo de la falla de Torrevieja.

- 11 de noviembre de 1858. Con origen próximo en el valle submarino de Sado, fue uno de los principales terremotos que afectó a Portugal. Alcanzó una intensidad de X en Setúbal, causando una gran destrucción en varias poblaciones.
- 25 de diciembre de 1884. Fue un terremoto con una magnitud de 6,5, con epicentro en Arenas del Rey, produjo la devastación total de varias localidades de la provincia de Granada, dejando 839 muertos, 13000 heridos y 4400 edificios destruidos.
- 23 de abril de 1909. Tuvo su epicentro en el área de Benavente (falla del valle inferior del Tajo) y duró aproximadamente 20 segundos. De magnitud 6,0, la máxima intensidad se experimentó en Benavente (IX) y Lisboa (VII), siendo la parte oriental de esta ciudad la más dañada, con chimeneas caídas y grietas en fachadas y muros.
- 21 de febrero de 1964. El terremoto sacudió la parte occidental de la isla de S. Jorge (Azores), con una magnitud de 5,5, registrando intensidades máximas de VIII-IX en Rosais. Se asoció con una erupción submarina frente a Rosais. Alcanzó una intensidad máxima de VI en la zona de Piedade, y en Faial hubo intensidades máximas de V en Horta, Ribeirinha y Cedros.
- 28 de febrero de 1969. Un terremoto de magnitud 8,0, con epicentro en la llanura abisal de Ferradura, se sintió en gran parte de la Península, alcanzando una intensidad máxima de VIII en el oeste de Barlovento, con daños importantes en algunas construcciones de ladrillo antiguas.

En Lisboa, cientos de chimeneas sufrieron daños e incluso colapsaron. Al sur de Lisboa hubo daños leves a moderados en varias iglesias y capillas. En Huelva perecieron 4 personas y quedaron inhabitables 18 casas.

- 23 de noviembre de 1973. Los terremotos de este evento ocurrieron el 23 de noviembre y el 11 de diciembre de 1973 con magnitudes de 5,8 y 5,6, respectivamente, llegando a las islas de Pico y Faial. El terremoto causó 61 muertes y daños graves, con muchas casas parcialmente destruidas, paredes caídas y carreteras bloqueadas.
- 1 de enero de 1980. Este terremoto que afectó las islas de Terceira, S. Jorge y Graciosa (M 7,2), causó grandes daños en la ciudad de Angra do Heroísmo, principalmente en edificios de uno o dos pisos en mampostería de piedra tradicional, dañando 15 000 hogares (un 50% del total existente) de los cuales 5 000 habrían colapsado. El terremoto generó, además, un pequeño tsunami. El terremoto causó 61 muertes, muchas de ellas debidas a deslizamientos de tierra en la isla de S. Jorge. La reconstrucción de las áreas destruidas fue la operación más grande realizada en Portugal en los últimos 100 años.
- 9 de julio de 1998. Este enjambre de terremotos comenzó el 9 de julio de 1998, con epicentro a unos 15 km al NE de Horta y magnitud 5,9. Se registraron cerca de 10 600 réplicas y duró aproximadamente cuatro meses. El terremoto causó 8 muertes, 100 heridos y 2 500 desplazados, afectando a alrededor del 35% de los edificios en Faial y al 10% en Pico.
- 12 de febrero de 2007. De magnitud 6,1, fue el más fuerte sentido en España desde 1969. Tuvo su epicentro a unos 200 km del cabo portugués de San Vicente. Fue percibido en casi toda la península y provocó el desalojo de edificios. El 12 de agosto de 2007 se registró otro sismo de 5,1 con epicentro en Ciudad Real que se sintió en casi toda la Península y causó alarma entre la población, aunque no causó víctimas, pero sí daños materiales, pues destrozó la sala de conferencias del Teatro Municipal de Almagro, un edificio del siglo XIX.
- 17 de diciembre de 2009. El terremoto afectó a toda Andalucía. Tuvo una magnitud de 6,3 grados en la escala de Richter. El sismo provocó caos en la población, que huyó por temor a un maremoto, que fue descartado después del temblor. El sismo además provocó enormes destrozos en distintas viviendas.
- 11 de mayo de 2011. El terremoto sacudió principalmente a la localidad de Lorca, en la región de Murcia. Su epicentro estaba localizado en la Falla de Alhama de Murcia y sus efectos se sintieron en toda la Región de Murcia. Tuvo una magnitud de 5,1. Fue precedido por un

seísmo precursor de 4,5 algunas horas antes el mismo día. El movimiento sísmico fue sentido también en las provincias de Almería, Albacete, Granada, Jaén, Málaga, Alicante, Ciudad Real y algunas zonas de la ciudad de Madrid, donde el tipo de suelo amplifica los movimientos en ciertos barrios. Múltiples réplicas se produjeron después del terremoto principal. La región de Murcia, en la que se encuentra Lorca, es la zona sismológica más activa de España, si bien esta localidad, concretamente, no está entre las de mayor peligrosidad dentro de ella.

- 25 de enero de 2016. El denominado terremoto de Alhucemas, de magnitud 6,3 y epicentro en el mar de Alborán, a 77 km al noroeste de la ciudad autónoma de Melilla, este seísmo fue percibido con mayor intensidad en la zona norte de Marruecos (además de Alhucemas, particularmente en las localidades de Tirhanimine e Imzouren que están, respectivamente, a 64 y 69 km del epicentro) y en la ciudad autónoma de Melilla. En menor medida, se sintió también en Gibraltar, en toda la costa de Almería, Granada y Málaga. En el interior de la península ibérica, el temblor fue perceptible también en otras provincias más alejadas como, por ejemplo, Córdoba y Sevilla. En total, el teléfono de emergencias 112 recibió en España más de 600 llamadas en las que se comunicaron incidencias y se pidieron consejos de diversa índole.

## 5.2. EL TERREMOTO Y TSUNAMI DE 1755

El terremoto de 1755 se considera a día de hoy el terremoto más grande del cual hay datos históricos. Se sintió fuertemente en Lisboa, en el Algarve, en el sur de España y en Marruecos. Aunque sin daños, también se sintió en la mayor parte de Europa, las Azores y Madeira. El tsunami azotó el norte de África, el norte de Europa, afectó a las Azores y Madeira y llegó a lugares tan lejanos como Antigua, Martinica y Barbados.

Un sábado por la mañana, el 1 de noviembre de 1755, Día de Todos los Santos, alrededor de las 9h40 a.m. ocurrió un fuerte terremoto, con epicentro en el mar en el área de Gorringe. Poco después del terremoto, se produjo un incendio, causado principalmente por las estufas y las velas derribadas por el sismo (figura 18). La población huyó del fuego en dirección al río Tajo. Por su parte, las aguas del Tajo inicialmente descendieron, llevándose consigo los barcos amarrados en el muelle. Alrededor de las 11 a.m., las aguas comenzaron a subir de nivel, escalaron las paredes del muelle y avanzaron a través de la Baixa de 300 a 400 metros (Terreiro do Paço y calles cercanas a las orillas). Según el capitán



Figura 18. Recreación artística del tsunami de Lisboa de 1755 (fuente: Getty Images).

de un barco inglés, las aguas subieron unos 16 pies tres veces seguidas durante 15 minutos. Solo a las 7 a.m. del domingo volvería la marea a la normalidad.

El impacto del tsunami de 1755 en Lisboa se describe en varios testimonios de la época, como los siguientes (recogidos en el *Plan de emergencia de Lisboa para el riesgo sísmico*): “(...) He aquí, de repente, que el mar entra a través de la barrera con una fuerte inundación de agosto. (...) Sin embargo, al sobrepasar sus antiguos límites, se lanzó sobre muchos edificios e inundó el Barrio de S. Paulo (...)” (Mendonça, 1758), “(...) e inundó en parte con su reflujó y fluyó el borde de las aguas que dejaron su antiguo lecho e inundaron Alfândega, Terreiro y Vedoría (...)”. De acuerdo con Baptista *et al.* (1998), la Baixa da Cidade se inundó, con una penetración de 250 m, y el muro “Fernandina” (rehecho por el rey Felipe I) actuó como una fuerte barrera para el paso del agua. El área entre la antigua Ribeira das Naus, Terreiro do Paço y Jardim do Tabaco se inundó por completo. Otra referencia informa que “el castillo de Bugio estaba tan cubierto de agua que la guarnición lanzó disparos de socorro y todos se vieron obligados a retirarse a la parte más alta de la torre”.

Según los informes de la época, se descubrió que los daños en las edificaciones comenzaron a ocurrir en la segunda fase del temblor sísmico, alcanzando su punto máximo en la tercera. Algunas personas tuvieron tiempo de huir de sus hogares entre la primera y la segunda fase, pero muchas de ellas quedaron atrapadas por los deslizamientos de tierra. El movimiento de las personas fue bastante aleatorio. Poco después del terremoto, hubo una concentración en Largo de S. Paulo, donde a las 11h00 a.m. llegó la ola del tsunami, causando grandes pérdidas (Oliveira, 2005).

El número total de víctimas de este terremoto se estima entre 20 000 y 40 000 personas. Solo en Lisboa, se cree que, de los 200 000 habitantes de la época, 20 000 habrían muerto. De los 20 000 edificios existentes, solo 3 000 pudieron usarse después del terremoto. Resultaron totalmente destruidos o severamente dañados 32 iglesias, 60 capillas, 31 monasterios, 15 conventos y 53 palacios. Los informes de la época no son muy consistentes, lo que dificulta calcular el número exacto de víctimas debido al terremoto, el tsunami y el incendio. El daño causado por el incendio, que duró aproximadamente 6 días, fue mayor que el terremoto y el tsunami en sí (Santos, 2008). La reconstrucción completa de la ciudad de Lisboa duró unos 100 años.

Al final de este capítulo, los profesores pueden realizar las siguientes actividades:

Actividades sugeridas para los alumnos	
Simula un tsunami	Página 57



## Capítulo 6. ¿Por qué tiembla mi casa?

La tierra está en constante movimiento, por lo que ocurren pequeños terremotos todo el tiempo, pero no los sentimos y no causan daños. Solo los instrumentos de medición (sismógrafos) pueden captar estos movimientos tan leves. Sin embargo, un gran terremoto puede derribar árboles y edificios.

Aun así, los terremotos no causan ningún problema por sí mismos. Imagine un terremoto en el desierto: ¿qué podría pasar? Nada. Lo que causa víctimas y daños son las edificaciones, si no están preparadas para resistir terremotos. No podemos predecir cuándo se moverá la tierra, pero podemos reducir sus efectos y los daños si sabemos que hacer en casa, en la escuela o en la calle, antes y durante un terremoto.

Cuando ocurre un terremoto, sus ondas se propagan a través del suelo en todas las direcciones. Los edificios generalmente se construyen para soportar fuerzas verticales debidas a su peso y a la gravedad, y esto no quiere decir que puedan soportar las fuerzas horizontales transmitidas por los terremotos. Esta carga horizontal hace vibrar paredes, forjados, pilares, vigas y las conexiones que los mantienen unidos (figura 19). La diferencia de desplazamiento entre distintas partes de la estructura da lugar a tensiones muy altas en sus miembros, causando daños e incluso el colapso.

39

### 6.1. ¿CÓMO RESISTEN LOS EDIFICIOS LOS TERREMOTOS?

Existen varios factores que influyen en el comportamiento de los edificios ante los terremotos, como el año de construcción, el material, el tipo de cimentación, la planta (simétrica o asimétrica), el número de pisos, etc.

Los edificios pueden diseñarse para, con una alta probabilidad: resistir un terremoto protegiendo a sus ocupantes, poder seguir usándose después de una sacudida o incluso poder ser usados durante un terremoto (como en el caso de los hospitales).

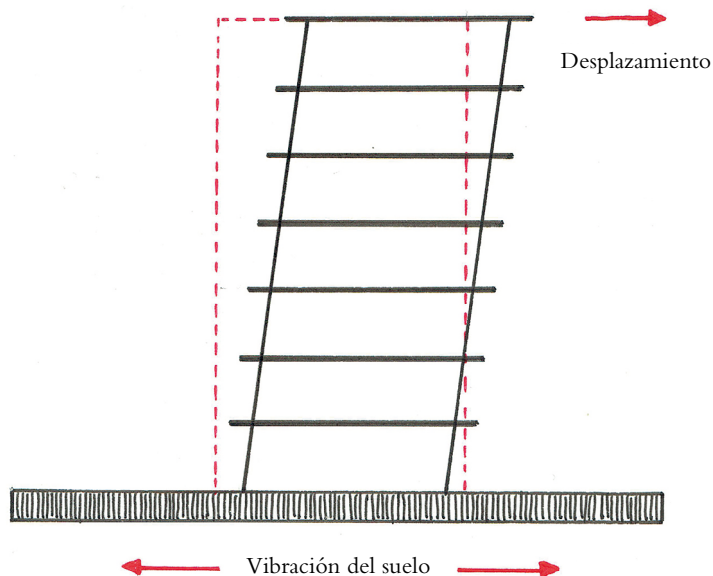


Figura 19. Comportamiento de un edificio ante un terremoto. Si el edificio sufre un gran desplazamiento, los elementos estructurales, como vigas, pilares y paredes, pueden dañarse y dejar el edificio inutilizable (Emilio Romero Sánchez).

Es importante destacar que, a medida que se avanza en el conocimiento en este área, los edificios que alguna vez se consideraron seguros pueden dejar de serlo.

Algunas soluciones para que los edificios resistan los terremotos están relacionadas con la creación de un sistema horizontal resistente, que les permita redistribuir las fuerzas que los cruzan durante un evento sísmico. Las estructuras trianguladas (figura 20) son importantes para contrarrestar la presión y empujar las fuerzas hacia la base. Estas técnicas son también útiles cuando se trata de reforzar estructuras ya existentes, reduciendo su vulnerabilidad. En este caso se conocen como refuerzos estructurales.

Otra solución posible para que un edificio resista la embestida sísmica sin dañarse es la limitación de sus deformaciones, que como se vio con anterioridad dan lugar a fuertes tensiones en los miembros estructurales. El aislamiento de base es una de esas soluciones: el edificio (o estructura) se construye sobre unos apoyos elastoméricos que aíslan la cimentación del suelo (figura 21). Cuando ocurre un terremoto, toda la deformación horizontal se concentra en estos apoyos, mientras que el resto de la estructura apenas se deforma, comportándose como un cuerpo rígido y moviéndose en bloque. Los edificios con aislamiento de base tienen más probabilidades de resistir un terremoto fuerte y seguir siendo utilizables.



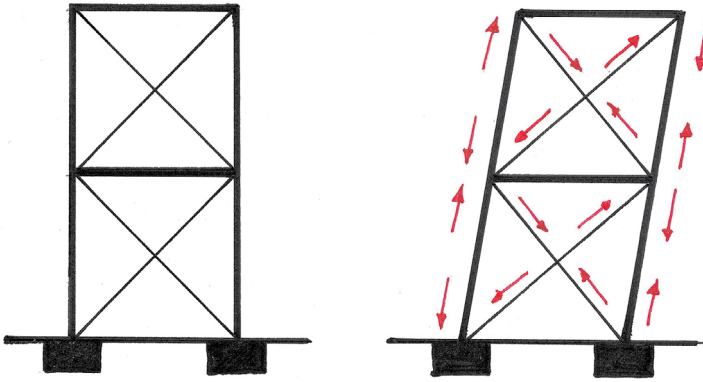


Figura 20. Uso de diagonales para transmitir cargas horizontales (Emilio Romero Sánchez).

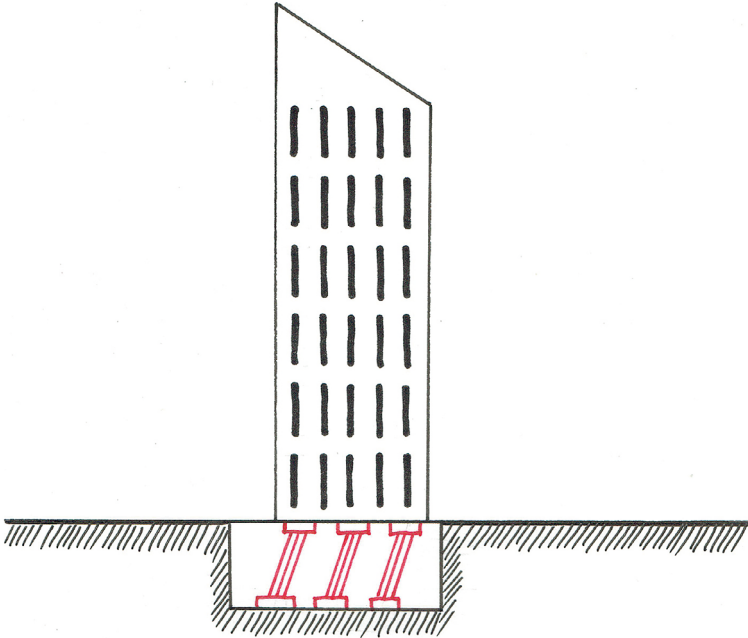


Figura 21. Aislamiento de base (Emilio Romero Sánchez).

Al final de esta sección, los profesores pueden realizar las siguientes actividades:

Actividades sugeridas para los alumnos	
La casa Treme-Treme	Página 58

## 6.2. IMPORTANCIA DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

En un edificio, los **elementos estructurales** son aquellos que se colocaron cuando se construyó y que hacen que la estructura no se caiga: los pilares, vigas, cimientos, pisos, escaleras y forjados, entre otros (tabla 1). En caso de terremoto, la calidad de la construcción de estos elementos es crucial para garantizar que el edificio resista.

Los elementos **no estructurales** en un edificio no son imprescindibles para mantenerlo en pie. Algunos pueden ser una parte constructiva del edificio, como en el caso del falso techo y los tabiques; otros se pueden haber colocado más tarde, como muebles y todo tipo de instalaciones (tabla 1).

Tabla 1. Elementos estructurales *vs.* No estructurales

Elementos estructurales	Elementos no estructurales
Pilares	Tejas
Vigas	Tabiques
Cimientos	Fachadas
Forjados	Falso techo
Escaleras	Chimeneas (<6 m)
Cubierta	Muebles
Chimenea (+6 m)	Obras de arte
	Instalaciones
	Ordenadores
	Ventanas
	Ascensores

Durante el movimiento sísmico, los armarios y las estanterías se pueden caer si no están debidamente anclados a la pared, así como los objetos que contengan. Elementos colgados como falsos techos, cuadros, mapas, relojes y luces representan también un peligro. Las puertas y ventanas pueden sufrir deformaciones con el movimiento de las paredes, lo que dificulta que las personas salgan y entren; los vidrios de las ventanas y las puertas pueden romperse y caer en las habitaciones o fuera del edificio. La electricidad puede fallar y, en consecuencia, también puede hacerlo el sistema de alarma contra incendios. Existen otros peligros fuera del edificio, como la rotura de la red de gas, la caída de farolas, el derrumbe de edificios, las carreteras cortadas por escombros, y muchos otros (Ferreira, 2012).

Los elementos no estructurales son en los que más fácilmente podemos intervenir, evitando muchos de los peligros y accidentes derivados de un terremoto. Estudios recientes indican que entre el 60% y el 70% de las lesiones y hospitalizaciones que ocurren después de un terremoto son causadas por elementos no-estructurales

### 6.3. ¿CÓMO REDUCIR EL RIESGO NO ESTRUCTURAL?

Las medidas de protección para reducir el daño no estructural son, en su mayoría, de bajo coste (¡o gratis!), fáciles de aplicar. Además, lo más importante es que su repercusión es enorme, ya que pueden salvar vidas y prevenir lesiones y pérdidas materiales.

Hay pequeños gestos que marcan la diferencia. MOVER, PROTEGER, FIJAR Y REFORZAR (figura 22) son medidas que podemos tomar para reducir el riesgo de que los elementos no estructurales caigan, se deslicen y causen daños, lesiones u obstrucciones en los lugares de tránsito de la casa, la escuela o cualquier otro edificio.

La campaña MOVER, PROTEGER, FIJAR Y REFORZAR se desarrolló en el marco del proyecto KnowRISK (2017) que tenía como objetivo acercar a la población el conocimiento científico sobre la protección contra el riesgo sísmico no estructural. Se han desarrollado varios materiales para la toma de conciencia y la comunicación del riesgo, algunos de los cuales se mencionan y se utilizan en esta guía educativa.

- MOVER los objetos pesados de los estantes más altos a los más bajos. MOVER las camas colocándolas lejos de las ventanas para evitar que los vidrios rotos caigan sobre ellas.
- PROTEGER los bienes más frágiles y/o valiosos. Por ejemplo, el uso de cinta de doble cara evita que los objetos resbalen y vuelquen. Poner cortinas en las ventanas evita que los vidrios rotos causen daños o cortes, siendo una buena solución para PROTEGER.
- FIJAR elementos no estructurales grandes a las paredes, como librerías, armarios, literas, que pueden deslizarse, volcarse y obstruir zonas de tránsito. FIJAR ventiladores, marcos, espejos, ordenadores, muebles con ruedas, equipos eléctricos e iluminación suspendida.
- REFORZAR los elementos no estructurales para evitar causar daños graves o la interrupción de la funcionalidad del edificio. Verificar que las tuberías y conductos de gas y agua estén fijos y puedan soportar la acción horizontal; comprobar si los balcones o parapetos muestran signos de degradación; optar por vidrio laminado o templado en ventanas con

grandes luces; reforzar las chimeneas, son algunas de las soluciones (ver Guía Escola Resiliente aos Sismos y Ferreira *et al.*, 2018b).

Las soluciones presentadas en la figura 22 evitan o reducen pérdidas materiales, un factor muy importante cuando se habla de tiendas, almacenes o empresas. También evitan que un terremoto moderado provoque la pérdida de funcionalidad de edificios e infraestructuras críticas, como centros operativos, centros de telecomunicaciones, escuelas u hospitales, que deberían funcionar inmediatamente después de un terremoto.

Al final de esta sección, los profesores pueden realizar las siguientes actividades:

Actividades sugeridas para los alumnos	
Caza al riesgo no estructural	Página 63
Maqueta: mover, proteger y fijar	Página 65
Descubra las diferencias: reduzca el riesgo a su alrededor	Página 67
Juego de ordenador Treme-Treme	Página 69
Come-cocos Treme-Treme	Página 70
Juego de mesa KnowRISK	Página 73

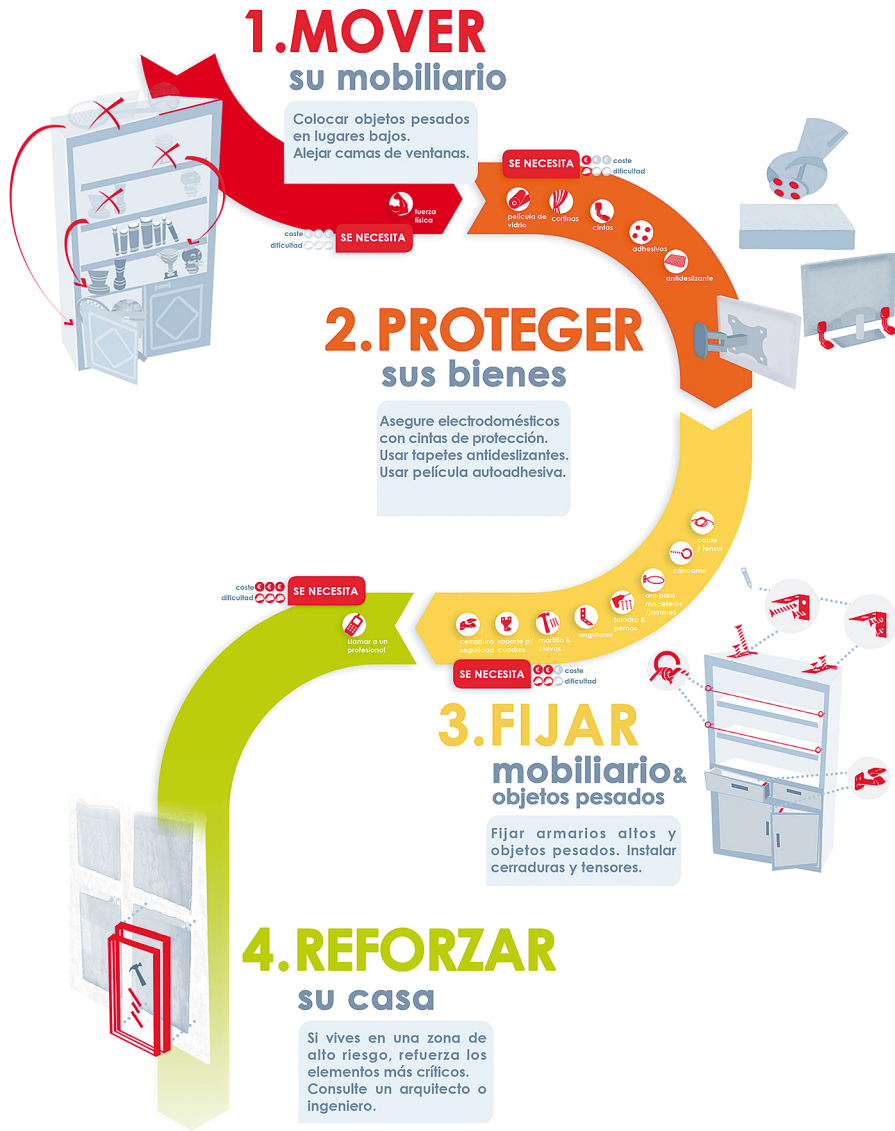
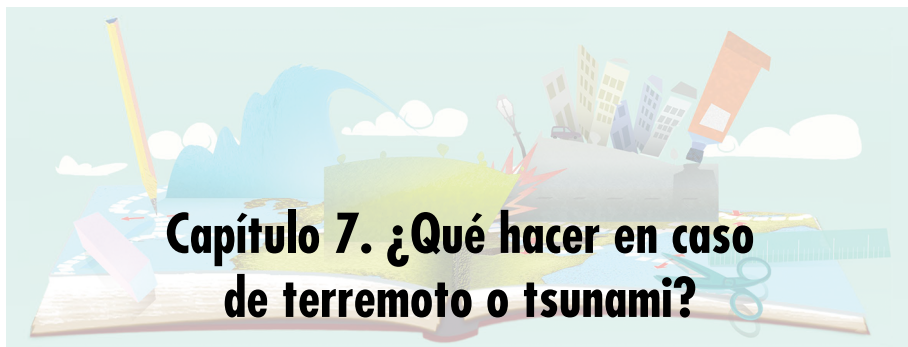


Figura 22. Medidas de protección no estructurales que se pueden adoptar en la escuela, en el trabajo o en el hogar: mover, proteger, fijar y reforzar. Para obtener más información, consulte la Guía práctica de KnowRISK, <<https://knowriskproject.com/>>.





### 7.1. SI ESTOY EN LA ESCUELA Y COMIENZA UN TERREMOTO, ¿A DÓNDE DEBO IR?

No salga del aula hasta que termine el temblor. Manténgase alejado de ventanas, armarios y lámparas para que no se le caiga nada encima. Debe permanecer debajo de la mesa y no debe utilizar ni las escaleras ni el ascensor. Es fundamental mantener la calma y, cuando termine el terremoto, hacer lo que aprendió en los simulacros.

47

### 7.2. EN CASO DE TERREMOTO, ¿CUÁLES SON LOS LUGARES MÁS PELIGROSOS DENTRO DE UN EDIFICIO?

Cerca de armarios, roperos o estanterías que no estén fijados a la pared, o cuyas puertas no se queden cerradas (por ejemplo, las puertas de los armarios de la cocina). También junto a las ventanas pues los vidrios se pueden romper y se puede cortar. Además, no debe estar cerca de espejos, cuadros o de objetos que se puedan caer.

### 7.3. SI ESTOY EN LA CALLE Y SIENTO UN TERREMOTO, ¿QUÉ DEBO HACER?

Busque un espacio abierto, sin árboles, edificios, postes de electricidad u otros elementos que puedan caer sobre usted. Manténgase alejado de los edificios y de las fachadas de las casas pues pueden caer tejas, chimeneas o elementos decorativos. Si estuviese cerca de la costa, podría haber peligro de maremotos, por tanto, aléjese del mar. Vaya a un sitio elevado.

#### 7.4. ¿QUÉ DEBO HACER DESPUÉS DE UN TERREMOTO?

Una vez que ha terminado el terremoto, corte la electricidad y el gas. Salga a la calle con calma, busque un lugar abierto alejado de los edificios, de los árboles y de los postes de electricidad. Si estuviese cerca del mar, vaya a un sitio alto y alejado de la costa.

#### 7.5. EN CASO DE TSUNAMI, ¿QUÉ DEBO HACER?

Después de un terremoto y si estuviese en casa, en la escuela o en el trabajo, tenga presente que en las zonas costeras (de riesgo) tiene pocos minutos para actuar (alrededor 5-10 minutos), es decir, para iniciar la evacuación (figura 23). Una vez haya finalizado el terremoto, evacue lo más rápido posible a pie. Siga siempre las indicaciones de los planos de evacuación (horizontal y vertical). Algunas playas tienen señales de evacuación en caso de maremoto (figura 24) y sirenas.



Figura 23. Riesgo de tsunami (Emilio Romero Sánchez).





Figura 24. ¿Qué hacer en las zonas costeras después de un terremoto?  
(fuente: <<http://www.ceru-europa.pt>>).

Al final de este capítulo, los profesores pueden realizar las siguientes actividades:

Actividades sugeridas para los alumnos	
Tsunamis en el mundo	Página 56
Simula un tsunami	Página 57





## 8.1. PUZLE DE PLACAS TECTÓNICAS

En esta actividad los alumnos tienen un puzle/mapa para montar, con los países, los continentes y las placas tectónicas. La imagen se puede imprimir en diversos formatos y después pegar sobre cartón. De este modo se puede obtener un puzle grande que permita realizar la actividad en grupos. El mapa es una herramienta de trabajo excelente pues permite visualizar la localización de las placas tectónicas en relación a los océanos y a los continentes.

51

### Material:

- Mapa del mundo / puzle recortable.
- Bloques de lego o de madera.

### Discusión:

Al final de la actividad los alumnos serán capaces de:

- demostrar como las placas tectónicas que cubren la tierra encajan como piezas de un puzle;
- localizar España, Portugal y otros países en su puzle;
- observar que Japón y California están localizados en el límite de la misma placa tectónica (placa del Pacífico), en una zona de convergencia llamada cinturón de Fuego del Pacífico;
- observar que Australia, por estar situada en medio de una placa y lejos de los límites, no sufre terremotos;



Figura 25. Alumnos de primaria realizando la actividad individualmente (Patricia Gramaxo).



Figura 26. Actividad realizada colectivamente (Beatriz Zapico Blanco).

- dar una explicación simple de la relación entre las placas tectónicas y la distribución de los terremotos en el mundo, por ejemplo, en la península ibérica;
- dar una explicación simple sobre la formación de volcanes en los archipiélagos de Azores y Canarias, entre otros;
- si colocan una pequeña construcción de lego o de madera, encima del puzle y la golpean por debajo de la mesa, los alumnos comprenderán que el interior de la tierra mueve lo que está sobre su superficie.

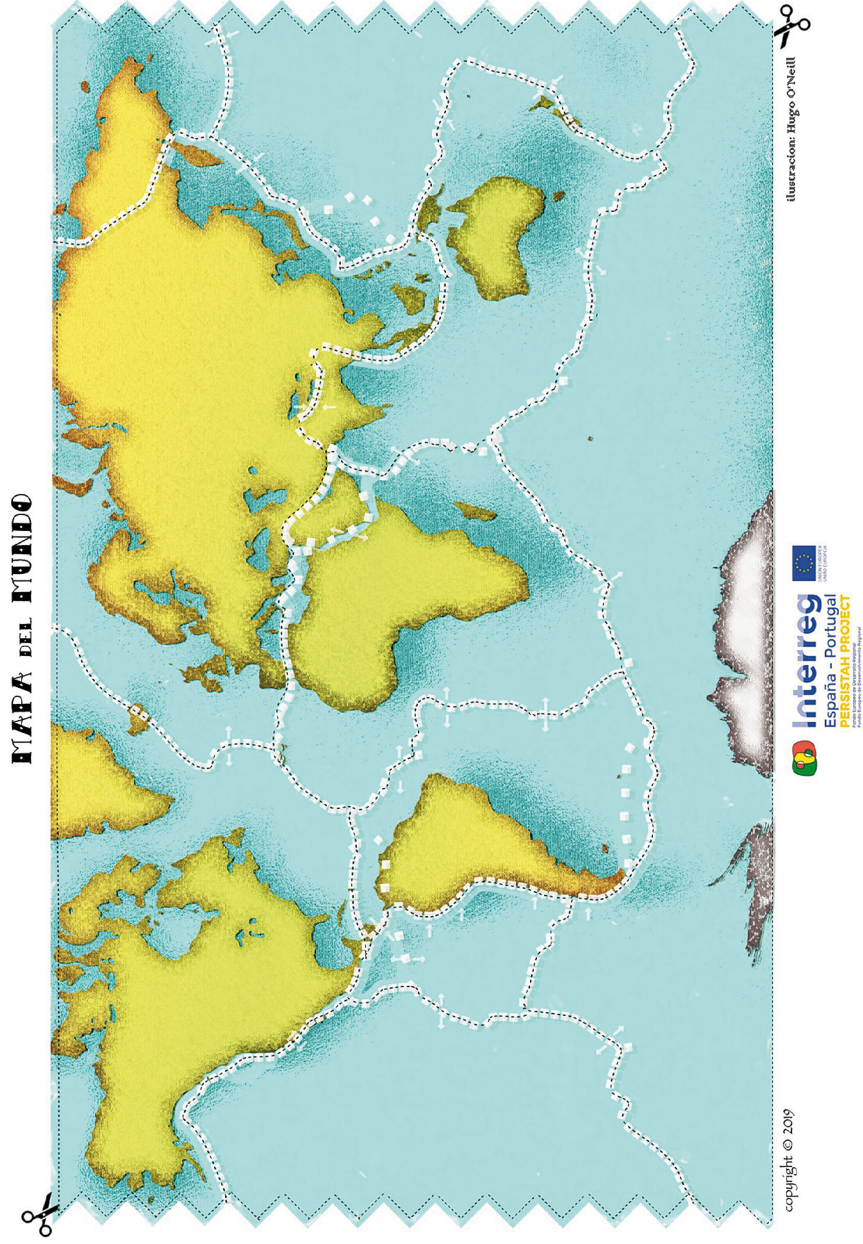


Ilustración: Hugo O'Neill

Figura 27. Mapa/puzle del mundo recortable (para imprimir y recortar).

## 8.2. NO HAY DOS SIN TRES

Conocer la sismicidad de nuestro país es esencial para identificar las zonas con mayor riesgo (ver la sección 5). Esta actividad propone combinar la peligrosidad con la creatividad, la habilidad manual, la coordinación de colores, etc. Se puede discutir qué otros riesgos están asociados con los terremotos, como son los maremotos, los deslizamientos o los incendios, y qué hacer para estar más seguro frente a ellos.

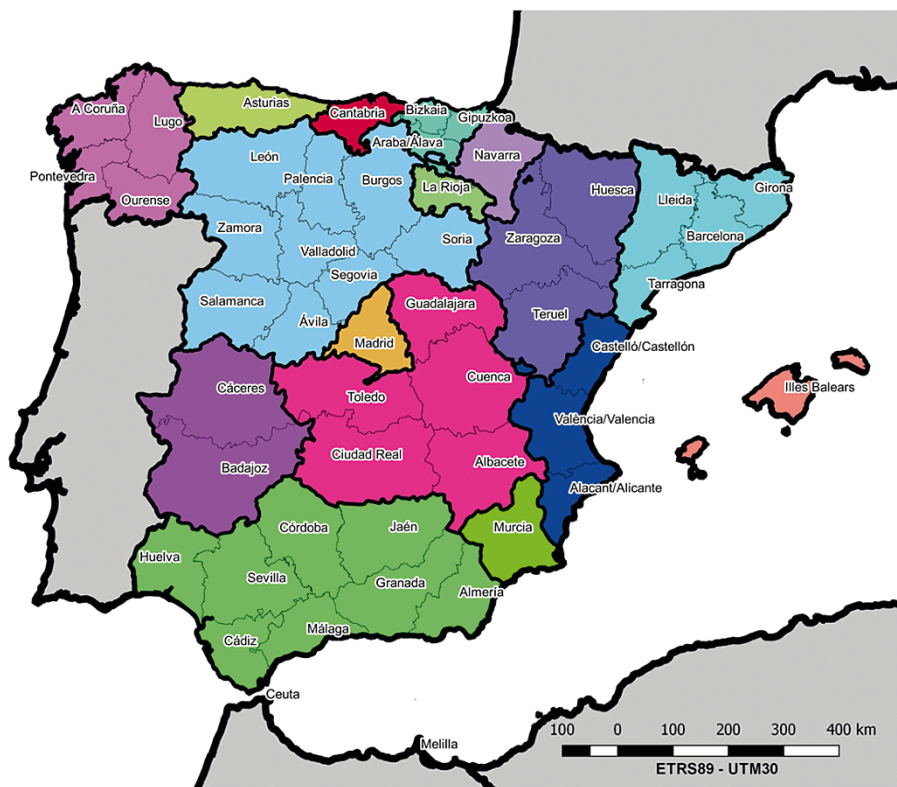


Figura 28. Comunidades autónomas y provincias de España (elaboración propia a partir de <www.ign.es>).

### Materiales:

- Mapa de la península ibérica.

### Procedimiento:

- Localice en el mapa la región donde vive.
- Pinte las regiones de acuerdo con su nivel de riesgo sísmico: rojo (riesgo elevado), naranja (moderado), amarillo (bajo) y verde (muy bajo).
- ¿En qué zona de riesgo sísmico y de maremoto se encuentra la región donde vive?

\_\_\_ Elevado \_\_\_ Moderado \_\_\_ Bajo \_\_\_ Muy bajo

### 8.3. TERREMOTOS EN EL MUNDO

¡En la tierra ocurren más de un millón de terremotos al año! La mayoría de muy baja magnitud, tan baja que ni siquiera los sentimos. En España hay alrededor de 12 terremotos principales de magnitud superior a 3,0 al año. Conocer donde ocurre un terremoto exactamente es importante. Esta información puede ayudar a los sismólogos a identificar y cartografiar el peligro, así como a los científicos a comprender la ubicación y el movimiento de las placas tectónicas.



Figura 29. Ejemplos de desarrollo de la actividad (Hugo O'Neill).

#### Materiales:

- Mapa de España, Portugal o del mundo.
- Ordenador y conexión a internet.
- Pegatinas o alfileres de colores (es importante tener al menos tres colores diferentes, pero pueden ser más).

#### Procedimiento:

Asigne a cada color un rango de magnitudes. Podemos aprovechar un terremoto en cualquier lugar del mundo para reflexionar y realizar un pensamiento crítico en el aula. Puede visitar las siguientes webs: Instituto Geográfico Nacional (<<https://www.ign.es/web/ign/portal>> → información sísmica), *Instituto Português do Mar e de Atmosfera* (IPMA, <[www.ipma.pt](http://www.ipma.pt)> → sismos → atividade sísmica), o *European-Mediterranean Seismological Centre* (EMSC, <<https://www.emsc-csem.org>>).

Pregunte dónde han ocurrido los terremotos hoy y pida a los alumnos que coloquen círculos rojos para identificar los terremotos de mayor magnitud, círculos amarillos para los de magnitud moderada y verde para los menores. Realice esta actividad semanalmente, por ejemplo, y en el transcurso de



tres meses verán cómo se irán dibujando los límites de las placas tectónicas. Esta es una buena manera de que los alumnos descubran donde pueden suceder los terremotos.

### **Discusión:**

- Descubra patrones de terremotos en todo el mundo.
- ¿Cuántos terremotos sucedieron hoy?
- Identifique en el mapa dónde sucedieron hoy los terremotos de mayor magnitud.
- ¿Por qué los terremotos suceden más en algunos sitios que en otros?
- ¿Qué tienen que ver los terremotos con las placas tectónicas?

## 8.4. TSUNAMIS EN EL MUNDO



Figura 30. Globo terráqueo (Hugo O'Neill).

### **Materiales:**

- Globo terráqueo o mapa del mundo recortable.

### **Procedimiento:**

En esta actividad los alumnos localizarán en el mapa donde ocurrieron los maremotos más destructivos de la historia y hasta donde llegaron:

- Tsunami de 1755 de Portugal (origen: SO del cabo de San Vicente).
- Tsunami de 1864 de Alaska.
- Tsunami de 2004 de Indonesia.
- Tsunami de 2011 de Japón.

### **Discusión:**

¿Qué relación tienen los tsunamis con las placas tectónicas?

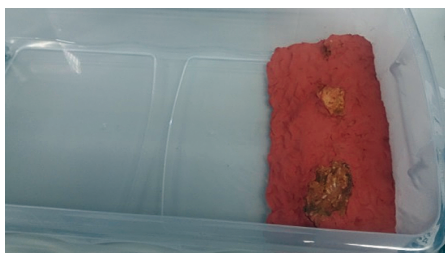
## 8.5. SIMULA UN TSUNAMI

En esta actividad los alumnos van a simular un maremoto y comprobarán su efecto en los edificios (nota: esta actividad fue creada por el *Serviço Municipal de protecção Civil de Portimão*).

### Materiales:

- caja de plástico;
- arcilla, arena y conchas;
- pegamento;
- barniz y brocha;
- miniaturas (casas, coches, árboles, peces, etc.).

### Procedimiento:



Llene un extremo de la caja con arcilla y algunas rocas.



Péguelo con pegamento y barnice.



Coloque las miniaturas en el agua y sobre la tierra.



Incline un lado de la caja para que el agua retroceda. ¡Póngalo en horizontal y observará el efecto del tsunami en los edificios!

Fotos: SMPC Portimao.

## 8.6. LA CASA TREME-TREME

Miles de personas viven en lugares de todo el mundo donde los terremotos son habituales. La mayor parte de la destrucción causada por los terremotos es el resultado del colapso de estructuras como casas, hospitales, puentes, etc. Es por esto que la ingeniería sísmica es tan importante. Los arquitectos y los ingenieros salvan vidas al proyectar edificios y estructuras que puedan soportar grandes vibraciones.

### Materiales:

- una hoja de papel A4;
- espaguetis;
- nubes de azúcar/gomas.

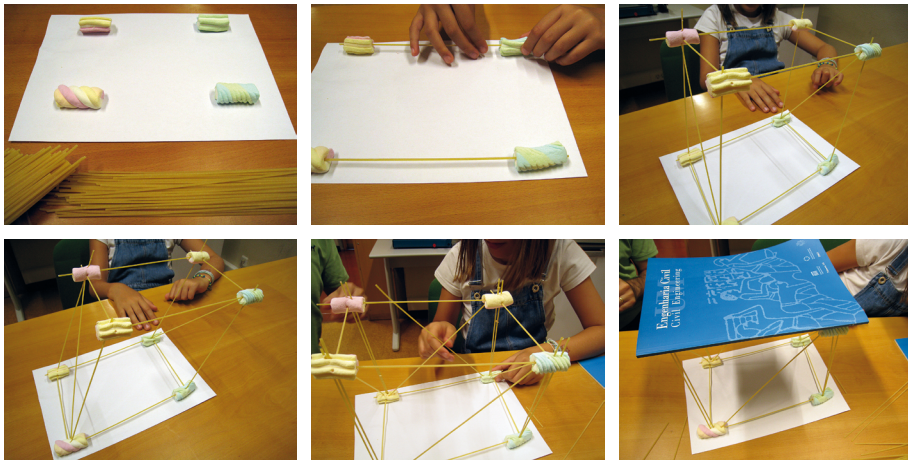


Figura 31. Ejemplo de la actividad con espaguetis y nubes de azúcar (Mónica Amaral Ferreira).

### 0:

- una base de cartón en A4;
- 20-30 pajitas (de aprox. 14 cm);
- plastilina.

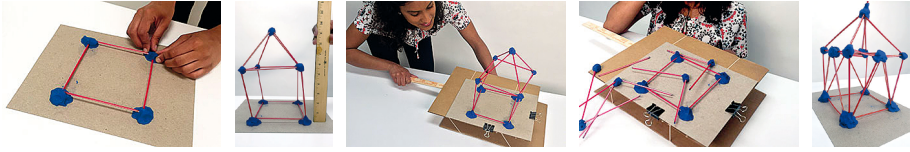


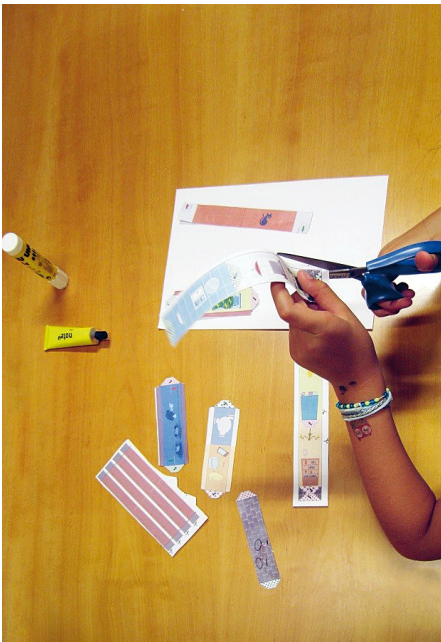
Figura 32. Ejemplo de la actividad con pajitas y plastilina (<<https://pbskids.org/designsquad/build/seismic-shake-up/>>).

**Procedimiento:**

Realice una estructura de cerca de 20 cm de altura, lo suficientemente estable y resistente, como para resistir las vibraciones de un terremoto. Ponga a prueba su estructura agitando la hoja de papel como si se tratase de un terremoto.

**0:**

Recorte una “casa temblorosa” (en el papel más grueso posible o péguelo sobre un cartón después de recortar) y ¡hágale la prueba de los terremotos!



**LA CASA TEMBLOROSA**

Sé un ingeniero sísmico y refuerza tu casa.

✂ Cortar  
 ↗ Plegue en Montaña  
 ↖ Plegue en Valle  
 🏠 Pegar

Pone a prueba tu casa!

copyright © 2019  
 Interreg España - Portugal PERKSISTAH PROJECT  
 Ilustración: Hugo O'Neill

Figura 33. Construyendo la casa temblorosa (Mónica Amaral Ferreira).

### Discusión:

¿Cómo se comportó su estructura durante el terremoto? Si se tambaleó, se derrumbó o colapsó, es hora de hacer un proyecto nuevo. Intente que su estructura sea lo más fuerte y estable posible.

¿Le ha ido bien? ¡Avance al próximo nivel y construya una estructura aún más alta!

### Y si...

... ¿su construcción ha oscilado? Transforme los cuadrados en triángulos, añadiendo diagonales para una estabilidad mayor.





... ¿su construcción ha volcado? Tal vez tenga una base muy pequeña, realice una más grande y resistente.

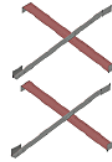
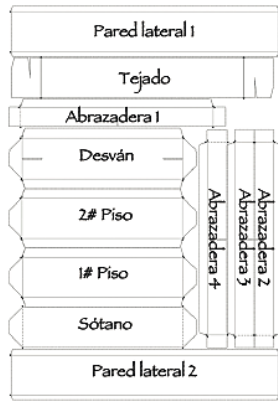
... ¿su construcción ha colapsado? Añada triángulos. Los triángulos son más fuertes que los cuadrados o los rectángulos, a igualdad de material, debido a su alta rigidez geométrica: el triángulo es el único polígono que no se deforma.

# LA CASA TEMBLOROSA



Sé un ingeniero sísmico y refuerza tu casa.

-  Cortar
-  Pliegue en Montaña
-  Pliegue en Valle
-  Pegar



Pone a prueba tu casa !



copyright © 2019



**Interreg**

España - Portugal

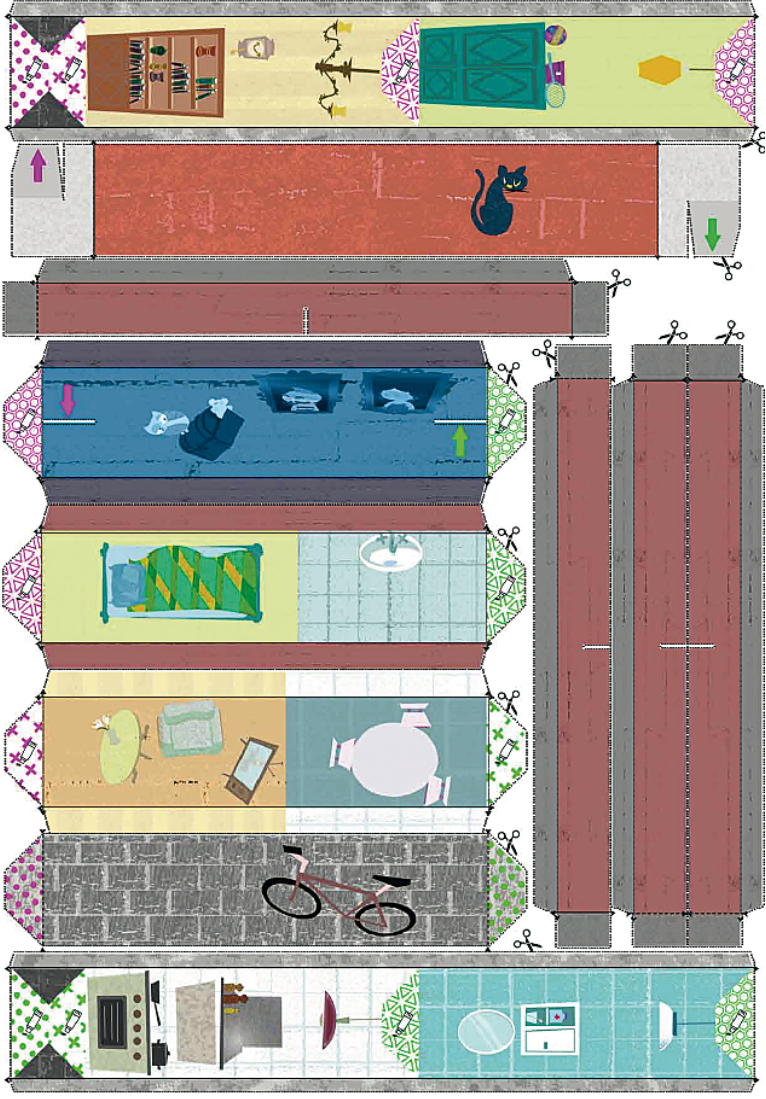
**PERSISTAH PROJECT**

Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



UNION EUROPEA  
EUROPEAN UNION

ilustración: Hugo O'Neill





## 8.7. CAZA DEL RIESGO NO ESTRUCTURAL

Va a realizar, con la ayuda de su familia, una ficha de inspección visual de los peligros potenciales existentes en su casa (salón, comedor, cocina, dormitorios). Los arquitectos y los ingenieros a menudo llevan a cabo esta tarea para verificar la seguridad de las viviendas y realizar planes para prevenir daños en caso de terremoto.

Puede realizar una película, una presentación, una entrevista o un dibujo con lo que haya identificado. Indique también algunas soluciones para hacer que su casa sea más segura en caso de terremoto.

Puede utilizar este trabajo para presentar sus observaciones y sugerencias al responsable de la escuela para mejorar la seguridad en el aula y en el colegio.

### **Materiales:**

- Hoja de evaluación (ver página siguiente).

### **Discusión:**

- Pregunte a los alumnos qué saben sobre los elementos no estructurales y el riesgo no estructural.
- Identifique las zonas más seguras de la casa.
- ¿Dónde podemos aplicar medidas de protección?
- ¿Qué soluciones se pueden aplicar para reducir el riesgo no estructural?

## HOJA DE EVALUACIÓN



Evaluador: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Identifique la estancia: salón  comedor  cocina  dormitorio  baño  otro

### Identifique:

Techos y elementos exteriores	¿Hay?	
	Sí	No
Falsos techos		
Aparatos de aire acondicionado / calefactores de techo		
Objetos suspendidos (lámparas, jarrones, plantas...)		
Molduras decorativas del techo		
Tuberías / conductos		
Tejas (exterior)		
Balcones		
Chimeneas		

66

Mobiliario y equipamiento	¿Hay?		¿Están bien fijados?
	Sí	No	
Armarios, roperos			
Archivadores			
Estanterías			
Cuadros en las paredes, apliques			
Elementos decorativos fijados en las paredes tales como estatuas, esculturas			
Televisores, proyectores, micrófonos, altavoces			
Ordenadores, impresoras, fotocopiadoras			
Extintores			
Consolas de videojuegos			
Mobiliario / equipos con ruedas			
Objetos de arte / macetas con plantas en partes altas			
Acuarios			
Ventanas / puertas de cristal			
Ventiladores			
Equipamiento de cocinas (cocina, horno, frigorífico, lavadora, lavavajillas)			
Puertas de roperos o de armarios con cerraduras de seguridad			

## 8.8. MAQUETA: MOVER, PROTEGER Y FIJAR

En equipos, los estudiantes construirán una pequeña maqueta para simular el interior de un espacio (dormitorio, sala de estar, cocina, aula...), que luego se “sacudirá” para mostrar cómo se comportan los elementos no estructurales (objetos, elementos decorativos, vidrio, muebles, etc.).

Primero, coloque el mobiliario y la decoración; luego, identifique los riesgos no estructurales y finalmente aplique medidas de protección (usando pasta adhesiva, cambiando la disposición de los muebles, añadiendo cortinas, etc.).

### Materiales:

- una caja de zapatos sin tapa;
- restos de espuma de una cama o almohada;
- pequeñas cajas (darles la vuelta y pintarlas) para hacer los muebles;
- pequeños espejos redondos en diferentes tamaños;
- también puede usar piezas de Lego o muebles de muñecas.



Figura 34. Ejemplos de maquetas (Beatriz Zapico).

También puede realizar la actividad en grupos utilizando otros materiales como capelina o madera de balsa.



Figura 35. Realizando la actividad con los alumnos (Mónica Amaral Ferreira).

### Discusión:

- Identificar los principales riesgos no estructurales.
- Identificar las medidas de protección correspondientes.
- Discutir el tema y extrapolarlo a otros ambientes.

## 8.9. DESCUBRA LAS DIFERENCIAS: REDUZCA EL RIESGO A SU ALREDEDOR

Esta actividad se puede realizar en grupos pequeños, imprimiendo o proyectando imágenes y donde toda la clase puede identificar las diferencias.

Por lo general, la discusión se intensifica cuando los niños cuentan su propia historia sobre el tema o la situación de su propia habitación.

### Discusión:

En esta actividad, al descubrir las diferencias entre las imágenes, se pretende:

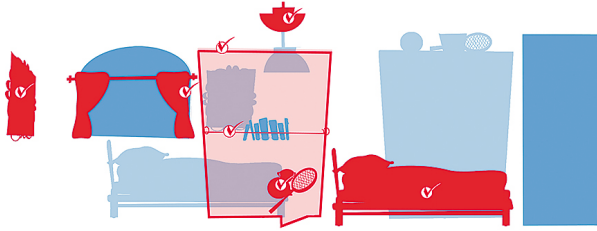
- identificar los riesgos no estructurales en la habitación;
- dar soluciones para reducir el riesgo;
- implicar a toda el aula en la discusión sobre el tema.

Pregunte a los alumnos: ¿qué riesgos se pueden identificar? ¿Cómo se pueden reducir estos riesgos?

Descubre las diferencias  
MOVER - PROTEGER - FIJAR



Figura 36. Descubre las diferencias (Hugo O'Neill).



## 4 PASOS PARA REDUCIR EL RIESGO SÍSMICO

Reducir los daños no-estructurales y aumentar la seguridad

1. MOVER	2. PROTEGER	3. FIJAR	4. REFORZAR
<p><b>mobiliario y objetos pesados</b>, para estantes bajos y lejos de las salidas.</p>	<p><b>objetos de valor y aparatos eléctricos</b>, usar cortinas o películas en las ventanas.</p>	<p><b>lámparas, espejos, electrodomésticos, vasos, estanterías y muebles suspendidos</b>.</p>	<p><b>tuberías</b> de agua, gas y red eléctrica, falsos techos, balcones, chimeneas y antenas.</p>

Las medidas presentadas en esta guía, por sí solas no sirven como garantía contra pérdidas y daños que puedan ser causados por futuros terremotos y no son aplicables en todas las situaciones. Consulte a un especialista siempre que sea necesario.



**Conocer la ciudad y reducir el riesgo sísmico** a través de los elementos no-estructurales

traducido al español bajo el proyecto PERSISTAH

Puedes encontrar más información en:  
[www.knowriskproject.com](http://www.knowriskproject.com)

KnowRISK ayuda a reducir los daños no-estructurales. Para aprender más sobre medidas de protección de bajo coste y fácil aplicación, consulta la Guía Práctica KnowRISK.

copyright © 2019



**Interreg**  
España - Portugal  
**PERSISTAH PROJECT**

Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
Ayuda al Desarrollo Regional



illustration: Hugo O'Neill

Figura 37. 4 Pasos para reducir el riesgo sísmico.

## 8.10. JUEGO DE ORDENADOR: TREME-TREME

El juego Treme-Treme permite a los niños aprender conceptos divertidos y apropiados para su edad (7-9 años) de una manera divertida.

Este videojuego educativo conciencia a los niños sobre el tema del riesgo sísmico lúdicamente, transmite conocimiento y alienta a las nuevas generaciones a tomar conciencia y prepararse para el problema de los terremotos.

El juego, disponible en portugués, inglés, italiano, francés y español, se distribuye gratuitamente vía web. Una versión para Android estará disponible próximamente.

Visite <[www.treme-treme.com](http://www.treme-treme.com)> e instale el juego en el ordenador de la escuela o de casa.

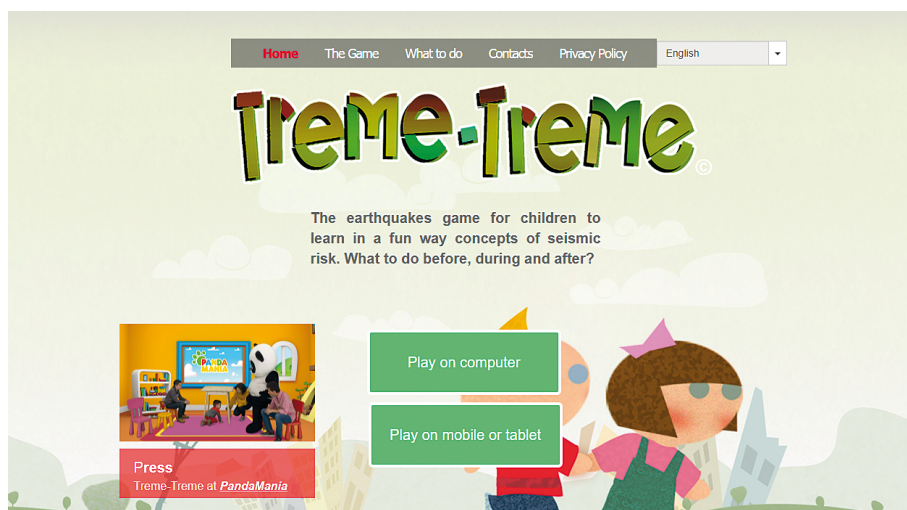


Figura 38. Juego de ordenador Treme-Treme.

## 8.11. COME-COCOS TREME-TREME

Esta actividad está relacionada con el juego Treme-Treme (<[www.treme-treme.pt](http://www.treme-treme.pt)>) y tiene como objetivo mostrar algunos de los objetos que deben formar parte de un kit de emergencia. Los niños piensan un número, lo dicen, tienen que adivinar si el objeto que aparece pertenece o no al kit de emergencia. La respuesta está al dorso de la pregunta.

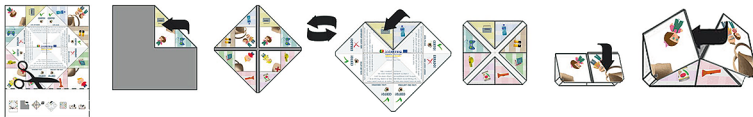
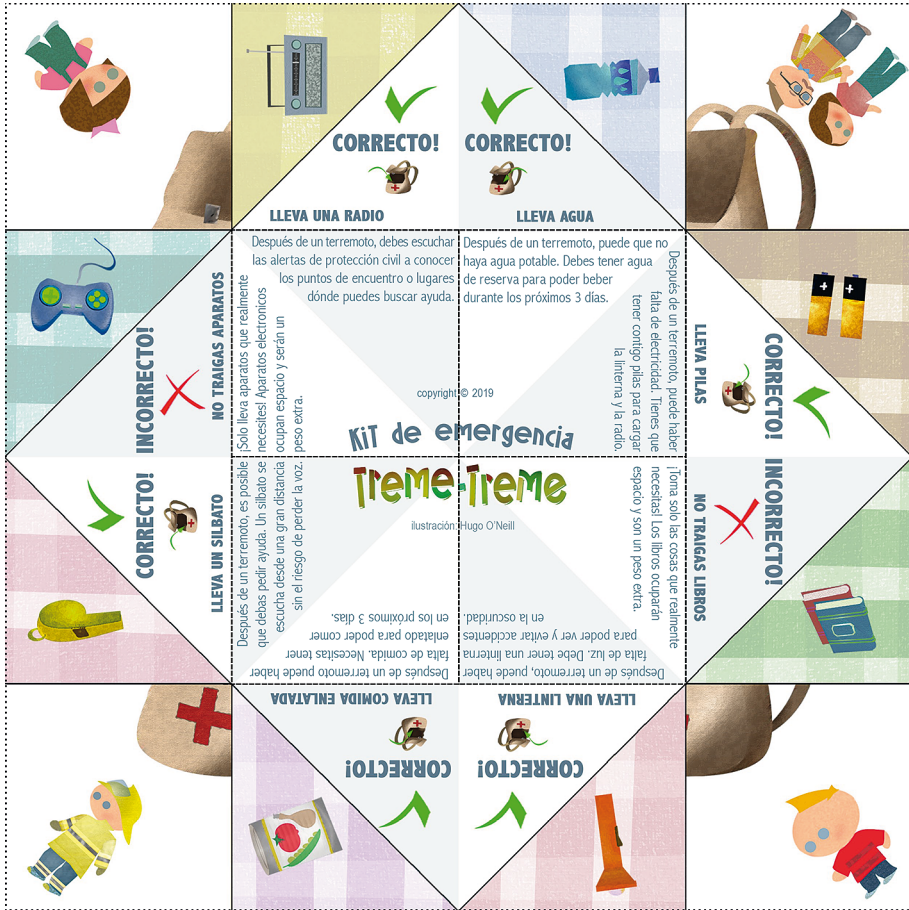
### **Materiales:**

- juego “Treme-Treme” (en la siguiente página);
- tijeras.

### **Discusión:**

- Decida qué objetos están en el kit de emergencia.
- Explique por qué debemos incluir algunos y rechazar otros.
- Anime a los alumnos a jugar al Treme-Treme (<[www.treme-treme.pt](http://www.treme-treme.pt)>) en la escuela o en casa, ya que en el juego se usan todos los objetos del kit.





Kit de emergencia **Treme-Treme**

¡Prepárate! Elige 6 artículos para llevar en tu kit de emergencia que siempre deben estar contigo en casa, en la escuela o en el trabajo. Cuando la tierra tiembla protégete, espera a que todo se calme y si tienes que salir de casa, lleva tu equipo de emergencia y ve a tu punto de encuentro. Si te encuentras cerca de la costa, existe el riesgo de tsunamis. ¡Ve a un lugar alto, lejos del mar!

acceso al **juego** en [Treme-Treme.pt](http://Treme-Treme.pt)

Figura 39. Come cocos.

## 8.12. SOPA DE LETRAS

U	V	T	N	U	W	T	M	I	B	T	O	B	P	E	T	M	D	C	O
K	L	I	P	H	E	M	N	V	R	W	P	R	E	V	E	N	I	R	K
Y	E	G	O	W	O	D	Z	R	R	V	O	M	T	R	R	A	J	I	F
M	E	W	K	Y	X	O	T	S	E	T	K	E	C	N	R	X	N	J	H
O	P	G	O	L	A	W	C	W	T	I	U	A	E	F	E	I	J	J	N
F	O	M	H	V	F	I	T	G	H	X	L	D	M	X	M	C	U	O	G
S	H	I	F	F	Z	F	E	C	C	L	A	K	Q	A	O	V	I	D	D
K	X	A	L	A	W	R	T	N	I	M	A	G	N	I	T	U	D	P	B
G	Q	D	Q	O	X	C	N	Q	R	L	C	U	I	Q	O	K	X	D	E
R	Z	E	M	P	S	S	V	Q	S	I	S	M	O	M	E	N	T	V	G
I	I	H	N	T	T	H	D	G	L	T	X	E	T	I	E	V	R	D	M
F	V	D	J	C	U	K	I	G	O	V	D	P	G	U	I	A	H	W	S

Diviértase encontrando las siguientes palabras:

EPICENTRO

FIJAR

MAGNITUD

MERCALLI

MOVER

PREVENIR

PROTEGER

RICHTER

SISMO

TERREMOTO

TSUNAMI

### 8.13. JUEGO DE MESA KNOWRISK

Este juego de mesa está basado en la Guía Práctica del proyecto KnowRISK que muestra acciones simples para que su hogar sea más seguro.



Figura 40. Juego de mesa KnowRISK.

Visite KnowRISK, <<https://knowriskproject.com/practical-guide-board-game>>, imprima el juego y recorte las tarjetas.

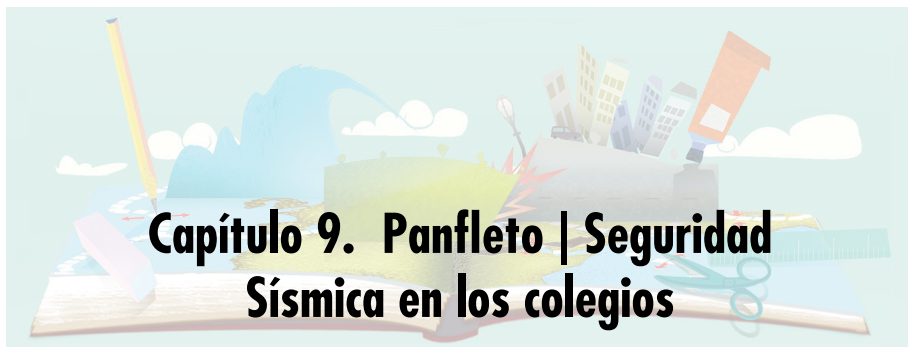
**Número de jugadores:** 2 equipos (máximo 4 jugadores en cada equipo) + 1 moderador.

**Reglas:** cada equipo elige una profesión que lo represente (bombero, oficial de protección civil, geofísico o ingeniero).

Cada jugador toma una carta de la baraja en cada mano de la partida, colocándola en una de las 4 bandejas (roja, naranja, amarilla y verde) de acuerdo con la acción correcta: mover, proteger, arreglar o reforzar. Los equipos pueden hablar entre ellos sobre las opciones correctas. El moderador puede intervenir aprobando o rechazando las elecciones. Si la carta es rechazada, vuelve a la baraja y el jugador tendrá que esperar hasta el próximo turno.

El equipo que consiga colocar el mayor número de cartas correctas en el tablero gana.





La guía práctica de KnowRISK le enseña cómo preparar su hogar, aula o lugar de trabajo para un terremoto. Mover, proteger y fijar son pequeños gestos que pueden salvar vidas, evitar pérdidas materiales y de funcionamiento de un edificio.

¡Cuelgue esta guía en el tablón de anuncios de su colegio!

# SEGURIDAD SÍSMICA EN LAS ESCUELAS

## Medidas que pueden marcar la diferencia

### ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

#### 1. MOVER

**mobiliario**



Coloque los objetos pesados en los estantes inferiores. Mantenga las mesas alejadas de las ventanas.

#### 2. PROTEGER

**aparatos**



Asegure los aparatos con correas. Use adhesivos y alfombras antideslizantes, use persianas o películas sobre vidrio.

#### 3. FIJAR

**mobiliario & objetos**



Fije armarios altos y objetos pesados a las paredes, aplique cerraduras de seguridad.

**SE NECESITA**

- coste
- dificultad

fuerza física

**SE NECESITA**

- coste
- dificultad

adhesivos

corrias

cintas

película de vidrio

antideslizante

**SE NECESITA**

- coste
- dificultad

cerradura seguridad

soporte p/ cuadros

martillo & clavos

anclajes

foliado & pernos

ara para moquetas /parquet

cóncono

cable / tensor

## EDUCACION

## AUTOPROTECCIÓN



**PROYECTO EDUCATIVO**

El objetivo principal de este proyecto educativo es proporcionar a los docentes y alumnos de las escuelas de España información sobre los riesgos sísmicos y las medidas de autoprotección que deben tomar en caso de un terremoto. El contenido de este proyecto educativo es una adaptación del contenido de la guía '¿Por qué se mueve el suelo?' de la Red Española de Escuelas Seguras y Saludables.



**¡AGÁCHESE!**



**¡CÚBRASE!**



**¡SUJÉTESE!**





Figura 41. Seguridad sísmica en las escuelas – elementos no estructurales (Hugo O’Neill).



El día 17 de junio de 2019, los alumnos de primero de CEB (6-7 años) del colegio “*Jardim-Escola João de Deus – Estrela*”, en Lisboa, realizaron una actividad experimental en el aula. Usando la Guía Educativa “Por qué se mueve el suelo”, la profesora preparó el material para desarrollar un Protocolo Experimental.

Esta Guía Educativa permite que cada profesor cree su propio protocolo experimental. A continuación, se presenta un ejemplo de aplicación.

CENTRO: \_\_\_\_\_

LECCIÓN N.º: \_\_\_\_\_

RESUMEN: \_\_\_\_\_

## ACTIVIDAD EXPERIMENTAL. ¿POR QUÉ SE PRODUCEN LOS SISMOS?

### 1. Introducción

Hemos escuchado noticias sobre sismos, terremotos o temblores de tierra que hicieron que la tierra temblara. Hemos hecho ejercicios en la escuela que nos han enseñado cómo hay que actuar en estas situaciones, por ejemplo, quedándose debajo de una mesa y contando hasta 60. La Tierra está en constante movimiento y no es solo debido a los movimientos de rotación y translación.

### 2. Pregunta - problema

¿Por qué se producen los sismos?

### 3. Predicciones

Señala con una cruz las opciones que consideras que responden a la pregunta-problema. *Los sismos se producen...*

... debido a los movimientos de la tierra alrededor del sol	
... porque la tierra tiene mucha agua y el suelo se mueve	
... porque la superficie de la tierra está formada por placas que se mueven	

### 4. Material

- Modelado del planeta Tierra en plastilina.
- Puzle y piezas de construcción.
- Barras de chocolate que representan la corteza de la Tierra.

### 5. Procedimiento

80

- Observe la estructura interna de la Tierra a través de un modelo hecho en plastilina.
- Ensamble el puzle que representa la superficie del planeta e identifique las piezas como las placas tectónicas que componen la corteza terrestre.
- Haga que las dos extremidades de la barra de chocolate choquen entre sí y observe lo que ocurre.
- Una las extremidades de la barra de chocolate y haga que se muevan en paralelo en la dirección opuesta. Observe lo que ocurre.
- Aleje las dos mitades de una barra de chocolate y observe lo que ocurre.

### 6. Resultados

Cuando usamos las barras de chocolate, observamos que las extremidades se modifican según los movimientos que realizamos. Lo mismo ocurre con los límites de las placas tectónicas.





Las placas divergentes

chocan entre sí.



Las placas convergentes

se deslizan paralelamente.



Las placas transformadoras

se alejan.

Una mediante un trazo.

## 7. Conclusiones

Indique con una cruz (X) si las afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F).

a) A través de esta experiencia podemos concluir que:

	V	F
Los sismos, terremotos o temblores de tierra ocurren porque el interior de la tierra está compuesto por materiales en constante movimiento		
Los sismos, terremotos o temblores de tierra ocurren porque las placas tectónicas no se mueven		
Las placas tectónicas se mueven porque el interior de la tierra está siempre en movimiento		

b) Con este ejercicio aprendemos que:

	V	F
Los sismos, terremotos o temblores de tierra son palabras antónimas		
El interior de la tierra está formado por núcleo, manto y corteza		
La superficie de la tierra parece un puzzle de placas que encajan unas con otras		
La corteza está formada por varias placas ergonómicas		
Las placas tectónicas pueden chocar, alejarse o deslizarse paralelamente		
Podemos usar barras de chocolate para representar los límites de las placas tectónicas, por eso podemos realizar esta actividad solos		

c) Corrija las afirmaciones que señaló como falsas en los ejercicios anteriores.

---

---

---

---

---

---

---

---



- ¿Sabías que un terremoto se puede llamar sismo, movimiento de tierra o temblor de tierra? Son sinónimos.
- Cada año, ocurren más de un millón de terremotos en la tierra.
- Las placas tectónicas se mueven alrededor de 8 centímetros al año. Para que se haga una idea, ¡es la velocidad a la que crece una uña!
- La placa Euroasiática se aleja de la placa Norteamericana a una velocidad media de 2,5 centímetros al año (¡25 kilómetros en un millón de años!).
- La mayor cordillera del mundo está bajo el agua. La cadena dorsal Mesoatlántica es la mayor cadena de montañas del mundo, con cerca de 15 000 km de longitud.
- ¡Las montañas más altas del mundo aún están en formación! Las montañas del Himalaya nacieron hace cerca de 60 millones de años, cuando la placa India colisionó con la placa Euroasiática. En la actualidad, ambas placas siguen convergiendo y las montañas del Himalaya siguen creciendo y transformándose.
- En el océano Pacífico, más del 80% de los sismos ocurren en el denominado “Anillo de Fuego”. Esta es una zona de elevada inestabilidad geológica, cuya forma se asemeja a la de una herradura. El Anillo de Fuego está situado en el Pacífico, el océano más grande del mundo. Aquí se encuentran varias placas tectónicas, que hacen que esta región se caracterice por una alta frecuencia de terremotos y tsunamis.
- ¿Sabía que la velocidad de las ondas de un tsunami puede llegar hasta los 800 km/h? Esta es la velocidad a la que vuelan los aviones.

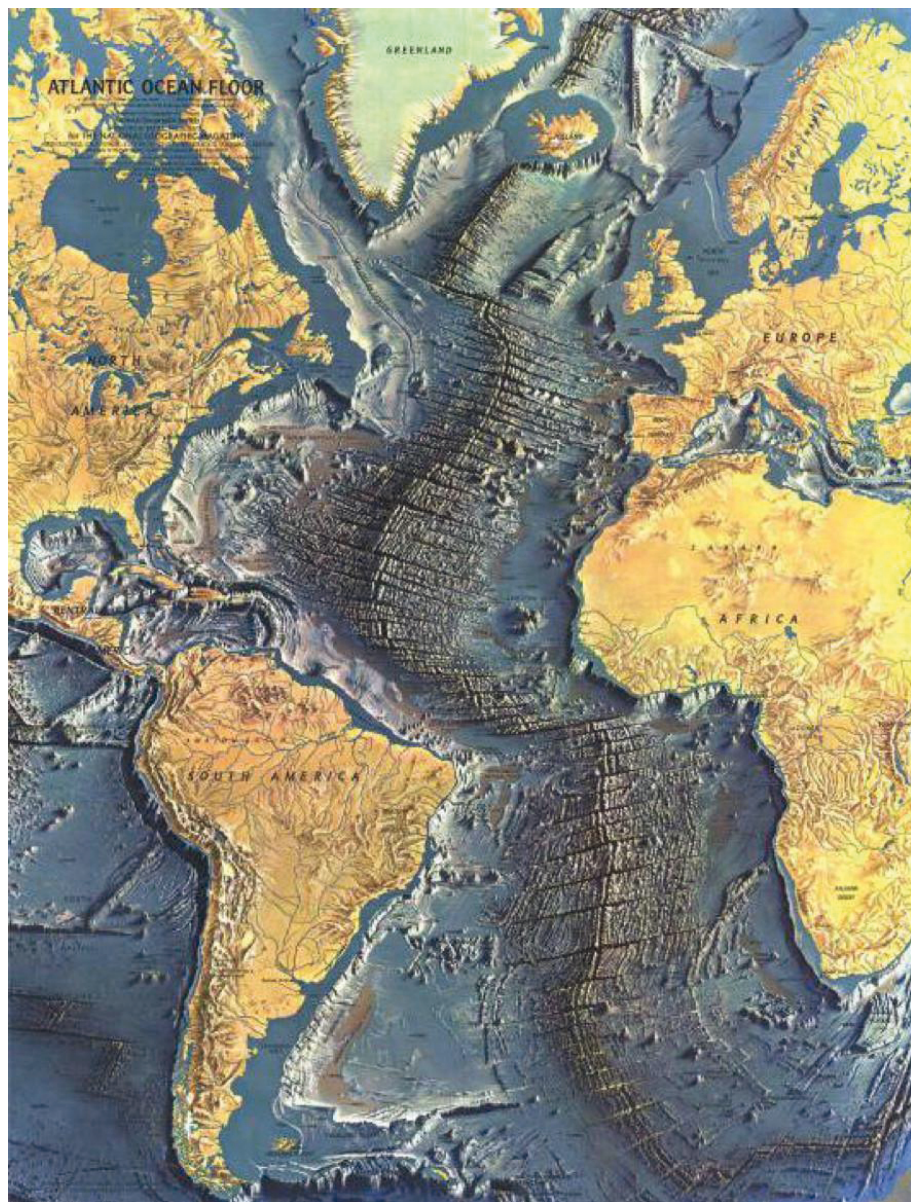


Figura 42. Cadena dorsal mesoatlántica.



## Referencias

- Chagas, I. (1993). Aprendizagem não formal/formal das ciências: Relações entre museus de ciência e escolas. *Revista de Educação*, 3 (1), 51-59. Lisboa.
- Correia, V. (1995). Recursos didácticos. Aveiro: Companhia Nacional de Serviços, S.A.
- Earthquake teaching tools for the classroom (University of California Television [UCTV]): <<https://www.youtube.com/watch?v=GQQCvsxHtJo>>.
- Ferreira, M.A. (2012). Risco sísmico em sistemas urbanos. Tese de doutoramento. Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
- Ferreira, M.A., Oliveira, C.S., Mota de Sá, F., Lopes, M., Pais, I. (2018). KnowRISK Portfolio of solutions: for the reduction of seismic risk through non-structural elements. KnowRISK project (<<https://knowriskproject.com/portfolio/>>).
- Graells, P.M. (2000). Los medios didácticos. <<http://peremarques.pangea.org/medios.htm>>.
- Instituto Geográfico Nacional. (2017). Mapa de fallas activas cuaternarias.
- Inventors of Tomorrow: <[https://inventorsof tomorrow.com/2017/01/30/earth\\_quakes-2/](https://inventorsof tomorrow.com/2017/01/30/earth_quakes-2/)>.
- KnowRISK (2017). Know your city, Reduce seismic risk through non-structural elements. European Commission's Humanitarian Aid and Civil Protection Grant agreement ECHO/SUB/2015/718655/PREV2. <[www.knowriskproject.com](http://www.knowriskproject.com)>.
- Magic Makers: <<https://www.youtube.com/watch?v=ITMahL6xPRE>>.
- Morales-Esteban, A., Martínez-Álvarez, F., Scitovski, S., Scitovski, R. (2014). A fast partitioning algorithm using adaptive Mahalanobis clustering with application to seismic zoning. *Computers and Geosciences*, 73, 132-141. <<https://doi.org/10.1016/j.cageo.2014.09.003>>.
- Sá, L., Morales-Esteban, A., Durand Neyra, P. (2018). The 1531 earthquake revisited: loss estimation in a historical perspective. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16(10), 4533-4559. <<https://doi.org/10.1007/s10518-018-0367-z>>.
- Santos, M.C. (2008). Estudo dos danos ocorridos em Lisboa causados pelo terramoto de 1755: Quantificação e discussão. Tese de Mestrado. Universidade Técnica de Lisboa Instituto Superior Técnico, Lisboa, 166 pp.
- Saúde, A., Costa, E., Fernandes, J., Esteves, M., Amaral, M., Almeida, P., André, T. (2015). Referencial de educação para o Risco -Educação Pré-Escolar, Ensino Básico (1º, 2º e 3º ciclos) e Ensino Secundário. Ministério da Educação e Ciência, Lisboa.
- Treme-Treme, jogo educativo, <<http://treme-treme.pt/>>.

Understanding earthquakes in the primary classroom: <<https://www.sciencelearn.org.nz/resources/2247-understanding-earthquakes-in-the-primary-classroom>>.

UPStrat-MAFA (2013). Urban disaster prevention strategies using macroseismic fields and fault sources. EU Project Num. 230301/2011/613486/SUB/A5), DG ECHO Unit A5.



Figura 1.	Organización del Marco de Educación sobre Riesgos.....	12
Figura 2.	Representaciones del modelo de la estructura interna de la tierra, usando plastilina de varios colores (imagen derecha: < <a href="http://cienciasideiaxxi.blogspot.com">http://cienciasideiaxxi.blogspot.com</a> >).....	15
Figura 3.	Estructura de la tierra.....	15
Figura 4.	Representaciones de como colisionan las placas tectónicas (Mónica Amaral Ferreira y Hugo O’Neill).....	16
Figura 5.	Explicación “la tierra tiembla” (Hugo O’Neill).....	17
Figura 6.	<i>Snack</i> de chocolate representando los movimientos de los límites de las placas (Mónica Amaral Ferreira y Hugo O’Neill).....	18
Figura 7.	Ejemplo de falla, subducción, fosa, corteza oceánica y continental (fuente: < <a href="http://www.lneg.pt/CienciaParaTodos/edicoes_online/diversos/guiao_tectonica_placas/texto">http://www.lneg.pt/CienciaParaTodos/edicoes_online/diversos/guiao_tectonica_placas/texto</a> >).....	19
Figura 8.	Hipocentro <i>vs.</i> Epicentro (Emilio Romero Sánchez).....	21
Figura 9.	Richter es una escala logarítmica (Emilio Romero Sánchez)....	22
Figura 10.	Energía libertada (Emilio Romero Sánchez).....	22
Figura 11.	Efecto de los terremotos en los edificios (Hugo O’Neill).....	23
Figura 12.	Escala de Mercalli Modificada (Hugo O’Neill).....	24
Figura 13.	Generación de un tsunami (Emilio Romero Sánchez).....	27
Figura 14.	Señales para reconocer un tsunami (Hugo O’Neill).....	28
Figura 15.	Mapa de peligrosidad sísmica de España (Norma de Construcción Sismorresistente, NCSE-02).....	30
Figura 16.	Mapa de fallas activas cuaternarias en la península ibérica con magnitud de los terremotos (elaboración propia).....	31
Figura 17.	Peligrosidad sísmica en el Portugal continental ( <i>Regulamento de segurança e ações para estruturas de edifícios e pontes. 1983</i> ).....	32
Figura 18.	Recreación artística del tsunami de Lisboa de 1755 (fuente: Getty Images).....	37

Figura 19. Comportamiento de un edificio ante un terremoto. Si el edificio sufre un gran desplazamiento, los elementos estructurales, como vigas, pilares y paredes, pueden dañarse y dejar el edificio inutilizable (Emilio Romero Sánchez).....	40
Figura 20. Uso de diagonales para transmitir cargas horizontales (Emilio Romero Sánchez).....	41
Figura 21. Aislamiento de base (Emilio Romero Sánchez).....	41
Figura 22. Medidas de protección no estructurales que se pueden adoptar en la escuela, en el trabajo o en el hogar: mover, proteger, fijar y reforzar. Para obtener más información, consulte la Guía práctica de KnowRISK, < <a href="https://knowriskproject.com/">https://knowriskproject.com/</a> >.....	45
Figura 23. Riesgo de tsunami (Emilio Romero Sánchez).....	48
Figura 24. ¿Qué hacer en las zonas costeras después de un terremoto? (fuente: < <a href="http://www.ceru-europa.pt">http://www.ceru-europa.pt</a> >).....	49
Figura 25. Alumnos de primaria realizando la actividad individualmente (Patrícia Gramaxo).....	52
Figura 26. Actividad realizada colectivamente (Beatriz Zapico Blanco)....	52
Figura 27. Mapa/puzle del mundo recortable (para imprimir y recortar)..	53
Figura 28. Comunidades autónomas y provincias de España (elaboración propia a partir de < <a href="http://www.ign.es">www.ign.es</a> >). .....	54
Figura 29. Ejemplos de desarrollo de la actividad (Hugo O’Neill).....	56
Figura 30. Globo terráqueo (Hugo O’Neill).....	58
Figura 31. Ejemplo de la actividad con espaguetis y nubes de azúcar (Mónica Amaral Ferreira).....	60
Figura 32. Ejemplo de la actividad con pajitas y plastilina (< <a href="https://pbskids.org/designsquad/build/seismic-shake-up/">https:// pbskids.org/designsquad/build/seismic-shake-up/</a> >). .....	61
Figura 33. Construyendo la casa temblorosa (Mónica Amaral Ferreira)....	61
Figura 34. Ejemplos de maquetas (Beatriz Zapico).....	67
Figura 35. Realizando la actividad con los alumnos (Mónica Amaral Ferreira).....	68
Figura 36. Descubre las diferencias (Hugo O’Neill).....	69
Figura 37. 4 Pasos para reducir el riesgo sísmico.....	70
Figura 38. Juego de ordenador Treme-Treme.....	71
Figura 39. Come cocos.....	73
Figura 40. Juego de mesa KnowRISK. ....	75
Figura 41. Seguridad sísmica en las escuelas – elementos no estructurales (Hugo O’Neill).....	78
Figura 42. Cadena dorsal mesoatlántica.....	84



El objeto de esta guía es proporcionar un conjunto de información y actividades sobre el riesgo sísmico integrables en el Ciclo inicial de Educación Primaria. La guía pretende contribuir a la formación de una ciudadanía preparada y consciente del riesgo sísmico.

La información y las actividades contenidas en este manual están dirigidas al personal educativo que desee realizar actividades sobre el riesgo sísmico en colegios o entornos educativos no formales.

El proyecto educativo “¿Por qué se mueve el suelo?” fue desarrollado dentro del proyecto europeo de investigación PERSISTAH- *Projetos de Escolas Resilientes aos Sismos no Território do Algarve e de Huelva*, llevado a cabo de forma cooperativa entre las Universidades de Sevilla (España) y del Algarve (Portugal).

