

FECHA: 04/02/2019

EXPEDIENTE Nº: 10388/2018

ID TÍTULO: 4316984

**EVALUACIÓN DE LA SOLICITUD DE
VERIFICACIÓN DE PLAN DE ESTUDIOS OFICIAL**

Denominación del Título	Máster Universitario en Análisis del Riesgo Sísmico mediante Tecnologías Geoespaciales por la Universidad Politécnica de Madrid
Universidad solicitante	Universidad Politécnica de Madrid
Universidad/es participante/s	Universidad Politécnica de Madrid
Centro/s	<ul style="list-style-type: none">• Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía• Geodesia y Cartografía
Rama de Conocimiento	Ingeniería y Arquitectura

La Fundación para el Conocimiento MADRI+D, conforme a lo establecido en el artículo 25 del R.D. 1393/2007, de 29 de octubre, modificado por el R.D. 861/2010, de 2 de julio, ha procedido a evaluar el plan de estudios que conduce al Título oficial arriba citado.

Esta evaluación ha sido realizada, de forma colegiada, por la correspondiente Comisión de Evaluación formada por expertos del ámbito académico y estudiantes.

Dichas Comisiones de evaluación, de forma colegiada, han valorado el plan de estudios de acuerdo con los criterios recogidos en el Protocolo para la verificación y modificación de títulos oficiales de grado y máster de la Fundación para el Conocimiento Madrimasd.

De acuerdo con el procedimiento, se envió una propuesta de informe a la Universidad, la cual ha remitido las observaciones oportunas, en su caso. Una vez finalizado el periodo de alegaciones a dicho informe, las Comisiones de Evaluación, en nueva sesión, emite un informe de evaluación **NO FAVORABLE**, considerando que:

La Fundación para el Conocimiento Madri+d ha elaborado una Propuesta de informe con los aspectos que necesariamente deben ser modificados a fin de obtener un informe favorable.

CRITERIO 4. ACCESO Y ADMISIÓN DE ESTUDIANTES

Se especifica que los complementos formativos “podrán aplicarse”, sin embargo esto no implica obligación, sino posibilidad. Es necesario modificar dicho verbo.

Además es necesario indicar qué complementos formativos se tienen que aplicar para aquellas titulaciones que requieran el uso de los mismos. Por consiguiente, es necesario ceñir el acceso a una especificación directa de titulación y complementos formativos asociados a la misma.

Madrid, a 04/02/2019:

EL DIRECTOR DE MADRI+D



Federico Morán Abad

Alegaciones al Informe Provisional de evaluación, emitido por la comisión de Evaluación de la fundación para el conocimiento Madri+d, de la solicitud de Verificación de Plan de Estudios Oficial del Título:

Máster Universitario en Análisis del Riesgo Sísmico mediante Tecnologías Geoespaciales por la Universidad Politécnica de Madrid

FECHA: 04/02/2019

EXPEDIENTE Nº: 10388/2018

ID TÍTULO: 4316984

CRITERIO 4: ACCESO Y ADMISIÓN DE ESTUDIANTES

ASPECTOS A SUBSANAR

Se especifica que los complementos formativos “podrán aplicarse”, sin embargo esto no implica obligación, sino posibilidad. Es necesario modificar dicho verbo.

Además es necesario indicar qué complementos formativos se tienen que aplicar para aquellas titulaciones que requieran el uso de los mismos. Por consiguiente, es necesario ceñir el acceso a una especificación directa de titulación y complementos formativos asociados a la misma.

ALEGACIONES:

MODIFICACIONES REALIZADAS:

1. Se actualiza el archivo pdf del punto 4.1 para incorporar las modificaciones en el apartado 4.1.1. “Perfil de Ingreso al título”. Éstas modificaciones consisten en:
 - se elimina el acceso directo al máster de los alumnos que tengan la titulación de Geología porque hemos constatado que los alumnos procedentes de esta titulación no han adquirido todas las competencias necesarias para accesos directos al máster, debiendo cursar por ello algunos de los complementos formativos definidos en el apartado 4.6.

“Tendrán acceso directo al Máster, sin necesidad de realizar complementos formativos y con máxima prioridad, los graduados/as en:

 - *Ingeniería Geomática.*
 - *Ingeniería Geomática y Topografía.*

- ~~Geología.~~
- Ingeniería Civil.
- Ingeniería Civil y Territorial.
- Ingeniería Geológica.”

- se elimina el texto entre paréntesis en el siguiente párrafo:

“Para alumnos que posean otras titulaciones, la Comisión Académica del Programa de Máster, a tenor de la información del plan de estudios de la titulación específica de procedencia ~~(otras titulaciones de ingeniería o ciencias como: Física —itinerario Física Aplicada, Ingeniería en Tecnologías de la Información Geoespacial, Ingeniería del Medio Natural o similares)~~ y del perfil del alumno del Máster en Análisis del Riesgo Sísmico mediante Tecnologías Geoespaciales, establecerá la idoneidad (ver apartado 4.2) y la propuesta de llevar a cabo actividades de formación complementaria (ver apartado 4.6) que permitan al alumno adquirir las competencias necesarias para realizar el Máster.”

El motivo de eliminar el texto anterior es porque se ha incluido una tabla más completa en el punto 4.6 especificando las titulaciones con acceso no directo y los correspondientes complementos formativos requeridos.

2. En el apartado 4.2. “Requisitos de acceso y criterios de admisión”, se elimina el acceso directo al máster de los alumnos que tengan la titulación de Geología y también la mención a titulaciones en el paréntesis (se detallan en el apartado 4.6).

Se elimina lo subrayado en rojo:

- “La Comisión Académica del Programa de Máster valorará la formación académica y el expediente académico, especialmente las titulaciones con competencias relacionadas con las áreas de especialización del Programa del Máster.

En particular, pueden acceder directamente (sin necesidad de cursar complementos formativos) al Máster en Análisis del Riesgo Sísmico mediante Tecnologías Geoespaciales los graduados en Ingeniería Geomática, Ingeniería Geomática y Topografía, ~~Geología~~, Ingeniería Civil, Ingeniería Civil y Territorial e Ingeniería Geológica.

Para alumnos que posean otras titulaciones, la Comisión Académica del Programa de Máster, sobre la base de la información del plan de estudios de la titulación específica de procedencia ~~(otras titulaciones de ingeniería o ciencias como Física —itinerario Física Aplicada, Ingeniería en Tecnologías de la Información Geoespacial, Ingeniería del Medio Natural o titulaciones similares)~~ y del perfil del alumno del Máster en Análisis

*del Riesgo Sísmico mediante Tecnologías Geoespaciales, establecerá la idoneidad y la propuesta de llevar a cabo actividades de formación complementaria que permitan al alumno adquirir las competencias necesarias para realizar el Máster (ver **Tabla 4.1**).”*

3. En el apartado 4.6, se modifican los verbos para indicar obligatoriedad.

Se sustituye:

~~podrán aplicarse~~

Por:

se aplicarán

4. Para atender al requerimiento se modifica el apartado 4.6 completo, indicando los complementos formativos que se tienen que aplicar para aquellas titulaciones que requieran el uso de los mismos, ciñendo el acceso a una especificación directa de titulación y complementos formativos asociados a la misma.

En concreto, se especifican las titulaciones que tienen acceso no directo al máster y que requieren determinados complementos formativos. Se establecen 3 bloques de complementos de 3 ECTS cada uno y se indican los que deben cursarse para cada titulación de acceso no directo. Para mayor claridad se incluye una tabla con estas titulaciones y con los complementos requeridos en cada una.

Se sustituye:

~~“Teniendo en cuenta los estudios cursados por el alumno antes de su posible admisión, la Comisión Académica del Programa de Máster, en el momento de la aceptación en el programa, podrá requerir a cada alumno el cursar asignaturas como complementos formativos. Estas asignaturas pertenecerán a los programas de estudios oficiales de grado en Ingeniería Geomática y de grado en Ingeniería de las Tecnologías de la Información Geoespacial que se imparten en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía de la Universidad Politécnica de Madrid: (1) Geofísica; (2) Geomorfología y Climatología; (3) Sistemas de Información Geográfica; (4) Infraestructuras de Datos Espaciales; (5) Teledetección; (6) Fotogrametría y (7) Tratamiento Digital de Imágenes.~~

~~Estos complementos formativos podrán aplicarse a alumnos con titulaciones de grado distintas a las de Ingeniería Geomática, Ingeniería Geomática y Topografía, Geología, Ingeniería Civil, Ingeniería Civil y Territorial, e Ingeniería Geológica.”~~

Por:

“Teniendo en cuenta los estudios cursados por el alumno antes de su posible admisión, la Comisión Académica del Programa de Máster, en el momento de la aceptación en el programa, valorará su posible acceso directo o acceso requiriendo complementos formativos (hasta un máximo de 9 ECTS) que se aplicarán para los perfiles de alumnos que se especifican en la Tabla 4.1.

Como se indicó en el apartado 4.1.1, el acceso directo al máster se restringe a alumnos de las siguientes titulaciones (o afines): Ingeniería Geomática, Ingeniería Geomática y Topografía, Ingeniería Civil., Ingeniería Civil y Territorial e Ingeniería Geológica. Los alumnos de las titulaciones que figuran en la Tabla 4.1 tendrán acceso al máster siempre que cursen y superen los complementos formativos que se especifican también en la tabla, que se organizan en 3 bloques de 3 ECTS cada uno, hasta un máximo de 9 ECTS. Estos complementos corresponden a fundamentos de materias necesarias para cursar el máster, que los alumnos de acceso directo ya han adquirido en las titulaciones de grado. Con ello, los alumnos que cursen y superen estos complementos adquirirán las competencias necesarias para cursar el máster.

En cada bloque se impartirán contenidos de las correspondientes materias que serán ampliados después en diferentes asignaturas del máster. Las materias en las que se cursarán complementos se agruparán de la siguiente forma:

(G). Complementos de Geofísica (3 ECTS). Se impartirán fundamentos de Geofísica, esencialmente de sismología, introduciendo conceptos y contenidos para poder seguir la materia de Geofísica del máster con el nivel requerido.

(T) . Complementos de Teledetección (3 ECTS). Se impartirán fundamentos de teledetección y tratamiento de imágenes que serán ampliados después en el máster dentro de la materia de Tecnologías de la Información Geoespacial.

(S). Complementos de SIG e IDE (3 ECTS). Se impartirán fundamentos de Sistemas de Información Geográfica e Infraestructura de Datos Geoespaciales, que también serán ampliados en la correspondiente asignatura de la materia de Tecnologías de la Información Geoespacial.

Los alumnos que procedan de titulaciones con acceso no directo al máster, tendrán que cursar uno, dos o los tres bloques de complementos, dependiendo de su procedencia y con ello de la formación previamente adquirida. El número de ECTS requerido de estos complementos varía así entre 3 y 9 para alumnos de acceso no directo. Tras cursar y superar estos complementos todos los alumnos del máster tendrán los conocimientos mínimos necesarios de todas las materias para continuar con el nivel de especialización que se impartirá en el máster.

Los complementos se impartirán de forma intensiva antes de comenzar las asignaturas del máster en las que amplíen las correspondientes materias.

La tabla 4.1 recoge los complementos formativos requeridos para las titulaciones de grado con acceso al máster (y por extensión a titulaciones afines) por área de conocimiento.

ÁREA DE CONOCIMIENTO	TITULACIÓN	COMPLEMENTOS
24. Área de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio	Grado en Geografía y Ordenación del Territorio	G,T
35. Área de Ciencias Ambientales	Grado en Ciencias Ambientales	G,T
37. Área de Física	Grado en Física	G,T,S
38. Área de Geología	Grado en Geología	T,S
56. Área de Arquitectura	Grado en Arquitectura	G,T
	Grado en Edificación	G,T,S
58. Área de Geomática	Grado en Ingeniería de las Tecnologías de la Información Geoespacial	G
60. Área de Ingeniería Agrícola / Alimentaria / Forestal	Grado en Ingeniería Forestal	G
	Grado en Ingeniería del Medio Natural	G
61. Área de Ingeniería Ambiental y Química	Grado en Ingeniería Ambiental	G,T,S
66. Área de Ingeniería de la Energía	Grado en Ingeniería de la Energía	T,S
	Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos, Combustibles y Explosivos	T,S
	Grado en Ingeniería en Tecnología Minera	T,S

Tabla 4.1 Complementos formativos para titulaciones (y afines) con acceso al máster por áreas de conocimiento. G: Complementos en Geofísica; T: Complementos en Teledetección; S: Complementos en SIG e IDE.”

2 JUSTIFICACIÓN

2.1. Justificación del título propuesto, argumento del interés académico, científico o profesional del mismo

El Máster en Análisis del Riesgo Sísmico mediante Tecnologías Geoespaciales tiene carácter académico/investigador. Este máster responde a una necesidad social de formar especialistas en materia de riesgo sísmico debido al gran impacto que suponen los terremotos en las poblaciones afectadas, que es creciente y que solo puede reducirse conociendo el riesgo asociado y adoptando medidas de mitigación. Así lo reconocen diferentes marcos normativos, a nivel mundial o nacional, que establecen políticas destinadas a evaluar la amenaza y el riesgo sísmico en la correspondiente escala y elaborar planes de emergencia, además de adoptar otras medidas preventivas. Este tema también es abordado desde la óptica de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y marca una línea en la Agenda 2030. Sin embargo, no existen muchos especialistas capaces de abordar el cálculo integral del riesgo sísmico, que requiere un enfoque multidisciplinar en el que los analistas de datos y expertos en tecnologías geoespaciales (TG) tienen un papel preponderante y muy demandado en los últimos años. Por tanto, se detecta una evidente necesidad de formación en la temática. Existen otros másteres a nivel mundial que abordan temas de gestión de desastres naturales, análisis de riesgos relacionados con el cambio climático, etc., ***pero no existe ninguno específico para análisis de riesgo sísmico empleando tecnologías geoespaciales***, por lo que se detecta un déficit al respecto.

El máster que se propone cubriría un hueco en el mapa de másteres enfocados a riesgos naturales y sería complementario con ellos. De las referencias externas que se han incluido en esta justificación, son pocas las que consideran explícitamente el uso de tecnologías geoespaciales para el análisis de riesgos o de fenómenos asociados con la Geología. Además, ninguna de ellas es específica de riesgo sísmico ni se imparte en lengua castellana.

En este campo de investigación y docencia, son muchos los científicos y profesionales que han manifestado la necesidad de unir los campos de la gestión de riesgos y la gestión de datos espacio-temporales. El primero no puede desarrollarse sin el segundo, y de ahí la necesidad de abordar ambos conjuntamente. Profesionales como ingenieros civiles, arquitectos, geofísicos, sismólogos o geólogos piden la incorporación en sus equipos de trabajo de gestores de información geográfica y analistas de datos espaciales y temporales para poder abordar sus proyectos. Esta idea ha sido expresada por investigadores de todo el mundo a lo largo de la última década. Por citar algunas referencias en Europa, colegas del Centro Aeroespacial Alemán (DLR) y del Centro de Investigación en Geo-ciencias (GFZ) de Potsdam trabajan en esta línea haciendo contribuciones muy relevantes: Wieland et al

2012¹, Geiss et al., 2015², Pittore et al., 2017³. De igual manera lo han hecho otros investigadores de la Universidad de Nápoles Federico II (Ricci et al., 2011⁴), del Instituto Nacional de Geofísica y Vulcanología de Italia (Costanzo et al., 2016⁵) y del Joint Research Centre, en Ispra (Corbane et al., 2011⁶). En Asia, donde existe una larga tradición en el estudio de los terremotos, se trabaja conjuntamente en ambos campos con contribuciones de investigadores de la Universidad de Pekin (Wang y Li, 2015⁷), de la Universidad Politécnica de Hong-Kong (Wu et al., 2014⁸) o la Universidad de Tohoku (Mas et al., 2012⁹). En América, una de las regiones que más recursos invierte en el análisis del riesgo sísmico y la prevención, los investigadores también apuestan por el uso de las tecnologías geoespaciales en sus estudios de riesgo sísmico, como demuestran colegas del Rochester Institute of Technology (JAN Van Aardt et al., 2011¹⁰), de la Universidad Tecnológica de Michigan (Oomen et al., 2013¹¹) o del Servicio Geológico de Estados Unidos, USGS (Duda y Jones, 2011¹²).

No es fácil encontrar evidencias tan claras de esta necesidad de colaboración de profesionales de ambas ramas antes del 2010. Sin embargo, en los últimos años esa demanda ha crecido y se manifiesta abiertamente en el ámbito profesional y en la comunidad científica. Hay que citar, entre otros, al programa COPERNICUS de la Unión Europea y la Agencia Espacial europea (ESA), donde se elaboran productos derivados del análisis de datos tomados con tecnologías geoespaciales. En el 7º Foro de usuarios de COPERNICUS celebrado el pasado 10 de diciembre de 2018, a la que fueron invitados expresamente profesores de la ETSI en Topografía, Geodesia y Cartografía, **se puso de manifiesto la necesidad de formar profesionales en el uso de las tecnologías geoespaciales aplicadas a la gestión del riesgo y del desastre**. Se dijo que España era el 3º país con más usuarios de imágenes de satélite de Sentinel, y el 5º máximo contribuyente al programa COPERNICUS. Asimismo, se dijo que el programa está en fase de crecimiento y se va a

¹ Wieland, M., Pittore, M., Parolai, S., Zschau, J., Moldobekov, B., Begaliev, U. (2012). Estimating building inventory for rapid seismic vulnerability assessment: Towards an integrated approach based on multi-source imaging. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 36, 70-83.

² Geiss, C., Pelizari, P. A., Marconcini, M., Sengara, W., Edwards, M., Lakes, T., & Taubenböck, H. (2015). Estimation of seismic building structural types using multi-sensor remote sensing and machine learning techniques. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 104, 175-188.

³ Pittore, M., Wieland, M. & Fleming, K. 2017. Perspectives on global dynamic exposure modelling for geo-risk assessment. *Nat Hazards* 86: 7. Doi: 10.1007/s11069-016-2437-3

⁴ Ricci, P., Verderame, G. M., Manfredi, G., Pollino, M., Borfecchia, F., De Cecco, L., Martini, S., Pascale, C., Ristorante, E., James, V. (2011). Seismic vulnerability assessment using field survey and remote sensing techniques. In *International Conference on Computational Science and Its Applications* (pp. 109-124). Springer, Berlin, Heidelberg.

⁵ Costanzo, A.; Montuori, A.; Silva, J.P.; Silvestri, M.; Musacchio, M.; Doumaz, F.; Stramondo, S.; Buongiorno, M.F. The Combined Use of Airborne Remote Sensing Techniques within a GIS Environment for the Seismic Vulnerability Assessment of Urban Areas: An Operational Application. *Remote Sens.* 2016, 8, 146.

⁶ Corbane, C., Saito, K., Dell’Oro, L., Bjorgo, E., Gill, S. P., Emmanuel Piard, B., ... & Shankar, R. (2011). A comprehensive analysis of building damage in the 12 January 2010 MW7 Haiti earthquake using high-resolution satellite and aerial imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 77(10), 997-1009.

⁷ Wang, X., & Li, P. (2015). Extraction of earthquake-induced collapsed buildings using very high-resolution imagery and airborne lidar data. *International Journal of Remote Sensing*, 36(8), 2163-2183.

⁸ Wu, H., Cheng, Z., Shi, W., Miao, Z., & Xu, C. (2014). An object-based image analysis for building seismic vulnerability assessment using high-resolution remote sensing imagery. *Natural hazards*, 71(1), 151-174.

⁹ Mas, E., Koshimura, S., Suppasri, A., Matsuoka, M., Matsuyama, M., Yoshii, T., Jimenez, C., Yamazaki, F., and Imamura, F.: Developing Tsunami fragility curves using remote sensing and survey data of the 2010 Chilean Tsunami in Dichato, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 2689-2697, <https://doi.org/10.5194/nhess-12-2689-2012>, 2012.

¹⁰ Van Aardt, J. A., McKeown, D., Faulring, J., Raqueño, N., Casterline, M., Renschler, C., ... & Antalovich Jr, J. (2011). Geospatial disaster response during the Haiti earthquake: A case study spanning airborne deployment, data collection, transfer, processing, and dissemination. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 77(9), 943-952.

¹¹ Oommen, T., Baise, L. G., Gens, R., Prakash, A., & Gupta, R. P. (2013). Documenting earthquake-induced liquefaction using satellite remote sensing image transformations. *Environmental & Engineering Geoscience*, 19(4), 303-318.

¹² Duda, K. A., & Jones, B. K. (2011). USGS remote sensing coordination for the 2010 Haiti earthquake. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 77(9), 899-907.

hacer especial énfasis en la coordinación de la observación por satélite con la observación en tierra para calibración y verificación. Prueba de esta intención por parte de la UE de hacer crecer COPERNICUS es la dotación presupuestaria para el próximo año 2019, que alcanza un total de 900M€.

El conocimiento de la peligrosidad y el riesgo en una cierta zona es esencial para adoptar medidas de diseño sismorresistente y planes de emergencia, que son hoy por hoy las medidas más eficaces y reconocidas para evitar el desastre ante terremotos futuros. Dicho conocimiento requiere estudios de carácter multidisciplinar, involucrando materias como geología, geofísica, ingeniería, arquitectura y tecnologías geoespaciales., y este tipo de estudios no se aborda de forma integral en ninguna titulación de grado. El máster que se propone se orienta a esta formación integral. Tratamos así de abordar un problema crucial, tanto a nivel mundial como nacional, para el que hace falta técnicos cualificados y hacia el que actualmente no hay apenas másteres orientados, cubriendo así una laguna detectada al respecto.

A nivel internacional, la necesidad de desarrollar medidas preventivas y de mitigación del riesgo sísmico es reconocida en el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, que auspiciado por Naciones Unidas y refrendado por la gran mayoría de países del mundo, marca como ejes prioritarios el comprender el riesgo de desastres; invertir en la reducción de riesgo de desastres para una mayor resiliencia; aumentar la preparación frente a desastres para responder mejor a ellos y para una mejor recuperación, rehabilitación y reconstrucción.

Asimismo, la temática del máster está alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible aprobada en septiembre de 2015 por 193 estados miembros de la ONU, incluida España y es línea prioritaria de H2020. En particular, la temática está estrechamente relacionada con el **ODS 11** referido a ciudades y comunidades sostenibles, específicamente, con estas **metas**:

- **11.5**, que establece la necesidad de reducir significativamente el número de muertes causadas por los **desastres** y de personas afectadas por ellos, y reducir considerablemente las pérdidas económicas directas provocadas por los desastres.
- **11.b** que busca, de aquí a 2020, aumentar considerablemente el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan e implementan políticas y planes integrados para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la mitigación del cambio climático y la adaptación a él y la **resiliencia ante los desastres**, y desarrollar y poner en práctica, en consonancia con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, la **gestión integral de los riesgos de desastre a todos los niveles**.

Por otra parte, la mayor parte de los países en zonas sísmicas disponen de sus propias normativas sismorresistentes o códigos sísmicos, que generalmente son leyes reguladoras donde se establecen las prescripciones de diseño antisísmico, en función de la peligrosidad o movimiento esperado por sismos futuros en distintas partes del territorio. Concretamente en España está vigente la Norma de la Construcción Sismorresistente Española NCSE-02 que es ley de obligado cumplimiento y que próximamente será relevada por el Anexo Nacional del Eurocode 8. Por su parte, la Directriz Básica de Protección Civil ante el riesgo sísmico fue

aprobada por Real Decreto el 5 de Mayo de 1995 (BOE 25 de mayo de 1995), estableciendo tres niveles de actuación ante el fenómeno sísmico: Estatal, Autonómico y Municipal. En el momento actual se han completado y homologado los planes de emergencia a nivel municipal de todas las Comunidades Autónomas establecidas por la Directriz a nivel nacional. En esos planes Autonómicos se han establecido los municipios que tienen obligación de desarrollar los planes municipales, que son todos los de Andalucía y Murcia, 332 de Valencia, 2 de Extremadura, 5 de Castilla-La Mancha, 59 de Aragón, 441 de Cataluña, 4 de Galicia y 6 de las Islas Baleares. Hay por tanto un total de 1672 municipios españoles que están obligados a desarrollar el plan de emergencias ante el riesgo sísmico a escala municipal, lo que requiere el desarrollo de los correspondientes estudios de riesgo sísmico cuyos resultados sustentarán los mencionados planes.

Lo anteriormente expuesto pone de manifiesto que el análisis integral del riesgo sísmico será una pieza fundamental para cumplir con los desafíos propuestos en los ODS, que requerirán soluciones de ingeniería y arquitectura a fin de fortalecer la resiliencia de las infraestructuras urbanas, lo que constituye un factor central en la determinación de la calidad de vida de una población urbana en rápido crecimiento. Esto pone de relieve la necesidad internacional de incrementar las capacidades y conocimientos específicos en materia de riesgo sísmico, a través del compromiso directo de las generaciones jóvenes. El máster que se propone busca contribuir a estos desafíos teniendo en cuenta la importancia de incluir los principios subyacentes del desarrollo sostenible en el corazón de la educación de profesionales de las ciencias, ingeniería y la arquitectura.

Asimismo, existe una demanda de esta formación específica por parte de distintos sectores de la economía española como el de la construcción, la minería, las agencias de protección civil, la administración pública y, en particular, por parte de empresas de seguros. El riesgo sísmico es uno de los riesgos más importantes y complejos para asegurar. La elaboración de un plan de cobertura o seguro frente a terremotos requiere de buenos modelos. Por tanto, la interdependencia entre el análisis del riesgo sísmico y el seguro, junto con la disponibilidad de nuevas tecnologías e información, lleva a un aumento de la integración entre ambas actividades que tiene el potencial de incrementar significativamente la efectividad de ambas herramientas en la gestión de grandes desastres.

2.2. Referentes externos a la universidad proponente que avalen la adecuación de la propuesta a criterios nacionales o internacionales para títulos de similares características académicas

Tanto a nivel nacional como internacional se tiene conocimiento de algunos másteres y especializaciones con características académicas relacionadas con la presente propuesta, si bien son complementarios ya que están orientados a la gestión de desastres o a riesgos naturales, pero no específicamente al análisis del riesgo sísmico. En la Tabla 2.2 y 2.3 se enumeran estas titulaciones que dan cuenta de la demanda potencial de una formación específica en temas de riesgos.

A nivel internacional, tanto dentro como fuera del ámbito europeo, encontramos varias titulaciones de calidad e interés contrastado dentro del área de la Ingeniería, la Geología y la Geografía que, en algunos casos, abordan temáticas afines (riesgos geológicos y ambientales) y solo en un caso concreto tratan el tema específico del riesgo sísmico, orientado hacia su reducción. Además, varios de estos programas cuentan con enfoques cercanos al del máster propuesto pues están basados en una sólida formación científico-tecnológica de tipo transversal y especialmente, en el conocimiento de TIGs. Entre ellos pueden destacarse los siguientes:

- El Programa de Posgrado en Reducción del Riesgo Sísmico de la Universidad Boğaziçi (Turquía) que ofrece una amplia gama de temas que van desde la física de terremotos hasta las estrategias de mitigación de daños por terremotos dirigido a quienes necesitan especializarse en terremotos y riesgo sísmico debido a sus ocupaciones profesionales (en el sector de seguros, ministerios o departamentos para la gestión de desastres, ingenieros y arquitectos en municipios, equipos de rescate frente a terremotos, etc.).
- El Máster en Riesgos Geológicos y Ambientales de Universidad de Portsmouth (Inglaterra) que prepara para la identificación de riesgos, la evaluación de terreno, el desarrollo de modelos de riesgos y la utilización de técnicas de evaluación de riesgos, como el análisis espacial y la interpretación de fotografías aéreas, así como el mapeo utilizando GIS, GPS y tecnologías de detección remota. Este máster cuenta con la acreditación de la Geological Society of London desde el 2011.
- El Máster en Ciencias de la Geo-información y Observación de la Tierra de la Universidad de Twente (Países Bajos) que ofrece conocimientos y herramientas para trabajar con información espacial en distintos campos de aplicación. Para ello, integra dos campos importantes para la geo-información y la observación de la tierra: la teledetección (RS) y los sistemas de información geográfica (GIS). Este programa fue galardonado con el Certificado ECA de Calidad en la Internacionalización del Programa por la Organización de Acreditación independiente de los Países Bajos y Flandes (NVAO), con la internacionalización como "característica distintiva de calidad".
- El Máster en Riesgos Geofísicos de la University College de Londres que proporciona una introducción al espectro y el impacto de los riesgos geofísicos, y se enfoca en modelos cuantitativos para la predicción y evaluación de riesgos.
- El Máster en Geotécnicas y Georiesgos de la Universidad de Noruega que tiene como objetivo proporcionar información técnica y científica sobre los fenómenos relacionados con los georiesgos, centrándose en las propiedades del suelo y los materiales geotécnicos, la exploración de campo, las pruebas de laboratorio, las simulaciones por computadora, las evaluaciones de riesgo y las habilidades prácticas de diseño necesarias para las soluciones de ingeniería para georiesgos. El programa incluye un curso sobre Geomática aplicada.

Sin embargo, no se tiene constancia de titulaciones que se adecúen exactamente a la presente propuesta, ni en universidades españolas ni extranjeras, pues ninguna contempla explícitamente el uso de tecnologías geoespaciales para el análisis del riesgo sísmico ni se

imparte en lengua castellana.

TITULACIÓN	UNIVERSIDAD
Máster en Planificación y Gestión de Riesgos Naturales (Título Oficial)	Universidad de Alicante
Máster Universitario en Riesgos Naturales (Título Oficial)	Universidad de León
Máster Internacional en Ingeniería Sísmica (Título Propio)	Universidad Politécnica de Cartagena
Máster universitario en Gestión de Desastres	Universidad Complutense de Madrid

Tabla 2.2. Referentes Nacionales de titulaciones relacionadas

TITULACIÓN	UNIVERSIDAD
Maestría en Ciencias de la Tierra y Gestión del Riesgo	Escuela Politécnica Nacional (Ecuador)
Civil Engineering for Mitigation of Risk from Natural Hazards	Universidad de Pavía (Italia)
Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Mención Ingeniería Estructural sísmica y Geotécnica	Universidad de Chile
Geological and Environmental Hazards Msc	Universidad de Portsmouth, Inglaterra
Geoinformation Science and Earth Observation	Universidad de Twente, Países Bajos
Graduate program in earthquake risk reduction	Universidad Boğaziçi, Turquía
Geophysical Hazards MSc	University College London, Inglaterra
Natural Hazards and Risks in Structural Engineering (Master of Science)	Bauhaus-Universität Weimar
Risk, Disaster and Resilience MSc	University College London, Inglaterra
Natural hazards and disaster risk reduction Specialization	Universidad de Twente, Países Bajos
Master of Natural Hazards and Disasters	Australian National University

Environmental Earth Science	James Cook University, Australia
Master in Geotechnics and Geohazards	Norwegian University of Science and Technology
Máster en Ingeniería civil	Universidad Politécnica de Turín
Earthquake Engineering with Disaster Management MSc	University College London
Master of Science in Engineering for Natural Risk Management	University of Genoa
Master of Planning and Management of Natural Hazards	University of New England
Gestion des catastrophes et des risques naturels	Université Paul-Valéry Montpellier
MSc Hazard and Disaster Management	University of South Wales
Hazards and Disaster Management Masters (MSc)	Kingston University London
Remote Sensing for Disaster Management	Tokyo Institute of Technology

Tabla 2.3. Referentes en otros países de titulaciones relacionadas

El master que se propone: necesidad y oportunidad

El elevado riesgo sísmico existente en países como los del Cinturón de Fuego del Pacífico da lugar a una fuerte demanda de estudios a nivel de máster y doctorado para su análisis y propuesta de medidas de mitigación. Por ello, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ha creado un programa de financiación de estudios de riesgos naturales, entre otros el sísmico, dirigidos al desarrollo sostenible de ciudades de Latinoamérica (LAT). Dentro de este ámbito, un grupo de profesores de la ETSITGC, junto con profesores de la Facultad de Ciencias Geológicas de la UCM han configurado un grupo de trabajo muy activo, en materia de riesgo sísmico, habiendo desarrollado hasta el momento diez estudios sobre la citada temática en ciudades LAT y numerosos proyectos de investigación del Plan Nacional y otros. Además, se han dirigido tres tesis doctorales y más de 10 TFM de alumnos de LAT, que han adquirido este grado de formación entre ambas universidades.

En España, aunque el nivel de sismicidad es menor que en LAT, no estamos exentos de riesgo sísmico significativo en gran parte de nuestra geografía, especialmente en las regiones del Sur y Levante. De hecho, como se indicó anteriormente, la Directriz Básica de Protección Civil ha obligado a desarrollar planes de emergencia ante el riesgo sísmico a escala regional en casi todas las Comunidades Autónomas, y ahora son obligatorios los planes a escala local en gran parte de los municipios de Andalucía, Comunidad Valenciana, Murcia y algunos de Cataluña. Una buena parte de los estudios que sustentan estos planes han sido

desarrollados por el profesorado que se propondría para este máster (ver más abajo).

A pesar de la demanda existente, no hay muchos técnicos especializados en la temática, ni en España ni en Latinoamérica. El grupo de trabajo referido es de los pocos grupos en lengua hispana que abordan de forma integral el análisis del riesgo sísmico, que requiere a su vez un enfoque multidisciplinar involucrando materias como la geología, sismología, vulnerabilidad sísmica y técnicas geoespaciales, para llegar a la cuantificación del daño esperado por sismos futuros. Por ello el grupo se ha consolidado como un referente en España y en Latinoamérica, teniendo así la oportunidad de ofrecer formación de alto nivel que responda a la demanda existente ante la falta de técnicos especializados en un tema de gran preocupación social.

Hay que añadir que la falta de formación a nivel máster y la ausencia de programas de doctorado locales en LAT, contrasta con el impulso que se está dando a la formación a estos niveles en gran parte de sus países. Por ello son muchos los estudiantes que actualmente cursan esos estudios en universidades extranjeras, mostrando una buena parte de los mismos su preferencia por universidades españolas, y en concreto por la UPM. El máster que se propone permitiría la formación a este nivel en una temática altamente necesaria y demandada en LAT, por lo que es de esperar buena acogida entre el alumnado de esos países. Hay también una fuerte demanda de formación por parte de las empresas españolas que trabajan en Latinoamérica. En definitiva, hay una ausencia en la actualidad de másteres similares en lengua hispana y escasez en otras lenguas, por lo que el máster propuesto cubriría una laguna existente y no competiría con otros másteres.

La mayor parte del profesorado pertenece a la ETSITGC, por lo que el máster supondría una oportunidad para reforzar la docencia de la Escuela y una fuente potencial de nuevos doctorados y de proyectos de investigación y cooperación con países LAT. El máster además reforzaría el liderazgo de la UPM en materia de riesgo sísmico en Centroamérica con posible extensión a otros países de Latinoamérica.

Para responder a la demanda existente el máster se estructuraría en una serie de materias que cubren la cadena integral de cálculo del riesgo sísmico, desde la geología de la fuente hasta la estimación de pérdidas por terremotos futuros. Con ello se pretende dar formación con alto grado de especialización en cada una de las componentes del riesgo sísmico, así como en la interpretación de resultados destinadas a elaboración de planes de emergencia, toma de decisiones, identificación de medidas preventivas, etc. No obstante, la formación se centraría en el análisis del riesgo, donde se detecta una carencia de titulaciones específicas, a diferencia de la gestión del riesgo que sí es abordada en otros másteres complementarios. Precisamente en el análisis del riesgo las tecnologías geoespaciales son herramientas de gran importancia y utilidad y la formación en estas tecnologías se imparte con alto grado de especialización en los grados existentes en la ETSITGC. Una vez adquiridos esos conocimientos el máster se centrará esencialmente en abordar conceptualmente cada bloque temático implicado en el riesgo sísmico, así como en conocer las técnicas y metodologías para su cuantificación y caracterización, lo que supondrá una formación multidisciplinar, teniendo en cuenta la propia definición del riesgo sísmico (Ver apartado 2.1.1.)

Los titulados del máster estarán capacitados para desarrollar estudios completos del riesgo sísmico a cualquier escala y en cualquier zona geográfica, entendiendo los conceptos y procesos implicados y sabiendo desarrollar aplicaciones que lleven a generar mapas de pérdidas esperadas por sismos futuros. Estos aportarán información básica para toma de decisiones, por parte de las autoridades competentes. El máster en si dará la formación técnica y científica necesaria para abordar el análisis del riesgo, cuyos resultados conectarán después con la parte de gestión. Por todo lo anteriormente expuesto, la UPM y de forma particular la ETSITGC apuestan decididamente por la implantación de este máster de carácter académico/investigador.

2.3. Otros, con la justificación de su calidad o interés académico.

Se toma como referencia, como otra prueba de la demanda existente del máster propuesto, algunos estudios y proyectos desarrollados en los últimos 10 años, por los profesores de la ETSITGC y de la Facultad de Ciencias Geológicas que participarían en el máster, cuyo objetivo principal es la determinación y análisis del riesgo sísmico de ámbito nacional e internacional:

- Coordinación del estudio de amenaza sísmica regional de Centroamérica financiado por la Agencia de Cooperación Noruega (Proyecto RESIS II, 2009)
- Estudio de Peligrosidad Sísmica para la revisión de la Norma Sismorresistente española (Proyecto OPPEL), realizado mediante Convenio UPM-IGN, 2012.
- Riesgo sísmico en 4 Comunidades Autónomas (CCAA) españolas, para los planes de emergencia homologados por Protección Civil: SISMIMUR (Murcia), SISMOSAN (Andalucía), RISNA (Navarra), SISMICAM (Castilla La Mancha). Realizados mediante convenios entre la UPM y Protección Civil en cada una de las CCAA entre los años 2006 y 2017.
- Caracterización sísmica del emplazamiento del Almacén Temporal Centralizado (ATC) de Villar de Cañas, desarrollado por convenio UPM y ENRESA, 2013.
- Zonificación sismotectónica de la región de radio mínimo 320 km alrededor del ATC de Villar de Cañas. Convenio UCM y ByA, 2013.
- Estudio de Riesgo sísmico en ciudades LAT financiados por el BIB, durante 2016, 2017 y 2018.
- Evaluación de la peligrosidad en el emplazamiento candidato a albergar la instalación del proyecto IFMIF-DONES en España (liderado por CIEMAT), situado en el municipio de Escúzar (Granada). Convenio UPM y Empresarios Agrupados, 2018.
- Estudio geológico de las fuentes sismogénicas en el entorno local y regional del centro de almacenamiento de El Cabril para la actualización de la peligrosidad sísmica. Convenio UCM y ByA, 2017.

- Evaluación del riesgo sísmico a escala urbana en el municipio de Murcia, que se desarrolla mediante convenio entre la UPM y U Almería, 2018-2019.

Como otros aspectos a considerar en cuanto al interés de la titulación a impartir que avalan su calidad e interés académico, cabe destacar:

- La inexistencia de una titulación similar en ninguna universidad pública de Madrid.
- La cada vez mayor demanda de profesionales relacionados con el campo del riesgo sísmico especialmente en países de Latinoamérica y Asia
- En un mundo cada vez más global donde existen muchos países emergentes, cada vez son necesarios ingenieros que hagan frente a las demandas indicadas, de una forma especial en los países latinoamericanos, con los cuales nos unen históricamente unos estrechos lazo de colaboración tanto académica como social.
- La experiencia del profesorado en la temática del máster, adquirida en proyectos nacionales e internacionales indicados anteriormente, permite un enfoque práctico y realista de las materias involucradas.
- Los datos generados en los proyectos desarrollados previamente constituyen una información de gran valor para generar material didáctico.
- Se dispone de software y hardware para abordar todas las fases del cálculo del riesgo sísmico, que constituyen recursos materiales de gran interés para el planteamiento de prácticas.

En resumen, la experiencia del profesorado, junto con los recursos materiales e información disponible, posibilitan la impartición de un máster de calidad en la temática propuesta.