

Informe de la actividad sísmica en la zona de Vielha e Mijaran (Lleida) - Benasque (Huesca)

(versión actualizada a 29/09/2023 a las 14:00h UTC)

Este informe se actualiza según la evolución de la serie y la información disponible

El 28 de agosto de 2023 el Instituto Geográfico Nacional (IGN) registró un terremoto con magnitud Mw de 4,1 al suroeste de Vielha e Mijaran (Lleida) con intensidad máxima de IV-V y que fue sentido en numerosas localidades cercanas al epicentro, así como en las ciudades de Lleida y Barcelona. Hasta el momento de elaboración de este informe se han registrado 216 réplicas, la mayor de ellas de magnitud 3,2 también el día 28 y sentida con intensidad máxima de II. Se trata de terremotos superficiales, con una profundidad menor de 15 km, de magnitudes mayoritariamente menores de 2.

El mapa de la Figura 1 muestra la situación de todos los terremotos registrados en la zona epicentral desde el 28 de agosto de 2023.

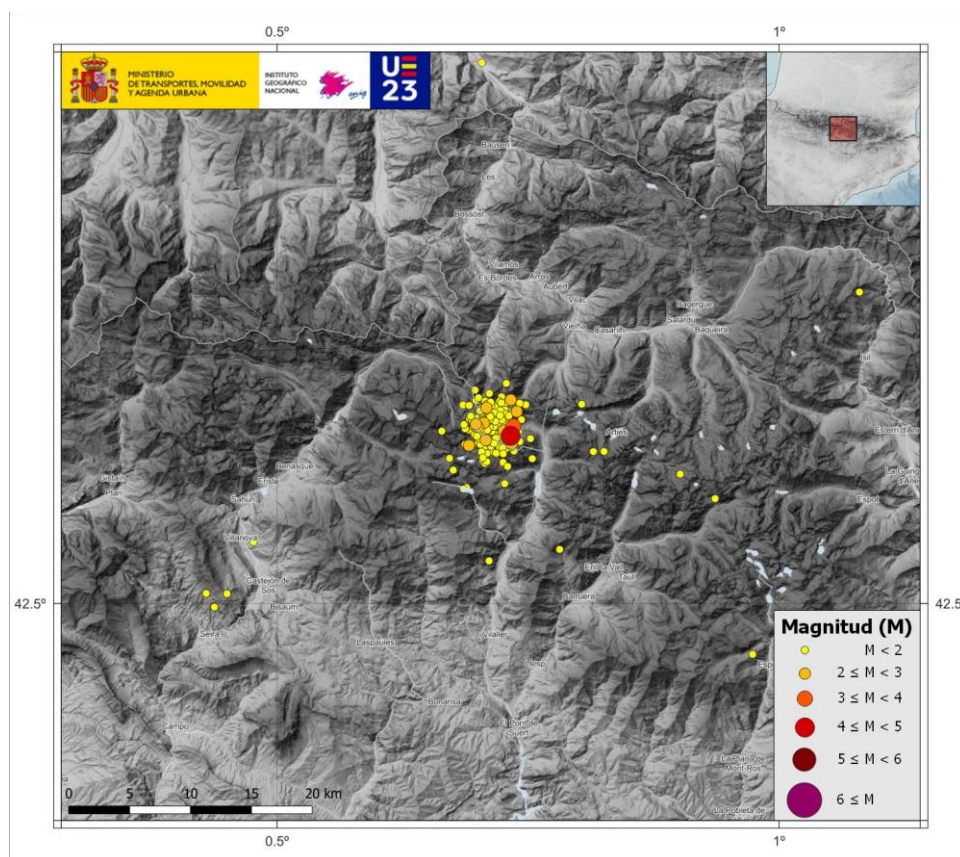


Figura 1. Mapa de sismicidad de la zona epicentral de los últimos 3 días. Principales fallas activas durante el Cuaternario extraídas de la base de datos QAFI (García-Mayordomo et al., 2015; IGME, 2022).

De los 14 terremotos con magnitud igual o superior a 2,0 registrados desde 28/08/2023 a las 17:42:04 UTC, solo cinco de ellos han sido percibidos por la población (ver *Tabla 1*). El primero de ellos fue sentido de manera generalizada y los otros cuatro fueron sentidos en muy pocos casos.

Tabla 1. Terremotos percibidos por la población desde el 28/08/2023 en la zona epicentral.

Fecha	Hora UTC	Latitud	Longitud	Profundidad (km)	Magnitud	Intensidad máxima (EMS-98)	Localización
28/08/2023	17:42:04	42,6228	0,7327	0,0	4,1 (M _w)	IV-V	SW VIELHA E MIJARAN.L
28/08/2023	19:32:10	42,6298	0,7353	6,0	3,2 (mblg)	II	SW VIELHA E MIJARAN.L
28/08/2023	21:54:12	42,6295	0,7347	2,0	2,8 (mblg)	I-II	SW VIELHA E MIJARAN.L
21/09/2023	02:00:00	42,6406	0,7389	3,00	2,7 (mblg)	II	SW VIELHA E MIJARAN.L
28/09/2023	16:16:14	42.5071	0.4501	13,0	1,6 (mblg)	II	SW CHÍA.HU

En la Figura 2 se muestra el número de terremotos al día y la magnitud de cada uno de ellos localizados desde el el 28 de agosto de 2023.

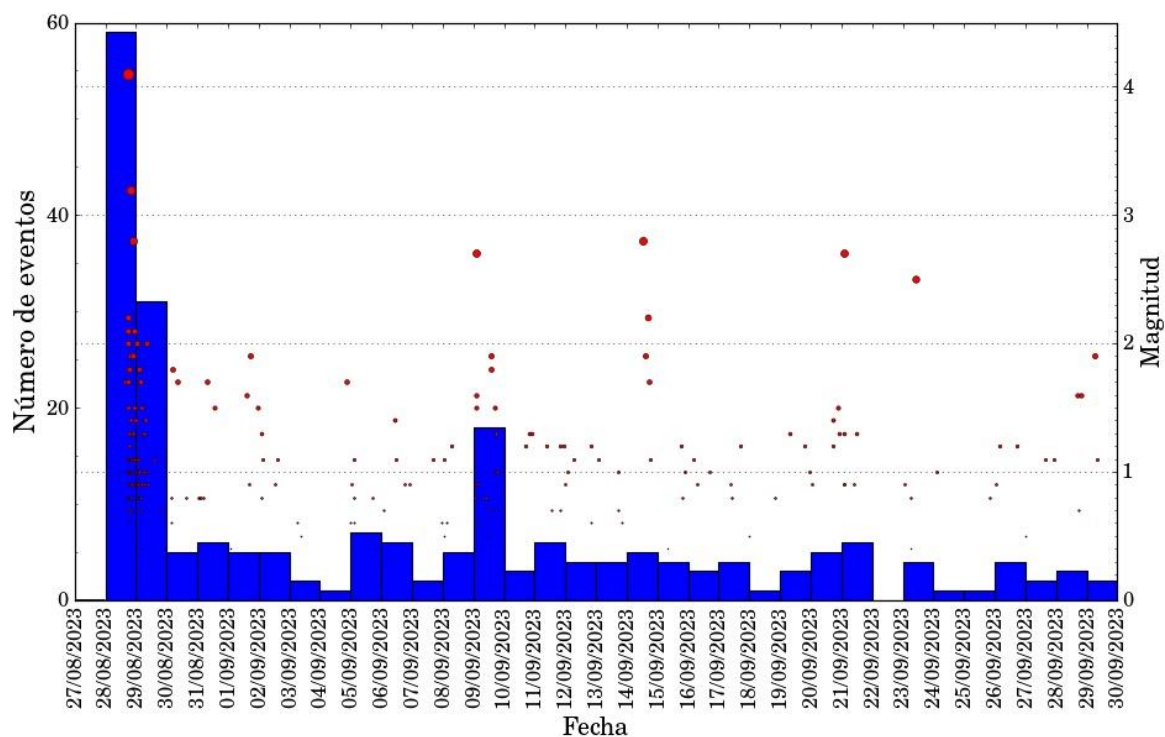


Figura 2. Número de terremotos por día y su magnitud.

En las Tablas 2 y 3 se recogen los datos del número de terremotos y número de terremotos sentidos para distintos intervalos de magnitud e intensidad localizados desde el 28 de agosto de 2023.

Tabla 2. Terremotos por intervalos de magnitud registrados desde el 28/08/2023 en la zona epicentral.

	M<2	2≤M<3	3≤M<4	4≤M<5	M≥5
Nº Terremotos	203	12	1	1	0

Tabla 3. Terremotos por intervalos de intensidad registrados desde el 28/08/2023 en la zona epicentral.

	I-II	II	II-III	III	III-IV	IV	IV-V
Nº Sentidos	1	3	0	0	0	0	1

Toda la información sobre la sismicidad registrada en la zona se encuentra disponible en el siguiente enlace <https://visualizadores.ign.es/tproximos/> y en el catálogo de terremotos del IGN: <https://www.ign.es/web/ign/portal/sis-catalogo-terremotos>.

Cobertura de estaciones sísmicas

Para la monitorización y cálculo de la actividad sísmica en tiempo real la Red Sísmica Nacional cuenta con 140 estaciones de velocidad y 130 de aceleración repartidas por todo el territorio español. En el entorno de la zona epicentral, el IGN tiene instaladas de forma permanente 2 estaciones de velocidad y 4 estaciones de aceleración, siendo las más próximas a los epicentros las estaciones de aceleración de Vielha y Benasque situadas a unos 3 y 17 km de distancia, respectivamente. Además, en esta región cuenta con los datos compartidos con otras instituciones, principalmente el Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC).

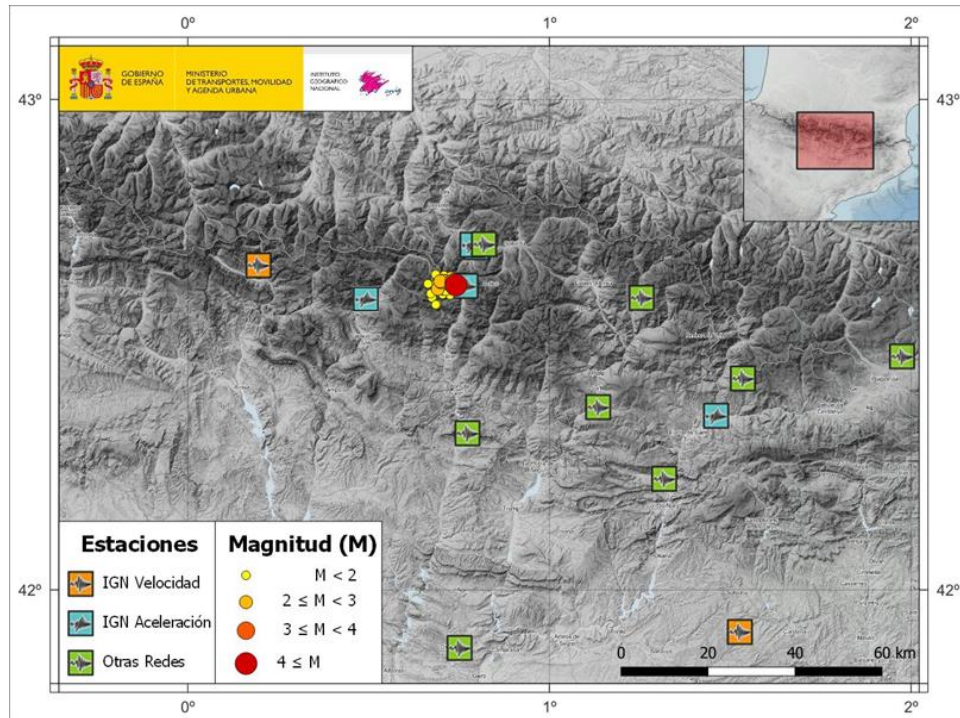


Figura 3. Estaciones sísmicas de velocidad y aceleración en el entorno de la zona epicentral.

Información macrosísmica y daños

INTENSIDADES

La Intensidad Macrosísmica es un parámetro que representa de forma global el movimiento del suelo debido a un terremoto en una localidad, a partir de los daños producidos y de los efectos en las personas y en los objetos. Para evaluar la Intensidad Macrosísmica se emplean fundamentalmente las siguientes fuentes de información: cuestionarios macrosísmicos a través de la página web y de la aplicación informática para móviles inteligentes del IGN, trabajo de campo, información telefónica de Ayuntamientos y particulares, información de la Dirección General de Protección Civil y Emergencias y del 112.

Desde el terremoto de Mw 4,1 del 28/08/2023 hasta el momento, el IGN ha recibido alrededor de 280 cuestionarios a través de la página web y aplicación móvil del IGN. Como resultado de la recopilación de toda esta información se obtienen los mapas con la distribución de intensidades macrosísmicas EMS de cada terremoto en las localidades en que fueron percibidos. La descripción de la escala de intensidad macrosísmica europea (EMS-98) puede encontrarse en: <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/SIS-Escala-Intensidad-Macrosismica.pdf>

Por la información que disponemos, el terremoto principal de esta serie sísmica al menos ha sido sentido en 91 poblaciones de las provincias de Lleida, Huesca, Barcelona, Tarragona, Girona y Zaragoza, con una intensidad máxima de IV-V (EMS-98) en Senet (Lleida) y de IV en las poblaciones leridanas de Vielha, Mijaran, Aubèrt, Mont, Vilaller y Escunhau, lo cual indica que ha sido un terremoto ampliamente observado o fuerte, sin llegar a confirmarse daños, pero con desplazamientos y caída de objetos inestables o mal apoyados. En la *Figura 4* se muestran los valores de intensidad macrosísmica EMS-98 en las localidades que percibieron este terremoto y han reportado sus cuestionarios. Pueden consultarse en el siguiente [enlace](#).

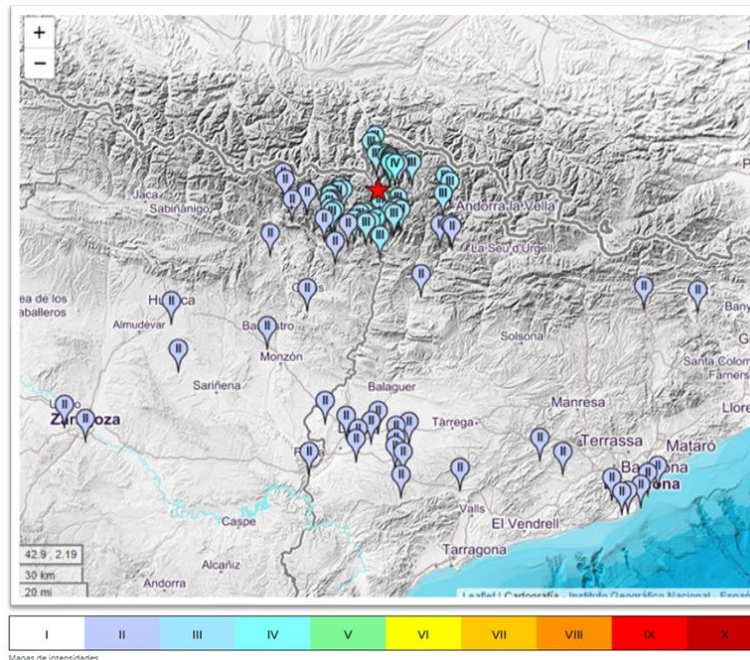


Figura 4. Distribución de la intensidad macrosísmica para las localidades que percibieron el terremoto de Mw 4,1.

El segundo terremoto sentido, se ha producido a las 21:32 (hora local) y sólo se ha sentido en algunas de las poblaciones más cercanas al epicentro: Aubèrt, Bòssot, Senet, Tredós y Vielha, con intensidades máximas II (EMS-98). Dichas intensidades pueden consultarse en el siguiente [enlace](#).

ACELERACIÓN

Los acelerómetros son instrumentos que registran la aceleración del movimiento del suelo producido por el terremoto. Estos instrumentos son especialmente adecuados para el registro del movimiento fuerte, esto es, en los casos en los que la estación sísmica está situada próxima a la fuente del terremoto y tiene una magnitud moderada o grande. Los valores de aceleración tienen un notable interés, tanto en la caracterización sísmológica del terremoto, como en aspectos relacionados con la ingeniería como son la evaluación de los daños y del comportamiento de las estructuras, y también a posteriori en la elaboración de mapas de peligrosidad sísmica y determinación de parámetros de cálculo que habrán de considerarse en la normativa de construcción sismorresistente.

Según el mapa de peligrosidad sísmica elaborado por el IGN en 2012 y revisado en 2015 ([PGA 475 DINA1 Web Espanol.pdf \(ign.es\)](#)), el municipio de Vielha e Mijaran presenta una aceleración máxima para un periodo de retorno de 475 años de 0,14 g.

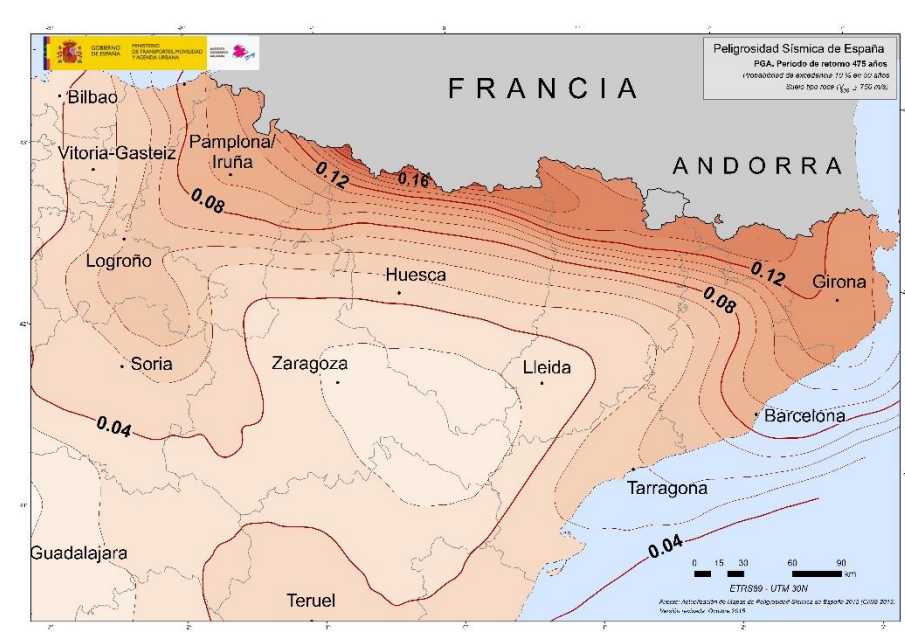


Figura 5. Mapa de peligrosidad sísmica de España; aceleración máxima del suelo para periodo de retorno de 475 años (IGN, 2015).

En relación con los datos de aceleración registrados del terremoto de Mw 4,1 del día 28 de agosto, las mayores aceleraciones observadas han sido registradas en el acelerógrafo de Vielha del IGN, situado a unos 3 km del epicentro, con una aceleración máxima de 0,283 g en la componente E-W. En la tabla 4 se muestran las aceleraciones pico (PGA) de las tres componentes direccionales en las estaciones del IGN donde ha sido registrado dicho terremoto.

Tabla 4. Aceleraciones máximas (PGA) registradas del terremoto principal del 28 de agosto 17:42:04 UTC, Mw 4,1.

Fecha	Hora	Mw	Int. EMS-98	Estación aceleración	Distancia epic.(km)	PGA (mg)		
						N-S	V	E-W
28/08/2023	17:42:04	4,1	IV-V	Vielha (LL)	2,8	113,9	132,6	282,6
28/08/2023	17:42:04	4,1	IV-V	Benasque (HU)	16,8	39,7	16,7	26,9

En la Figura 6 se muestra el registro de aceleración (en sus tres componentes E, N y Z) del terremoto Mw 4,1 en el acelerógrafo del Vielha del IGN.

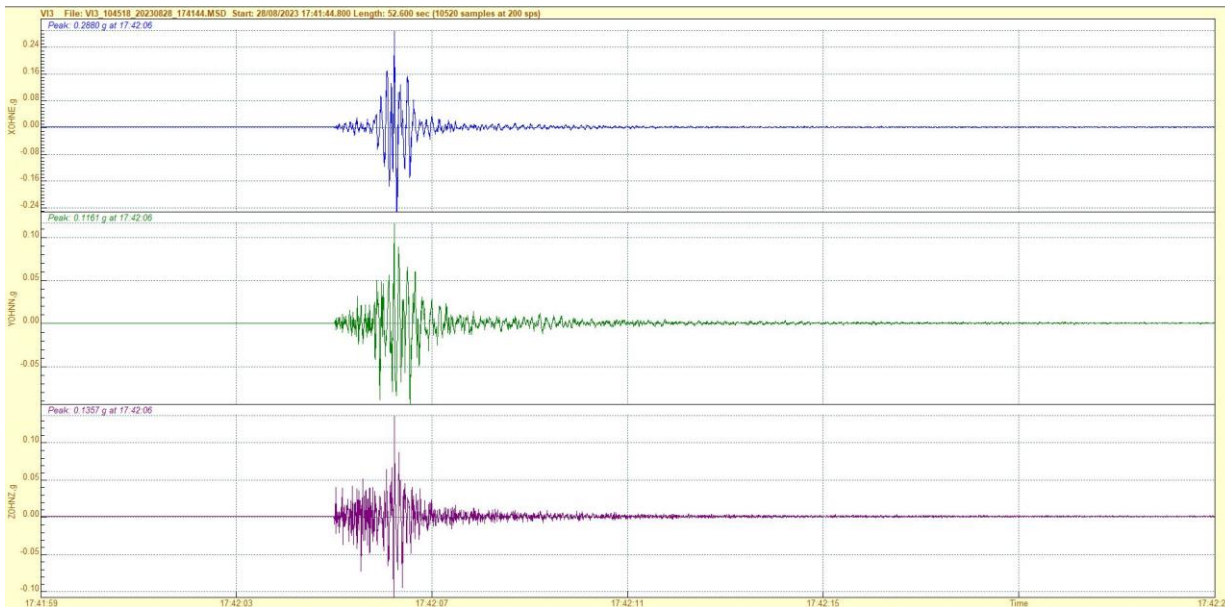


Figura 6. Acelerograma registrado en Vielha correspondiente al terremoto principal del 28 de agosto 17:42:04 UTC, Mw 4,1.

Cabe destacar el elevado valor de aceleración pico registrado en la estación de Vielha, principalmente en la componente E. No obstante, este dato sólo corresponde a un ciclo del registro y el resto del mismo decrece notablemente hasta valores similares en las otras componentes, mucho más próximos a los valores esperados de PGA para las intensidades observadas en este terremoto.

Todos los datos de aceleración de los terremotos registrados por el IGN pueden encontrarse en el catálogo de acelerogramas: <https://www.ign.es/web/ign/portal/sis-catalogo-acelerogramas>.

SHAKEMAPS O MAPAS DE SACUDIDA

Con los datos de intensidades macrosísmicas y los datos instrumentales registrados pueden elaborarse mapas que representen el movimiento del suelo en la zona epicentral y alrededores, esto es, mapas que permitan visualizar la severidad y extensión de la sacudida originada por el terremoto. Estos mapas, resultado de la interpolación de todos esos datos, son denominados *shakemaps* o mapas de sacudida.

En la *Figura 7 se muestran* los mapas de sacudida de la intensidad sísmica, aceleración horizontal máxima (PGA) y velocidad horizontal máxima (PGV) del movimiento del suelo para este terremoto. Estos mapas permitan visualizar la severidad y extensión de la sacudida originada por el terremoto y han sido

realizados a partir de los datos sísmicos observados hasta el momento (valores de intensidad de los cuestionarios macrosísmicos y valores registrados por las estaciones sísmicas de aceleración y velocidad en la zona), además de datos teóricos estimados a partir de modelos de movimiento utilizados para la región.

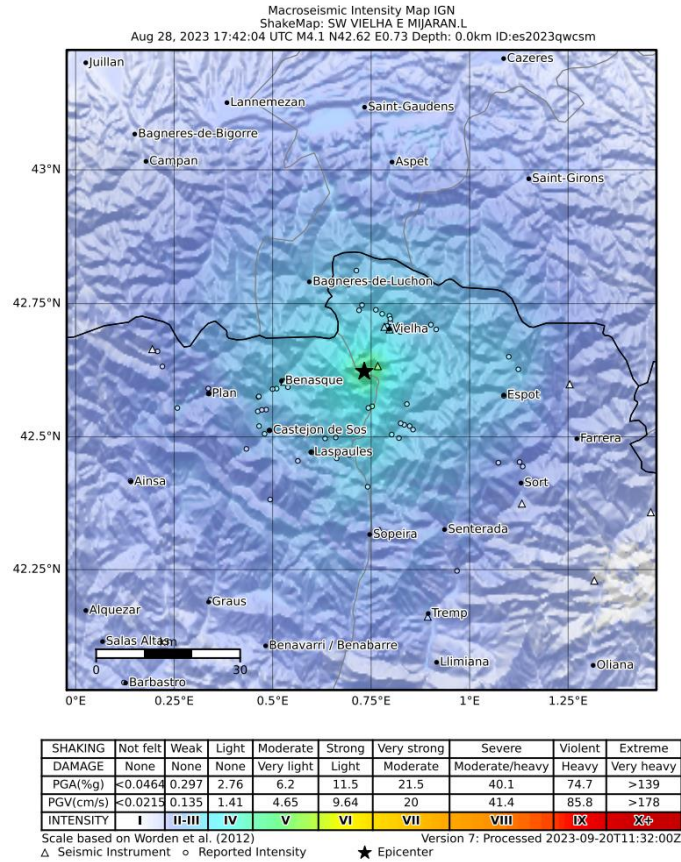


Figura 7. Shakemaps de intensidad macrosísmica, PGA y PGV del terremoto Mw 4,1 del 28/08/2023. La leyenda inferior muestra las equivalencias utilizadas entre los parámetros usados para representar el movimiento del suelo.

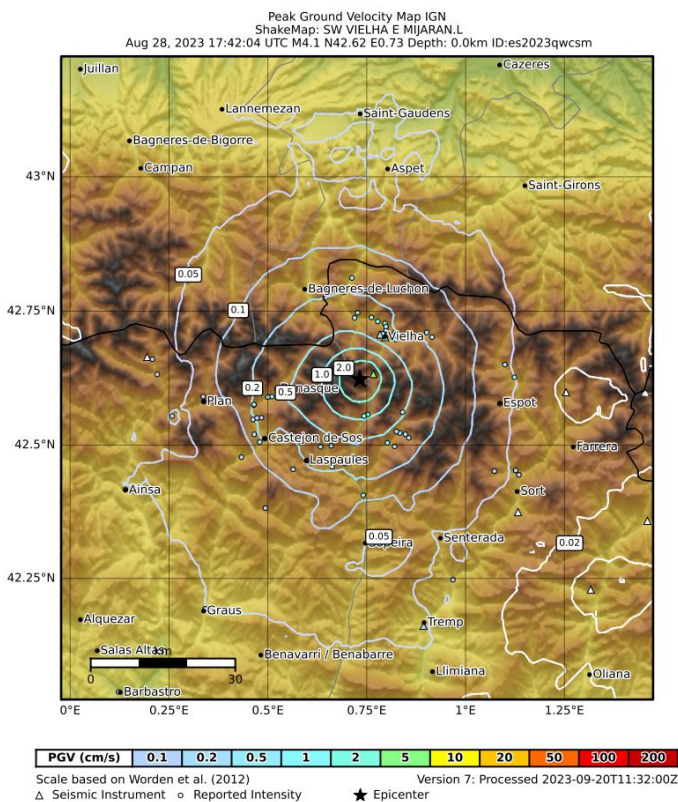
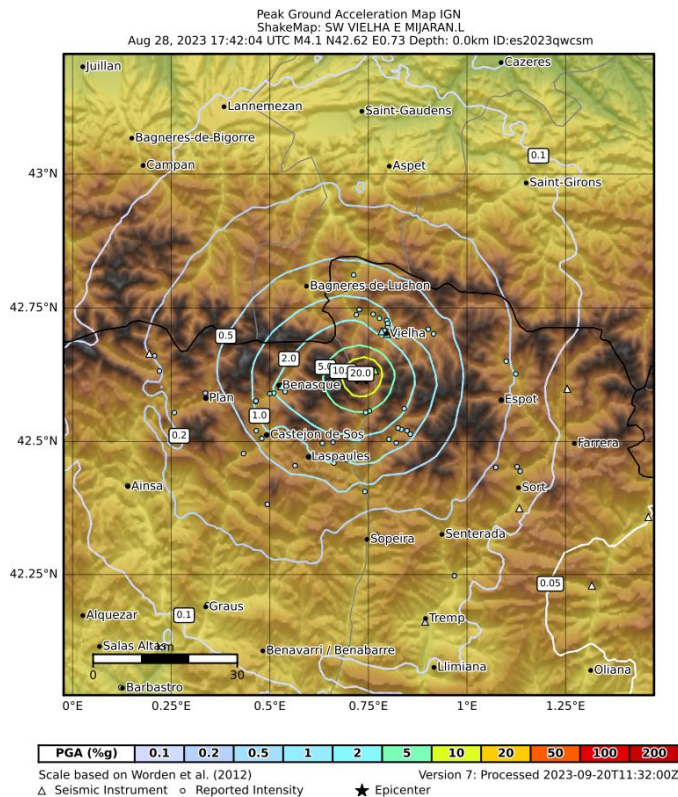


Figura 7. (continuación).

Se observa que las intensidades máximas alcanzadas en la zona más próxima al epicentro tienen valor IV-V, y en torno a Vielha, tienen valor IV, lo que indica que el terremoto fue ampliamente sentido. En cuanto a los valores de aceleración horizontal máxima del suelo (PGA) y de velocidad horizontal máxima (PGV), los valores estimados en la zona alrededor del epicentro están en torno a 20% g y 2 cm/s, respectivamente dándose incluso valores puntuales superiores, como ocurre en el caso de la estación sísmica de Vielha situada al sur de la ciudad (boca sur del túnel de Vielha) muy próxima al epicentro, donde los valores máximos observados resultaron ser una PGA de 29,16% g y una PGV de 4,34 cm/s. Mientras, los valores estimados en la ciudad de Vielha, indican valores más pequeños de PGA en el orden del 1 a 2% g y de PGV en el orden de 0.2 a 0.5 cm/s, en coherencia con las intensidades reportadas y los datos facilitados por las estaciones de aceleración del ICGC allí instaladas.

Contexto sismotectónico de la zona

Desde un punto de vista sismotectónico, esta serie sísmica se enmarcan en la región pirenaica y más concretamente en su zona centro-axial. La sismicidad en esta cadena montañosa es habitual, siendo una de las regiones con mayor actividad sísmica de la península ibérica (ver *Figura 8*).

Los Pirineos se formaron durante la época terciaria consecuencia de la orogenia alpina que resultó de la colisión entre las placas ibérica y euroasiática. El estado de esfuerzos que se generó fue de tipo compresivo de dirección predominante N-S y con componente de desgarre dando lugar a numerosas fallas inversas e importantes plegamientos que involucraron rocas plutónicas, metamórficas y sedimentarias de edades que van hasta el Paleozoico. Actualmente, los Pirineos están sometidos a un régimen de esfuerzos complejo, sin un campo de esfuerzos dominante. No obstante, los datos de Geodesia muestran una muy lenta extensión perpendicular a la cordillera, donde las principales fallas activas son de tipo normal y proceden de la reactivación e inversión de fallas de tipo inverso de la etapa orogénica.

De hecho, en el sector centro-axial donde se encuentra la zona epicentral, hay catalogadas numerosas fallas con orientación E-O a ONO-ESE, fuerte buzamiento hacia el norte y sismicidad asociada, destacando las fallas de Coronas y Rius-Cabanes y la falla de Maladeta Norte.

En concordancia con el actual régimen tectónico y los datos de desplazamientos observados por GNSS, los mecanismos focales predominantes de los sismos registrados históricamente en la región son de tipo normal con el eje de tensión perpendicular a la cordillera.

La cordillera pirenaica presenta una sismicidad moderada, fundamentalmente superficial (de profundidad <30 km). El sector noroccidental es la región sísmicamente más activa de la cordillera, destacando dos terremotos históricos con magnitud estimada en torno a 6, en 1660 en Bagnères-de-Bigorre y en 1750 en Lourdes con intensidades máximas de VIII-IX y VIII, respectivamente, y en época instrumental destacan los terremotos de 1924 en Laruns y de 1967 en Arette de magnitud M5,4 e

intensidad VIII. En el sector oriental de la cordillera, aunque con una actividad sísmica más dispersa, también destacan algunos terremotos históricos destructivos, como los de 1427 en Olot de intensidad máxima de VIII-IX y en 1428 en Queralbs de intensidad de IX-X.

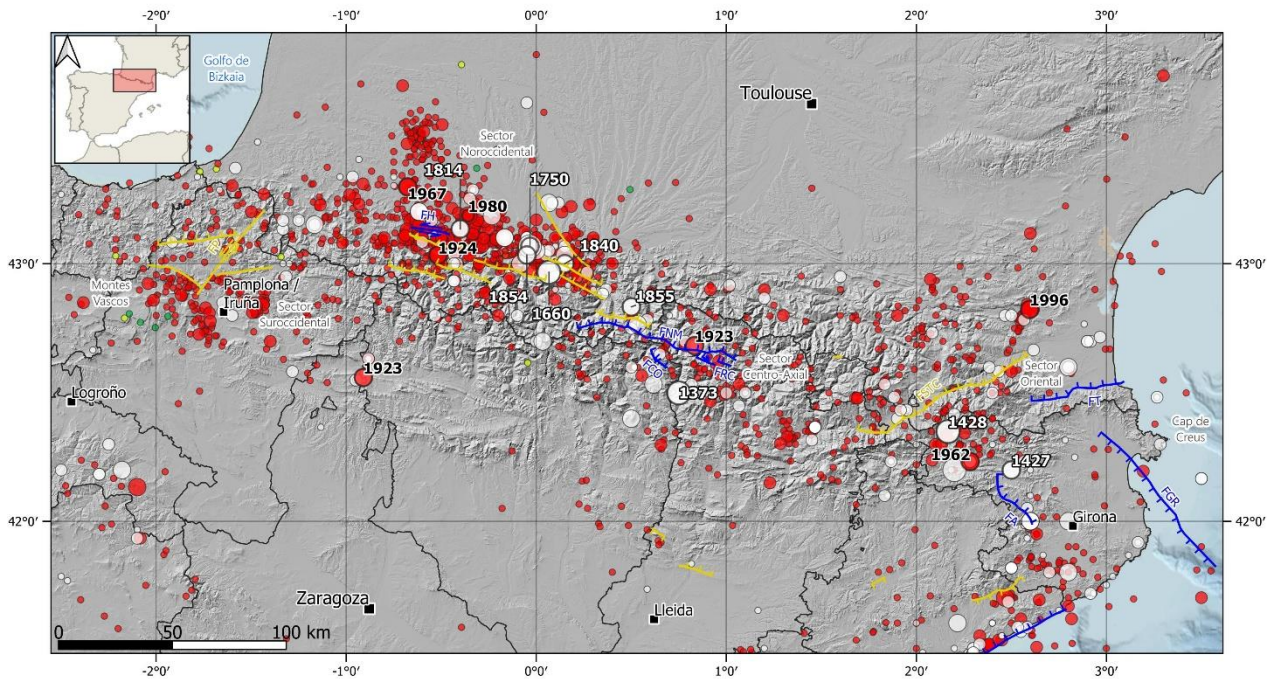


Figura 8. Sismicidad regional de la cordillera pirenaica. La información sísmica proviene de la base de datos del Instituto Geográfico Nacional. Cartografía Ráster de España del IGN CC BY 4.0 ign.es. Principales fallas activas durante el Cuaternario extraídas de la base de datos QAFI (García-Mayordomo et al., 2015; IGME, 2022). FA: falla de Amer, FCO: Falla de Coronas, FGR: falla del Golfo de Rosas, FH: falla de Herrère, FNM: falla de Norte Maladeta, FP: falla de Pamplona, FRC: falla de Rius Cabanes, FSTC: falla Sud de la Tet-Cerdanya, FT: falla de Tech.

En el entorno de los actuales epicentros, en el sector central de los Pirineos, en época histórica destaca el terremoto de 1373 en Ribagorça (Lleida) de intensidad VIII-IX y magnitud estimada M6,2. También cabe resaltar el terremoto de 1855 en Bagnères-de-Luchon de intensidad VII y magnitud estimada M5,9. En época instrumental, el mayor terremoto registrado hasta el momento ha sido el de 1923 en Vielha (Lleida) de intensidad VIII y magnitud estimada en torno a M5,6. Diversos estudios sugieren la falla de Maladeta Norte como posible fuente de este terremoto (así como también del histórico de 1373). A principios del siglo XX también destaca un terremoto sentido con intensidad VIII en Cauterets (Francia) y varios terremotos de intensidad VII en diversas localidades del Pirineo de Huesca y Lleida. Más recientemente, los mayores terremotos registrados en la zona son de magnitud inferior a 5,0, destacando varios sentidos con intensidad máxima de VII en sector francés del Pirineo central.

Los terremotos más destacados (*Intensidad* \geq VII) ocurridos desde el siglo XX hasta la actualidad en el sector central de la cordillera Pirenaica se encuentran recogidos en la *Tabla 4*.

Tabla 4. Terremotos de Intensidad \geq VII registrados en el sector central de los Pirineos (s. XX).

Fecha	Hora	Latitud	Longitud	Profundidad (Km)	Intensidad (EMS-98)	Magnitud (*)	Localización
13/07/1904	15:05:00	42,7000	0,0333	0.0	VIII	-	CAUTERETS.FRA
22/10/1907	00:00:00	42,4000	0,5000	0.0	VII	-	TORRE DE LA RIBERA.HU
07/08/1914	00:50:42	42,7667	0,5333	0.0	VII	-	BENASQUE.HU
11/08/1914	09:06:20	42,7500	0,5000	0.0	VII	-	ERISTE.HU
28/03/1915	04:33:19	42,5333	0,6167	0.0	VII	-	CASTANESA.L
19/11/1923	03:54:05	42,6833	0,8333	0.0	VII	5,3	VIELLA.L
26/12/1943	13:42:21	42,9500	0,2167	0.0	VII	4,6	HECHES.FRA
05/04/1952	00:05:22	43,0000	0,0000	0.0	VII	4,6	ARRAS.FRA
13/10/1953	09:45:42	43,0000	0,2000	0.0	VII	4,6	BAGNERES.FRA
25/11/1958	02:24:01	42,8617	0,0983	5.0	VII	4,7	S BAREGES.FRA

*Magnitud estimada a partir de las relaciones de M_w con otros parámetros de tamaño del terremoto de Cabañas et al. (2015).

Tensor Momento Sísmico y mecanismos focales

El cálculo del denominado Tensor Momento Sísmico (TMS) proporciona información del tipo de mecanismo que ha producido el terremoto en la falla responsable además de dar un valor de la magnitud momento (M_w), que nos proporciona una medida más fiable que la magnitud local.

La solución para el terremoto de M_w 4,1 del día 28 de agosto realizado por el IGN, muestra una solución de falla normal con ligera componente de desgarre dextral, orientación ONO-ESE (Plano nodal 1 (280°, 54°, -126°), (strike, dip, slip); Plano nodal 2 (151°, 49°, -51°), (strike, dip, slip)), compatible con el régimen tectónico de la zona y las fallas activas cartografiadas próximas a los epicentros.

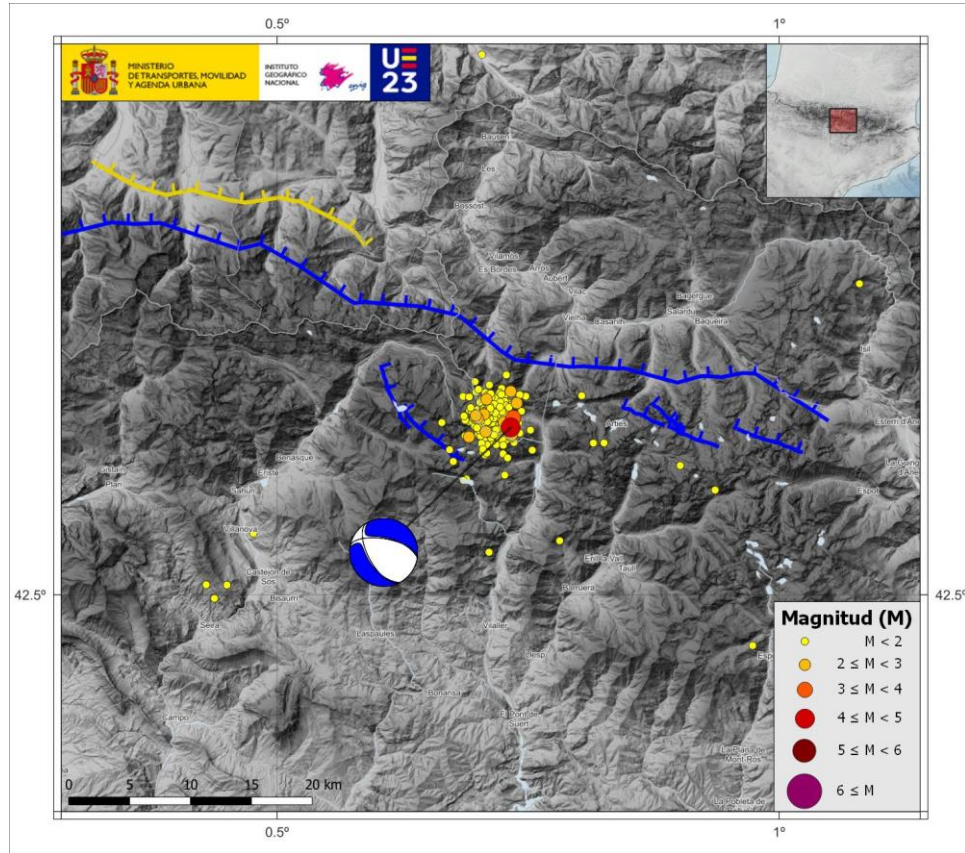


Figura 9. Mecanismo focal del terremoto principal de Mw 4,1 del 28 de agosto de 2023. En el mapa se muestra también la sismicidad localizada en la zona epicentral desde el 28/08/2023 hasta la fecha. Principales fallas activas durante el Cuaternario extraídas de la base de datos QAFI (García-Mayordomo et al., 2015; IGME, 2022). FCO: Falla de Coronas, FGR: FNM: falla de Norte Maladeta, FRC: falla de Rius Cabanes.

Los datos de los mecanismos focales de terremotos calculados en el IGN pueden consultarse en el siguiente enlace: <https://www.ign.es/web/ign/portal/tensor-momento-sismico>.

En el siguiente enlace se encuentra información sobre cómo actuar en caso de terremoto <https://www.ign.es/web/resources/sismologia/ghacer/ghacer.html>.

La información de este informe se ha realizado a partir de los datos del catálogo sísmico del IGN, Instituto Geográfico Nacional, <https://doi.org/10.7419/162.03.2022>.