



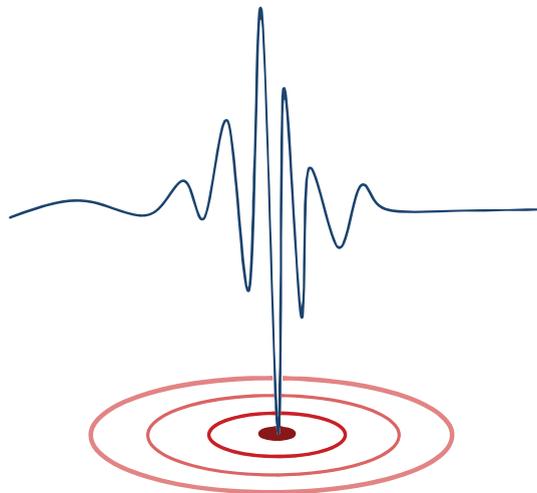
**iila**

Organizzazione internazionale italo-latino americana



**CONVERSATORIO  
EL CONCEPTO DE LA CARTA DEL RISCHIO DEL  
PATRIMONIO CULTURAL EN AMÉRICA LATINA.**

**ACTUALES Y FUTURAS EXPERIENCIAS DE  
COOPERACIÓN INTERNACIONAL**



**19 DE JUNIO DE 2018**

# INDICE

Palabras de la  
Secretario Técnico Científico de la IILA \_\_\_\_\_ 4

Palabras de la Embajada de Chile en Italia  
Establecer un puente entre la sabiduría italiana  
sobre protección del patrimonio y la prevención  
del riesgo y conservación de los bienes patrimo-  
niales en América Latina \_\_\_\_\_ 5

1. Patrimonio religioso en riesgo sísmico en América Latina. Un prototipo para la protección y conservación preventiva desarrollado desde una aproximación territorial y desde el aprendizaje de la experiencia italiana. Aplicación en Chile, México e Italia. \_\_\_\_\_ 6
2. Análisis preliminar de la vulnerabilidad sísmica y de los efectos de los sismos de septiembre de 2017 en las iglesias de Estado de México, Morelos y Oaxaca, México \_\_\_\_\_ 10
3. Cooperación italiana tras los terremotos del septiembre de 2017 en México \_\_\_\_\_ 14
  - 3.1 Universidad de Roma 3 \_\_\_\_\_ 15
  - 3.2 Universidad de Florencia \_\_\_\_\_ 15
  - 3.3 Ciudad de Florencia \_\_\_\_\_ 16
  - 3.4 Carabinieri y Secretaría de Cultura de Italia - MIBACT: \_\_\_\_\_ 16
4. Desastres y manejo del riesgo con enfoque multidisciplinario. Primer encuentro de la reciente ARIM-Associazione ricercatori italiani in Messico: Oportunidad para una difusión académica e intercambiodede experiencias Italia - America Latina \_\_\_\_\_ 18
5. Análisis y gestión de riesgo de inundación en centros urbanos. Posible aplicación en La Paz, Bolivia. \_\_\_\_\_ 22

6. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la catedral de Potosí, aplicando la metodología italiana \_\_\_\_\_ 26
7. Validación de una metodología para la evaluación de vulnerabilidad sísmica de edificios de mampostería tradicionales \_\_\_\_\_ 32
8. Vulnerabilidad del Patrimonio Cultural en el Perú \_\_\_\_\_ 36
9. Análisis de decisión multicriterio para la priorización de intervenciones en edificios históricos de adobe. \_\_\_\_\_ 40
10. Mejoramiento del desempeño sísmico de construcciones en tierra apisonada mediante la técnica LC-TRM (Low Cost Textile Reinforced Mortar): posibilidades de aplicación en arquitectura vernácula del centro de México. \_ 44
11. Evaluación y mitigación multi-escala del riesgo de incendios en áreas urbanas: los centros históricos de Guimarães y Quito como casos de estudio. \_\_\_\_\_ 48
12. Il sistema di carta del rischio del Patrimonio Culturale nell'interoperabilità con i sistemi dell'amministrazione del MIBACT \_\_\_\_\_ 50
  - 13.1 Che cos'è il sistema di interoperabilità di "Vincoli in Rete" (VIR). \_\_\_\_\_ 52
13. Agradecimientos \_\_\_\_\_ 61

# PREFAZIONE

**Florenzia Paoloni**

---

Secretario Técnico Científico  
Organización Internacional  
italo-latinoamericana

**E**n sus ya más de 50 años la IILA - Organización Internacional italo - latinoamericana - ha llevado adelante actividades, congresos, encuentros y proyectos sobre una gran variedad de temas, destacándose en el área científica aquellas relacionadas con los riesgos ambientales. Del mismo modo y gracias a la excelencia italiana en el tema se han realizado tanto en Italia como en varios países de América Latina gran cantidad de proyectos y capacitaciones relacionadas a la tutela del patrimonio cultural, gestionados desde el Servicio de Cooperación de la IILA.

Gracias a la iniciativa y el estímulo de la Embajada de Chile en Italia, en esta oportunidad trabajamos las temáticas de la tutela del patrimonio cultural y la gestión de los riesgos con un enfoque interdisciplinario. O mejor dicho, conversamos sobre la aplicación de la Carta de Riesgos del patrimonio cultural italiana en América Latina, su utilidad, aplicación y alcances. La temática ya había sido trabajada en un encuentro realizado en nuestra sede en 2018 (Architettura e ingegneria anti-sismica: le nuove tecnologie dall'America Latina, Roma, 24 de abril de 2018) por la Arq. Daniela Diaz, quien ha brindado un apoyo inigualable para la realización de estas actividades.

El conversatorio realizado el 19 de junio sobre

este tema permitió reunir a docentes y estudiantes de Master de la Universidad de la Basilicata, al Centro Internacional de Estudios para la Conservación y la Restauración de los Bienes Culturales (ICCROM), al Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, docentes de la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía “Manuel del Castillo Negrete” - ENCRyM-INAH de México, al Comando Carabinieri per la tutela dei beni culturali, al Ministerio de Asuntos Exteriores y Cooperación Internacional italiano y a tres áreas de la IILA: la Secretaría Cultural, el Servicio de Cooperación y la Secretaría Técnico Científica con el objetivo de poner en común las distintas actividades realizadas y en curso a fin de identificar aquellos temas en los que existen intereses comunes y posibles sinergias.

Este cuadernillo es un resumen de lo presentado en este conversatorio, el cual fue un primer paso para lo que esperamos sean muchas nuevas acciones conjuntas.

## **Patricia Rios Tapia**

Encargada de negocios a.i  
Embajada de Chile en Italia

---

### **Establecer un puente entre la sabiduría italiana sobre protección del patrimonio y la prevención del riesgo y conservación de los bienes patrimoniales en América Latina**

La Embajada de Chile en Italia agradece al Instituto Italo Latinoamericano y a sus Secretarías Técnico Científica y Cultural por su permanente fomento de la colaboración entre Italia y los países de América Latina en áreas que son transversales a la ciencia y la cultura como es el caso de la protección del patrimonio cultural. Conscientes de la enorme capacidad y experiencia de Italia en la protección de su patrimonio y su constante disposición a compartir esta sabiduría, la Embajada de Chile ha propuesto realizar actividades que permitan aprovechar y difundir estos conocimientos y técnicas en la prevención y protección del patrimonio en nuestra región, en especial las regiones andinas y centroamericanas que han evidenciado una mayor y permanente exposición al riesgo sísmico y también a otras amenazas del tipo climático.

Es así que con el apoyo de IILA, desde el año 2016, amparados en los programas de Reducción de Riesgos y Desastres (CITRID) y de Riesgo Sísmico (PRS) de la Universidad de Chile, se han realizado una serie de actividades de difusión y de establecimiento de redes científicas e institucionales entre Chile e Italia, así como con otros países de la región.

A ello se suma, el trabajo de campo de la Maestra Arquitecta, Daniela Diaz sobre el uso de metodología para determinar daños en las iglesias afectadas por el terremoto de México en 2016, también con la colaboración de la Universidad de Chile, la

Universidad de la Basilicata (Italia) y la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía de México.

El conversatorio sobre la Carta de Riesgo del Patrimonio Cultural y su aplicación en América Latina realizado en la IILA el 19 de junio pasado, es el resultado de este esfuerzo de conformación de redes y de la orientación específica que queremos como Embajada darle a la cooperación patrimonial entre Italia, nuestro país y América Latina. A través de las presentaciones de los expertos de las instituciones italianas y de los alumnos del programa Europa Latin America Partnership in natural Risk mitigation and protection of the Cultural Heritage (ELARCH) se ha podido comprobar la necesidad de que nuestra región adopte ese tipo de enfoque de reconocimiento del territorio y de la identificación cartográfica de las zonas de riesgo, así como un catastro de bienes patrimoniales, utilizando todas las tecnologías existentes.

Estos esfuerzos continuarán los próximos meses con la participación de la Arquitecta Díaz en la 11th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions que se realizará en Cusco durante Agosto de 2018 y luego con la actividad a realizarse en la Universidad Sapienza de Roma en octubre de 2018 sobre protección de patrimonio ante peligro de desastres naturales, en la cual se desarrollarán 5 mesas de trabajo con instituciones italianas sobre i) Actualización de la Carta del Riesgo, ii) Estrategias y Tecnologías para la mitigación del Riesgo, iii) Emergencia y Reconstrucción iv) Desarrollo y Difusión de una cultura sísmica resiliente y v) Memoria y Patrimonio.

La Embajada de Chile, agradece nuevamente el entusiasta apoyo de todos los actores involucrados en este desafío de avanzar en la mejora de sistemas de protección de nuestro patrimonio y, especialmente, a la Organización Internacional Italo-Latino Americana por su constante respaldo.

# PATRIMONIO RELIGIOSO EN RIESGO SÍSMICO EN AMÉRICA LATINA. UN PROTOTIPO PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN PREVENTIVA DESARROLLADO DESDE UNA APROXIMACIÓN TERRITORIAL Y DESDE EL APRENDIZAJE DE LA EXPERIENCIA ITALIANA. APLICACIÓN EN CHILE, MÉXICO E ITALIA<sup>1</sup>

# 1

Por Daniela Díaz Fuentes<sup>2</sup>, Michelangelo Laterza<sup>3</sup>,  
Michele D'Amato<sup>4</sup>

---

1 Díaz Fuentes, Daniela. "Religious heritage in the face of seismic danger in Latin America: Prototype for its protection and preventive conservation through a territorial approach and by learning from the Italian experience. Application in Chile, Mexico and Italy". PhD thesis (in progress), Università degli Studi della Basilicata, 2015-2018.

2 Arquitecta (Universidad de Chile); MSc en Conservación y Restauración de Bienes Culturales Inmuebles (Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía "Manuel del Castillo Negrete" - ENCRyM-INAH México). Candidata a Doctora en la Università degli Studi della Basilicata, Italia.

3 Profesor Asociado del DICEM, Dept. of European and Mediterranean Cultures (Architecture, Environment and Cultural Heritage), Università degli Studi della Basilicata, Matera, Italia. Tutor de la tesis de Doctorado<sup>1</sup>.

4 Profesor Asistente del DICEM, Dept. of European and Mediterranean Cultures (Architecture, Environment and Cultural Heritage), Università degli Studi della Basilicata, Matera, Italia. Tutor de la tesis de Doctorado<sup>1</sup>.

Esta investigación se desarrolla como parte de una tesis doctoral cuyo objetivo es proponer un prototipo para la evaluación rápida del riesgo sísmico de las iglesias, desarrollado en tres niveles complementarios (rápido, intermedio y detallado), que permiten definir un sistema de indicadores para la mitigación del riesgo sísmico en los planes de manejo del Patrimonio Cultural. Este prototipo se aplica en tres contextos geográficos diferentes: Italia, Chile y México, con el objetivo de comparar los resultados, así como para enriquecer y calibrar el prototipo para su uso en América Latina.

El método rápido o LVO<sup>5</sup>, propone un análisis de las causas de deterioro intrínsecas (geometría, sistema constructivo, alteraciones) y extrínsecas (sitio y ambiente) de los edificios, y se obtiene una escala de prioridad que expresa el riesgo total, y criterios generales para la conservación preventiva. El método intermedio, o LV1<sup>6</sup>, propone una evaluación de cada macroelemento de la iglesia según su vulnerabilidad y sus elementos resistentes a los terremotos, con base en la identificación de los mecanismos de colapso más vulnerables, para la planificación de la intervención, y con base en el índice de vulnera-

---

5 Díaz Fuentes, Daniela. 2016, Diseño de herramientas de evaluación del riesgo para la conservación del patrimonio cultural inmueble. Aplicación en dos casos de estudio del norte andino chileno, México, Publicaciones ENCRyM-INAH.

6 DPCM. 2011, Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale-allineamento alle nuove Norme tecniche per le costruzioni, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri (DPCM), núm. 47, 26 de febrero, documento electrónico disponible en [[http://www.beniculturali.it/mibac/export/MiBAC/sito-MiBAC/Contenuti/Avvisi/visualizza\\_asset.html\\_1141304737.html](http://www.beniculturali.it/mibac/export/MiBAC/sito-MiBAC/Contenuti/Avvisi/visualizza_asset.html_1141304737.html)], consultado en diciembre del 2017.

bilidad y seguridad. Finalmente, el método LV2<sup>7</sup> o detallado, propone una evaluación cuantitativa con enfoque cinemático, a través del análisis del equilibrio límite de cada mecanismo de colapso por macroelemento. El resultado obtenido es la aceleración espectral que activa cada mecanismo de colapso, comparable con la aceleración esperada en el sitio, para diseñar intervenciones locales de consolidación estructural o para orientar análisis más profundos. Los diferentes niveles de evaluación se han aplicado en: 7 iglesias en el sitio UNESCOI Sassi ed il Parco delle Chiese Rupestri di Matera (Italia); en 5 iglesias en Huara, considerando la condición de las iglesias antes del terremoto de 2005 y después de los proyectos de reconstrucción; y en 5 iglesias en Valparaíso, Chile (Figura 1). En las iglesias materanas, especialmente en las excavadas, se observó la importancia de la evaluación de la erosión kárstica en curso, debida a la infiltración de agua de lluvia. Además, se identificaron las principales vulnerabilidades de las iglesias analizadas (San Giovanni Battista, San Pietro Caveoso, San Francesco, San Rocco, Sant'Agostino, Santa Maria de Armenis y San Nicola dei Greci) como los vanos cercanos a las esquinas, la esbeltez de las fachadas, el empuje de las bóvedas que no cuentan con tensores o contrafuertes para evitar el volteo, grandes frontones y la irregularidad de la geometría de las fachadas. Además, los mecanismos frágiles más recurrentes son el volteo de la parte superior de la fachada, el corte en el plano de la fachada, los mecanismos de las bóvedas debido a sus formas irregulares y a la falta de cadenas, y el volteo del ábside. En Chile, el prototipo se aplicó en cinco iglesias en Huara, que colapsaron después del terremoto del año 2005 y posteriormente se reconstruyeron, y en cinco iglesias en

---

7 Op. cit.

Valparaíso, afectadas por el terremoto del año 2010. La aplicación retroactiva del prototipo en Huara tuvo el objetivo de probar la efectividad del método utilizado y evaluar su capacidad predictiva. Al alto riesgo sísmico del sitio, se sumaron las pendientes de más del 10% con suelos

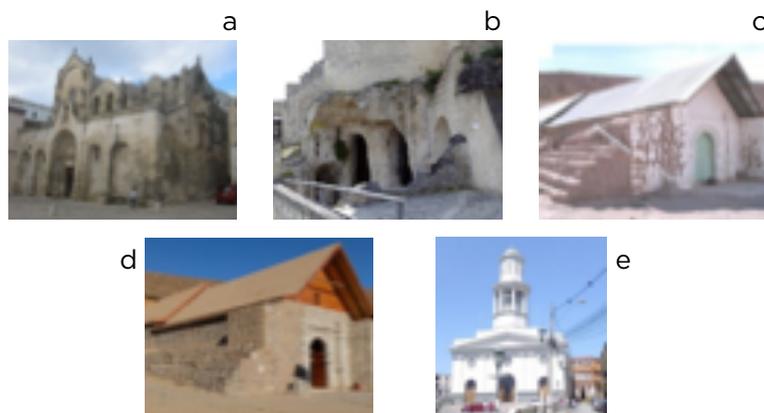


Figura 1:

a) Iglesia San Giovanni Battista (iglesia construida), Matera, Italia; b) Iglesia San Nicola dei Greci (iglesia excavada), Matera, Italia; c) Iglesia de Usmagama, Huara, Chile, antes del terremoto del 2005; d) Iglesia de Usmagama, Huara, Chile, después de la reconstrucción; e) Iglesia La Matriz, ejemplo de la tipología de tres naves en Valparaíso, Chile.

inestables y una oscilación térmica extrema, que podría debilitar tanto el suelo como los materiales de las iglesias. El puntaje resultante de la vulnerabilidad sísmica fue alto en todas las iglesias analizadas (Laonzana, Usmagama, Huaviña, Limaxiña y Sibaya), principalmente debido a la deficiente calidad del sistema constructivo de mampostería de piedra irregular con mortero de lodo, sin elementos de conexión de madera efectivos. Otras situaciones de fragilidad eran el efecto del martilleo de las vigas de madera en los muros, el posible volteo de las paredes laterales debido al desplazamiento de las vigas de madera del techo, y las interacciones debido a

la irregularidad en la altura de los volúmenes. Después de los proyectos de reconstrucción, algunas iglesias disminuyeron su vulnerabilidad por la modificación de la estructura original, con soluciones innovadoras como estructuras metálicas livianas con revestimiento de quincha<sup>8</sup> o gaviones de piedra con mortero de cal. Sin embargo, en otros casos se integraron estructuras metálicas o de concreto armado, manteniendo parcialmente la mampostería original pero desconectada. En estos casos, no se permitió el necesario comportamiento monolítico de la mampostería, y, al contrario, podría producirse un efecto de martilleo debido a la incompatibilidad con los nuevos materiales.

En Valparaíso, una de las zonas más sísmicas de Chile, existen otras amenazas que pueden amplificar el efecto del terremoto, como la erosión debida al efecto de la costa y los incendios, pero sobre todo, las condiciones locales del suelo arenoso en El Almendral, que puede causar una amplificación de una unidad de intensidad macrosísmica<sup>9</sup>. En cuanto a los mecanismos de colapso frágiles más recurrentes de las iglesias analizadas (La Matriz, San Francisco Barón, Santa Ana, Doce Apóstoles y Sagrado Corazón de Jesús), son los mecanismos de corte y de volteo de la parte superior de la fachada, debido a la presencia de grandes vanos, a la esbeltez del muro y al pesado tímpano; y el mecanismo del campanario por su considerable masa y altura. Con motivo de los tres terremotos ocurridos en

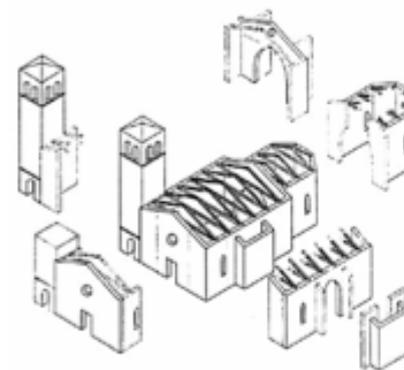
<sup>8</sup> Quincha: pared hecha con estructura de madera o cañas cubiertas de barro.

<sup>9</sup> Panza, Giuliano, Raza, Hoby, Zuccolo, Elisa, La Mura, Cristina, Romanelli, Fabio, Vaccari, Franco. 2008, Earthquake hazard in the city of Valparaíso. Report for Manejo de Riesgos en Valparaíso, Servicios Técnicos, MAR VASTO project, ENEA-Banco Interamericano de Desarrollo (BID) / InterAmerican Development Bank (IDB).

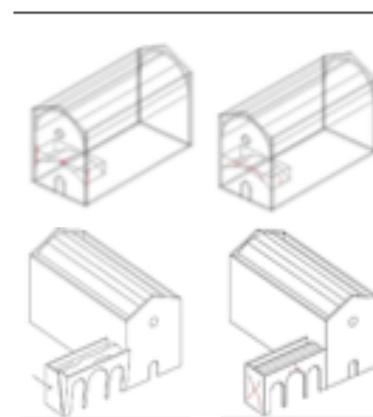
México en septiembre del 2017, como parte de esta investigación se aplicó una ficha de evaluación de daños en 60 iglesias en los Estados de Morelos, Estado de México y Oaxaca, basada en la ficha que forma parte de la actual normativa italiana<sup>10</sup>, que evalúa 28 mecanismos de colapso (representados en un ábaco), que permite describir el daño sufrido por la iglesia, a través de su subdivisión en macroelementos (figura 1a). Un macroelemento es una parte de la iglesia (fachada, ábside-presbiterio, capillas, bóvedas, cúpulas, etc.) caracterizada por una respuesta sísmica autónoma del resto del edificio. Para adaptar esta ficha a las iglesias mexicanas, se agregaron tres mecanismos de colapso: los mecanismos del coro, y los mecanismos de volteo y corte de la capilla abierta (figura 1b). Posteriormente, se emitió un juicio sobre la magnitud del daño que se calificó en 5 niveles equivalentes a la escala EMS-98<sup>11</sup>: 0 - sin daño, 1 - daño leve, 2 - daño moderado, 3 - daño serio, 4 - daño muy serio, cerca del colapso y 5 - colapso. Luego de la aplicación de la ficha en 60 iglesias<sup>12</sup>, se desarrollaron matrices de probabilidad de daño, con las cuales es posible evaluar el escenario de daño esperado debido a un terremoto con diferentes intensidades macrosísmicas y planificar intervenciones de mejora sísmica. Finalmente, con el índice de vulnerabilidad sísmica de 40 iglesias, se definieron las curvas de vulnerabilidad y fragilidad del conjunto para

predecir el daño futuro. En estos casos, entre los mecanismos más frágiles se encuentran la torre y el campanario, el corte de la fachada y de las paredes laterales, los mecanismos en la parte superior de la fachada y en la bóveda de la nave central.

Figura 2:



a) Macro-elementos de las iglesias



b) Nuevos mecanismos de colapso

10 Papa, Simona e Giacomo Di Pasquale (a cura di), 2011, Manuale per la compilazione della scheda per il rilievo del danno ai beni culturali, Chiese. MODELLO A - DC. Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile.

11 Grünthal, G. (ed.) 1998, European Macroseismic Scale 1998 - EMS-98, Luxembourg, Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie.

12 Esta parte de la investigación se desarrolló con un equipo de trabajo formado por Pilar Baquedano, Daniela Díaz, Michele D'Amato y Michelangelo Laterza.

# ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA Y DE LOS EFECTOS DE LOS SISMOS DE SEPTIEMBRE DE 2017 EN LAS IGLESIAS DE ESTADO DE MÉXICO, MORELOS Y OAXACA, MÉXICO



Por Daniela Díaz Fuentes<sup>13</sup>, Pilar Baquedano Juliá<sup>14</sup>, Michele D'A-mato<sup>15</sup>, Michelangelo Laterza<sup>16</sup>.

---

13 Arquitecta (Universidad de Chile); MSc en Conservación y Restauración de Bienes Culturales Inmuebles (Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía “Manuel del Castillo Negrete” - ENCRyM-INAH México). Candidata a Doctora en la Università degli Studi della Basilicata, Italia.

14 Arquitecta (Universidad de Chile); MSc en Análisis Estructural de Monumentos y Construcciones Históricas (Universidade do Minho); MSc en Patrimonio y Proyecto (Università degli Studi della Basilicata). pilarbaquedano@gmail.com

15 Profesor Asistente del DICEM, Dept. of European and Mediterranean Cultures (Architecture, Environment and Cultural Heritage), Università degli Studi della Basilicata, Matera, Italia.

16 Profesor Asociado del DICEM, Dept. of European and Mediterranean Cultures (Architecture, Environment and Cultural Heritage), Università degli Studi della Basilicata, Matera, Italia.

La evaluación de daños estructurales post-sismo en edificios históricos es necesaria para definir la condición de habitabilidad del edificio, resguardar la seguridad de las personas y también para planificar las obras de emergencia a ejecutar.

En el contexto de una estrategia de prevención sísmica, el análisis del daño y vulnerabilidad tiene el objetivo de aumentar el conocimiento del edificio patrimonial y de su predisposición a ser dañado por un terremoto. Así, a partir del análisis de los datos recolectados a escala territorial, se desarrollan matrices de probabilidad de daño, con las cuales es posible evaluar el escenario de daño esperado después de un terremoto de intensidad macro-sísmica dada y planificar las intervenciones de mejora sísmica.

Esta investigación utiliza la metodología italiana de la ficha A-DC (MiBACT, 2015) adaptada al patrimonio religioso mexicano (Díaz Fuentes et al, 2018) para la evaluación de daños en Iglesias afectadas por los sismos de septiembre de 2017, lo que permitirá probar su efectividad y así contribuir a la protección de Iglesias con valor patrimonial en Latinoamérica. En la fase de emergencia, a modo de constatar el estado de seguridad de los edificios para el resguardo de la población y conservación de los inmuebles patrimoniales, se realizó un levantamiento de daños de Iglesias en los Estados de México (36 Iglesias), Morelos (10) y Oaxaca (14).

La metodología de la ficha A-DC considera la identificación de los macro-elementos y el nivel de daño post-sismo que presentan. El nivel de daño de los macro-elementos (Lagomarsino y Podestá, 2004), es homologado a la clasificación de daños provista por la Escala Macrosísmica Europea EMS-98 (Grünthal et al, 1998) que considera los siguientes niveles: 1) Sin daño o daños leves, 2) Daños moderados, 3) Daños su-

stanciales a severos, 4) Daños muy severos y 5) Destrucción. La Escala de intensidad Macro-sísmica Europea es homologada con la escala de medición Mercalli Modificada (I\_MMI) que es la utilizada en México, por medio de una relación directa ya que sus niveles de intensidad son compatibles (Roger et al, 2009).

La Figura 1b) muestra un conjunto de 24 iglesias ubicadas en zonas donde fue estimada una I\_MMI= V y VI. Sólo el mecanismo 29 (Campanario) presenta un nivel de daño  $D \geq 3$ , mostrando grietas generalizadas en la mayoría de los casos y se mostró en el 93% de las iglesias, lo que da cuenta de la fragilidad de este macro-elemento en prácticamente todos los casos de estudio, ya que resulta con daños graves incluso con un sismo de baja intensidad.

La Figura 1c) muestra un conjunto de 18 iglesias ubicadas en zonas con I\_MMI= VII y VIII. La cantidad de mecanismos activados con daño  $D \geq 3$  en sobre el 50% de los casos, aumentó a ocho mecanismos. Los mecanismos más vulnerables corresponden a: M1 (volteo de la fachada), M8 (Bóvedas de la nave central), M14 (arco triunfal), M17, M18 y M19 (mecanismos posibles del ábside), M27 (volúmenes exteriores) y M29 (Campanario) que se activó en el 100% de las iglesias y tiene un promedio de daño 4, es decir que presentan un daño estructural grave o lesiones cerca del colapso.

En el caso de la fachada, probablemente se debe a la mala conexión con los muros laterales, a la presencia de amplios vanos y al empuje de las bóvedas de la nave central y el coro. La fragilidad del arco triunfal y de los mecanismos del ábside probablemente están asociados a la presencia de bóvedas irregulares o cúpulas que se apoyan en el arco triunfal y muros del ábside y a la presencia de grandes vanos en este último.

Finalmente la figura 1d) muestra las 18 iglesias

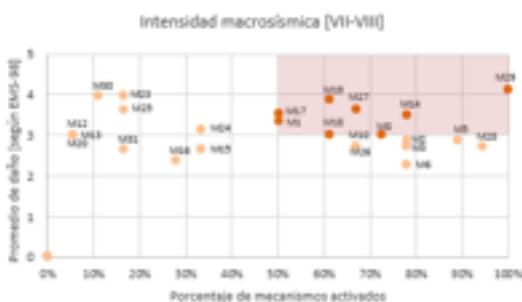
	I	II	III	X	total
<b>E.</b>					
<b>de Méx</b>	1	0			6
<b>Mo</b>					0
<b>relos</b>					0
<b>Oax</b>					4
<b>aca</b>					4
<b>Sub</b>					
<b>-total</b>	3	1		0	0

a)

a



b



c



d

restantes pertenecientes a la zona con  $I_{MMI} = IX$  y  $X$ . Se puede ver que 13 mecanismos fueron activados en sobre el 50% de las iglesias con daño  $D \geq 3$ . Los mecanismos más dañados corresponden a: M1, M2 y M3 (relacionados con la fachada), M5 (respuesta transversal de la nave), M10 (Coro), M14 (arco triunfal), M15 (Cúpula y tambor), M17 y M19 (relacionados con mecanismos del ábside), M26 (interacción por cercanía a irregularidades plano-altimétricas), M27 (mecanismos de daño en volúmenes exteriores: espadañas, almenas, etc.), M28 (Torre) y M29 (Campanario).

Figura 3: a) Tabla subdivisión de la muestra de iglesias de acuerdo a intensidad macro-sísmica ( $I_{MMI}$ ). b) Relación porcentaje de activación y daño presentado en  $I_{MMI} = V-VI$ . c)  $I_{MMI} = VII-VIII$ . d)  $I_{MMI} = IX-X$ .

Es interesante destacar que el mecanismo de respuesta transversal de la nave (M5) presenta daños estructurales en más del 70% de los casos, lo que da cuenta que hasta alcanzar un sismo de intensidad VIII, el sistema de contrafuertes de las iglesias mexicanas funciona, evitando daños estructurales en las bóvedas centrales de las iglesias, pero pasando este límite, la mayor parte de los casos sufre daños cercanos al colapso, y por lo mismo difícilmente recuperables. En este sentido, parece necesario verificar el correcto funcionamiento de los contrafuertes y reforzar su trabajo al contrarrestar el empuje de las bóvedas mediante, por ejemplo, la incorporación de tensores metálicos.

Para la realización de un análisis estadístico del daño observado, Lagomarsino y Podestá (2004)

utilizan matrices de probabilidad de daño (DPM), una metodología que permite predecir el porcentaje de ocurrencia de diferentes niveles de daño global ( $\mu_D$ ) en edificios con clase de vulnerabilidad comparable.

Los escenarios de daño son representados por histogramas de ocurrencia o probabilidad de distribución. Se realiza la subdivisión de la muestra de acuerdo a la localización de las iglesias en los mapas de intensidades macro-sísmicas<sup>17</sup>, a modo de tener rangos de probabilidad de daños más exactos y de esta forma la DPM permite predecir escenarios de daño para diferentes intensidades de sismos. La figura 4 muestra la DPM de las iglesias evaluadas según división por  $I_{MMI}$ . Las barras corresponden al porcentaje de iglesias que resultaron con diferentes niveles de daño y la línea continua a la probabilidad de distribución de daño ( $pk$ ).

En caso de ocurrencia de un sismo de  $I_{MMI}=V-VI$ , el 20% de las iglesias presentaría daños  $D \geq 3$ . Para  $I_{MMI}=VII - VIII$ , existe una probabilidad del 57% de que las iglesias presenten un daño  $D \geq 3$ . Finalmente para un sismo de  $I_{MMI} = IX - X$ , existe cerca del 80% de probabilidad que las iglesias presenten daños estructurales.

La elaboración de escenarios de riesgo por medio de matrices de probabilidad de daño y la aplicación del método predictivo de vulnerabilidad podrá direccionar el desarrollo de planes de mantenimiento y refuerzo sísmico y además, podrían aportar información útil a planes de protección civil.

17 Se utilizaron los mapas desarrollados por el Centro Nacional de Prevención de Desastres - CENAPRED de México, disponibles en <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/app/fenomenos/>

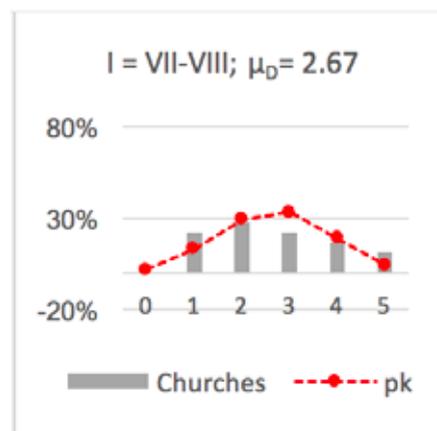
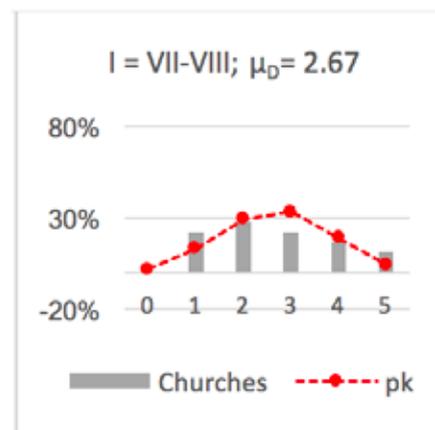
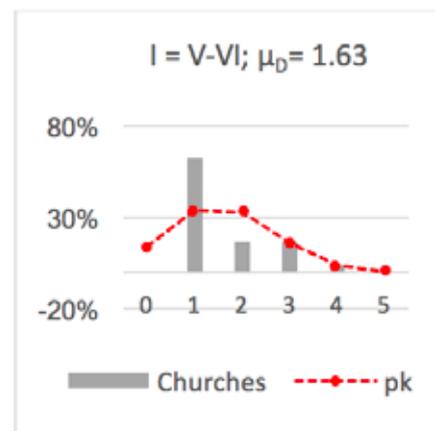


Figura 4: DPM del conjunto de iglesias por intensidad de escala macro-sísmica.

# COOPERACIÓN ITALIANA TRAS LOS TERREMOTOS DEL SEPTIEMBRE DE 2017 EN MÉXICO



Por Emilia Giorgetti<sup>18</sup>

Los lazos entre México e Italia en asuntos de ciencia, tecnología y seguridad aplicadas a la conservación y a la protección del patrimonio artístico son muy fuertes: hay colaboraciones académicas, acuerdos entre la Policía Federal y los Carabinieri italianos y entre el CENAPRED y la Protección Civil de Italia. De ellos, a raíz de los sismos que sacudieron a México en el septiembre de 2017, han surgido muchas actividades, que se están llevando a cabo principalmente en el corredor que, desde la Ciudad de México (Xochimilco), a través del Estado de México (Ameca Ameca), se desarrolla a lo largo de las faldas del Volcán Popocatepetl, hasta Morelos y Puebla.

Con el propósito de obtener una cooperación más eficiente, de evitar que se duplicasen esfuerzos y de estimular la participación de nuevos actores, la Embajada de Italia en México empezó una labor de coordinación de las actividades italianas ya en marcha a lo largo del país. La actividad italiana se organizó tomando en cuenta la hoja de ruta que la Secretaría de Cultura de México compartió con representantes de la Delegación de la Unión Europea en México y de algunos Países Miembros durante una reunión que tuvo lugar en las instalaciones del Museo de Antropología el 28 de febrero de 2018. En la reunión se planteó de manera específica la prioridad de recuperación de los centros de culto (iglesias, conventos, plazas), debido a su fuerte papel en la construcción y en el mantenimiento de la identidad de las comunidades, sobre todo en las zonas más marginadas y necesitadas del país. Fue en este marco que se pusieron en marcha las actividades de cooperación italiana desarrolladas por las Universidades de Roma 3, Florencia y Basilicata, la Secretaría Italiana de Cultura (MIBACT), los Carabinieri y la Ciudad de Florencia.

### **3.1 UNIVERSIDAD DE ROMA 3**

La Dra Maya Segarra, una investigadora/restauradora mexicana que tiene años trabajando en Roma 3, llevó a cabo una primera misión en febrero de 2018 durante la cual tuvo la oportunidad de visitar las zonas más afectadas y de analizar la situación sea con las autoridades mexicanas, sea con representantes de otros países involucrados en el proceso de atención a los bienes dañados. Después de su primer viaje, armó un proyecto de recuperación enfocado principalmente a la restauración del Sacro Monte de Ameca Ameca (Estado de México). Sin embargo, la intención de Roma 3 es también la de ofrecer sus habilidades, experiencia y personal capacitado para otros proyectos que abarquen los sitios de Totolapan y Hueyepan (Morelos), u otros, según las necesidades.

El proyecto de la Dra Segarra ya involucra a 15 estudiantes y a 4 docentes trabajando en Roma desde el pasado mes de abril. En agosto, gracias a recursos asignados por la Universidad, habrá una estancia larga de personal capacitado en la zona de Ameca Ameca - Totolapan hasta Hueyepan, dedicada al desarrollo de proyectos de recuperación ya talleres de reconstrucción que terminará con un workshop de presentación de las actividades y, en septiembre, con la entrega a las autoridades mexicanas de los proyectos elaborados.

### **3.2 UNIVERSIDAD DE FLORENCIA**

La colaboración entre la Universidad de Florencia e instituciones mexicanas dedicadas a la protección y restauración del patrimonio cultural es muy antigua. Cabe destacar la actividad del Departamento de Química (Prof. Baglioni) en sitios arqueológicos como Calakmul, Tulum y Bonampak o en la recuperación de pinturas

murales en Puebla. Al mismo tiempo, el departamento de Arquitectura (Prof. Sabelli) ha tenido una larga trayectoria de colaboración con la UNAM y la BUAP sobre la evaluación del riesgo y la misa en seguridad de edificios históricos frente a desastres. Los sismos de 2017 estimularon la puesta en marcha de nuevas actividades enfocadas a las zonas de mayor afectación. Por ello, la Universidad apartó recursos dedicados a estancias de capacitación de técnicos mexicanos y a elaboración de proyectos de recuperación principalmente en el Estado de Puebla (cabe destacar que Puebla y Florencia son ciudades hermanadas). Entre otros, en colaboración con la BUAP y gracias a un sabático del Prof. Sabelli en 2019, se piensa en proyectos de recuperación del casco histórico de Atlixco (Puebla).

Durante una primera estancia del Prof. Sabelli, en el marzo de 2019, ya se elaboraron, en conjunto con el Departamento de Arquitectura de la UNAM (Prof. Esperanza), algunos proyectos preliminares de recuperación en la ruta de los conventos (Totolapan, Huejotzingo). La entrega del proyecto completo para la recuperación del convento de Totolapan está planeada para los meses de septiembre-octubre, cuando se llevará a cabo una segunda estancia del Prof. Sabelli en México.

### **3.3 CIUDAD DE FLORENCIA**

La Embajada de Italia en México le hizo una llamada a la Alcaldía de la Ciudad de Florencia, hermanada con la Ciudad de Puebla para que, en conjunto con la Universidad de Florencia, se activara en proyectos de apoyo a la reconstrucción post-terremoto. A raíz de ello, ya están en marcha proyectos de capacitación de técnicos mexicanos en las instalaciones de la ciudad, que cuenta con un sinnúmero de centros e in-

stituciones de nivel internacional dedicados a la restauración del patrimonio artístico y cultural. Al mismo tiempo, la administración de la ciudad está buscando la forma de transferir hacia México unos recursos de cooperación ya asignados a otros países. Dichos recursos se dedicarían al apoyo de estancias de técnicos mexicanos en Italia o de expertos italianos en México.

### **3.4 CARABINIERI Y SECRETARÍA DE CULTURA DE ITALIA - MIBACT:**

Los Carabinieri cuentan con un cuerpo especializado para la tutela del patrimonio cultural y están colaborando con la Secretarías de Cultura italiana y mexicana y la Policía Federal con la cual, hace pocos meses, se firmó un convenio de colaboración y se inauguró una unidad mexicana especializada en la tutela del patrimonio cultural, adoptando el mismo modelo referente italiano. En el marco de tal colaboración bilateral y bajo la solicitud de la Secretaria de Cultura, que invitó a “adoptar” bienes inmuebles Mexicanos de interés histórico que fueron afectados por el sismo del 19 de septiembre de 2017, ya se presentó antes las autoridades mexicanas un proyecto para la recuperación y restauración de la iglesia de Santa Cruz Acalpixca, en Xochimilco, dañada sobretodo en su campanario y en la fachada. Además del levantamiento del proyecto, ya se realizaron tres talleres en México y dos en Italia, dirigidos a la capacitación de técnicos mexicanos. Un cuarto curso de capacitación está programado en México para el mes de septiembre.

Otro sector de actividad, más enfocado a la prevención, está dirigido al desarrollo de mapas del riesgo y a su adaptación al entorno mexicano. En este asunto están involucrados la Secretaría de Cultura de Italia - MIBACT y el In-

stituto Superior para la Conservación y la Restauración - ISCR: ya en el marzo de 2018, una experta del IRCS, la arquitecta Corrado, dio unos talleres sobre el sistema italiano de “mapas del riesgo”, en el marco de una conferencia organizada por la UNAM en Puebla. Finalmente, la Universidad de la Basilicata, en colaboración con ENCRyM y Embajada de Chile en México, propuso un proyecto de “tropicalización” de los mapas italianos del riesgo, dedicado a armar una base de datos para la evaluación y prevención del riesgo del patrimonio artístico y cultural en zonas vulnerables. Más detalles sobre el proyecto se encuentran en otro capítulo de esta publicación.



**DESASTRES Y MANEJO DEL RIESGO CON ENFOQUE  
MULTIDI-SCIPLINARIO. PRIMER ENCUENTRO DE LA RE-  
CIENTE ARIM-ASSOCIAZIONE RICERCATORI ITALIANI  
IN MESSICO: OPORTUNIDAD PARA UNA DIFUSIÓN ACA-  
DÉMICA E INTERCAMBIODE EXPERIENCIAS ITALIA -  
AMERICA LATINA**

Por Arch. Riccardo Caffarella



**G**li eventi sismici del settembre dell'anno passato in Messico hanno creato, oltre al dramma delle perdite di vite umane e ai danni materiali ad infrastrutture ed edifici pubblici e privati, anche il danneggiamento ed, in alcuni casi, la perdita di molti edifici storici; di questi specialmente le chiese, caratterizzate il più delle volte da dimensioni considerevoli ed importanti, questa caratteristica geometrica le ha rese più esposte agli effetti degli eventi sismici.

A causa delle conformazioni geometriche, oltre che quelle delle tecniche costruttive, dei materiali utilizzati e alla mancanza di manutenzione, insieme alla presenza di interventi realizzati nel passato in compatibili con la struttura originaria del manufatto storico, si sono avuti danneggiamenti e collassi che pregiudicano la sicurezza e l'utilizzo degli stessi per un corretto svolgi-

mento delle normali attività di culto.<sup>1920</sup>

A causa delle conformazioni geometriche, oltre che quelle delle tecniche costruttive, dei materiali utilizzati e alla mancanza di manutenzione, insieme alla presenza di interventi realizzati nel passato in compatibili con la struttura originaria del manufatto storico<sup>21</sup>, si sono avuti danneggiamenti e collassi che pregiudicano la sicurezza e l'utilizzo degli stessi per un corretto svolgimento delle normali attività di culto. Questi disagi generano nel sentimento della gente, vera e propria padrona del patrimonio storico religioso, uno spaesamento iniziale che successivamente si trasforma in apatica attesa nella speranza che si possa attivare un'azione di recupero. Per lo meno queste sono le sensazioni avute nei vari incontri avuti con le comunità locali, lontane dai principali centri urbani del paese<sup>\*22</sup>, tra questi anche i corsi realizzati con colleghi della ENCRyM, Escuela Nacional Conservacion restauracion y Museografia "Manuel de Castillo Negrete" de Churubusco - CDMX, ovvero la principale scuola di restauro del Messico, diretta dipendenza dell'INAH e pertanto della Secretaría de Cultura.

L'ENCRyM rappresenta un centro all'avanguar-



Figura 5:  
Iglesia de Santa Maria de los Angeles, Col Guerero, CDMX  
San Gregorio, Xochimilco, CDMX

19 Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale allineate alle nuove Norme tecniche per le costruzioni (d.m. 14 gennaio 2008)

20 Codice di pratica (linee guida) per la progettazione degli interventi di riparazione, miglioramento sismico e restauro dei beni architettonici danneggiati dal terremoto umbro-marchigiano del 1997, ISTITUTO UNIVERSITARIO DI ARCHITETTURA DI VENEZIA - D.S.A. Prof. Francesco DOGLIONI

21 Norme Tecniche per le costruzioni, Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti Circ. 2 Febr 2009, n.617, Consiglio Superiore dei LL.PP.

22 <http://www.inah.gob.mx/es/boletines/6577-inicia-en-tepecoacuilco-guerrero-curso-teorico-practico-de-rehabilitacion-de-arquitectura-tradicional-de-tierra>



Figura 6:  
Talleres en el campo en Morelos y Tepecuacuilco, Guerrero.

dia nel settore della conservazione nel patrimonio storico, e attraverso la realizzazione di corsi Master si occupa di diffondere le differenti discipline nei settori delle teorie e metodologie, tecniche e materiali, gestione e progettazione nelle varie scale di analisi, dall'archeologica, a quella architettonica, da quella urbana alla territoriale<sup>23</sup>.

Le principali attività svolte dopo gli eventi sismici, sono state di documentazione dei danni, sulla base di schedature di vario tipo provenienti da diverse istituzioni; successivamente, sulla base di precise richieste di appoggio, si sono realizzati dei corsi formativi con l'obiettivo di diffondere le metodologie di recupero sostenibili degli immobili vernacolari di terra cruda, da offrire alla popolazione locale lontana dai principali centri urbani, e ai tecnici e alle imprese. I risultati ottenuti sono stati molto soddisfacenti, grazie anche alla conoscenza ed all'esperienza dei colleghi messicani nei rapporti di collaborazione con le comunità locali, vere attrici protagoniste nel processo della conservazione del patrimonio, sempre tenute in considerazione nelle fasi decisionali delle azioni di tutela del patrimonio.

<sup>23</sup> <http://encrym.edu.mx/index.php/oferta-academica/maestria-inmuebles>

La possibilità di avere a disposizione mano d'opera locale, di basso profilo, ma dalla buona capacità di ricevere una prima formazione di base, e fortemente vincolata con il valore simbolico dell'immobile patrimoniale, rappresenta una risorsa importante, un capitale da valorizzare e da rendere partecipe nel processo della conservazione. Opportunamente calibrato e gestito offre un possibile cammino sostenibile per non perdere le testimonianze del passato, e al tempo stesso rappresenta un'importante opportunità occupazionale e formativa per la creazione di nuove figure lavorative locali, senza dimenticare, e non ultimo, il processo di appropriazione e di identificazione che si attiva verso il patrimonio storico.

Un'importante esempio che potrebbe essere preso in considerazione per le prospettive attuali dell'Italia, in mancanza di opportunità lavorative che il mondo del lavoro offre attualmente e considerando la quantità inestimabile del patrimoni storici presente nel territorio.

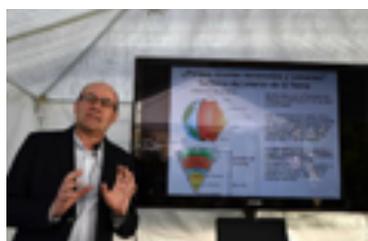
Gli eventi drammatici dell'anno passato hanno attivato una serie di missioni internazionali e collaborazioni tra tutte le parti del paese e che hanno interessato vari ambiti, da quello dell'emergenza, a quello abitativo, fino ad interessare il patrimonio mobile ed immobile. Tra questi si segnalano la presenza di Università di Firenze, della Sapienza di Roma, i tecnici della Protezione Civile e dell'Arma dei Carabinieri per la protezione del patrimonio.

Tra le varie iniziative la recente nata ARIM, Associazione Ricercatori Italiani in Messico, ha creato un evento nel quale tecnici ricercatori presenti in Messico da diversi anni, hanno esposto gli studi che stanno realizzando in Messico in collaborazione con le Università messicane. E' stata un'occasione per esporre l'eccellenza del sapere italiano e messicano in progetti congiunti nei

temi del sismologia e della cultura del rischio. Un'opportunità da diffondere e far crescere. Difatti quest'anno sarà realizzato il 2° congresso dell'ARIM in CDMX il prossimo 26 e 27 ottobre. Le prospettive che si aprono risultano affascinanti e vorrebbero in primo luogo offrire la possibilità di creare rete e connessioni per dare la possibilità che si creino canali di comunicazione tra istituzioni ed Università per attività di ricerca ampie e profonde, con scambi e trasmissioni di conoscenze.



Figura 7: Evento ARIM del 15 Aprile 2018, “Desastres y manejo del riesgo con enfoque multidisciplinario”



**ANÁLISIS Y GESTIÓN DE RIESGO DE INUNDACIÓN EN  
CENTROS URBANOS. POSIBLE APLICACIÓN EN LA PAZ,  
BOLIVIA.**



**Por Fabiana Navia Miranda**

---

En las últimas décadas hubo un considerable aumento de los impactos negativos a nivel económico, humano y cultural resultado de graves eventos de inundación, particularmente en áreas urbanas. Muchas razones pueden ser mencionadas como causas de este fenómeno, como el crecimiento descontrolado de las ciudades, los cambios de uso de suelo en áreas urbanas que traen consigo importantes cambios ambientales o, y de manera muy influyente, el cambio climático. En este sentido el análisis del riesgo de inundación, la evaluación de las consecuencias y la adopción de adecua-

das medidas de mitigación y preparación, son ahora un reto fundamental para la sociedad.

El aporte de este estudio es el de contribuir a mejorar la comprensión y conocimiento del riesgo de inundación en áreas urbanas mediante la propuesta de una metodología focalizada en la identificación y evaluación del riesgo.

En los últimos 40 años las tormentas y por consecuencia las inundaciones son más fuertes y peligrosas, a su vez son más frecuentes y largas. A raíz de esto, en 1995 la Comunidad Europea pronuncia una serie de directivas, en las que obliga a los países miembro a elaborar mapas

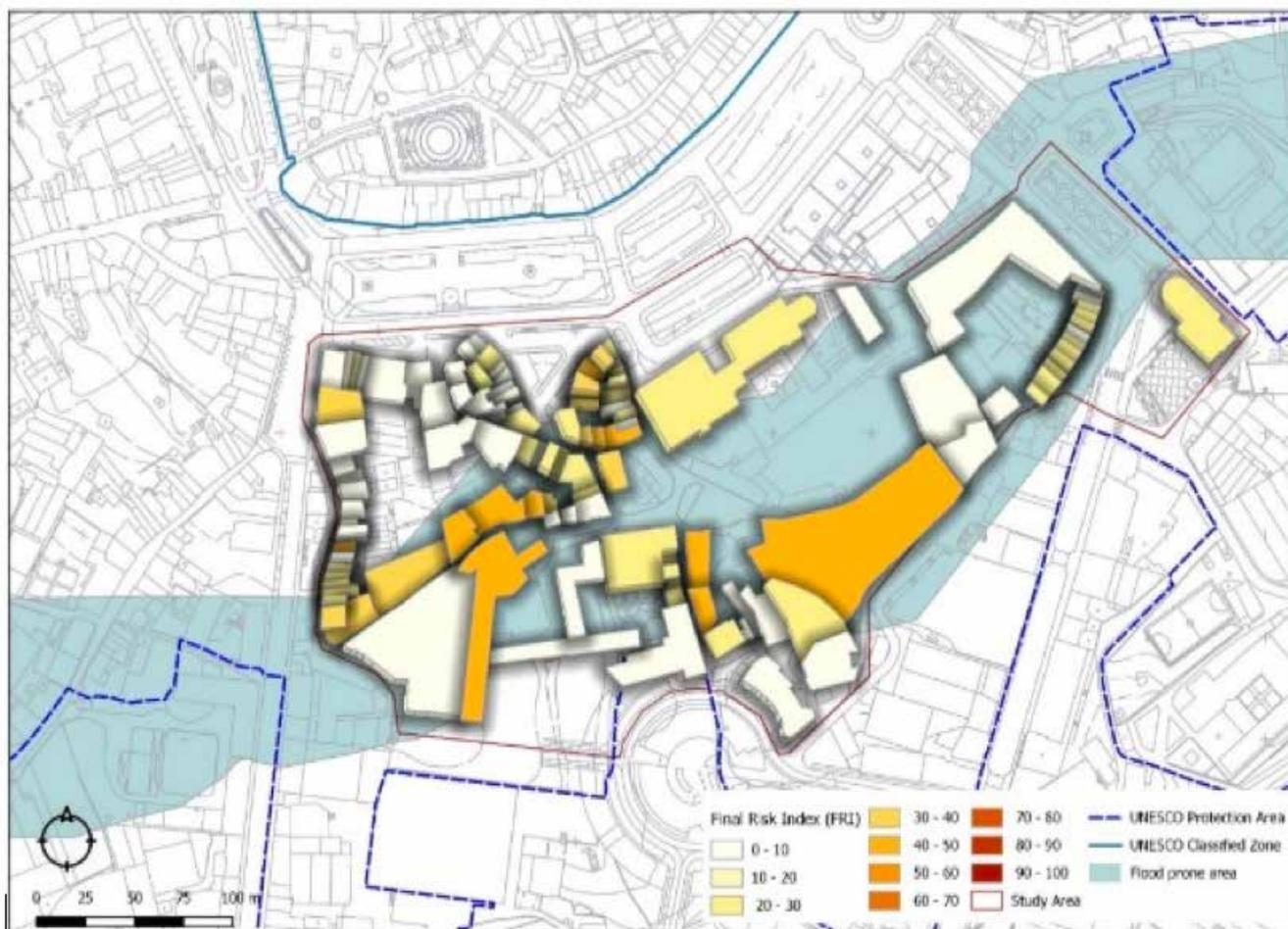


Figura 8:  
Mapa de la distribución espacial del riesgo de inundación en Guimarães, Portugal

de riesgo de inundación para todas cuencas con potencial riesgo de inundación. Los mapas de riesgo son una importante herramienta que facilitan la gestión del riesgo, en la presente investigación uno de los principales aportes es la distribución espacial del riesgo identificado.

Con base en la definición de riesgo de (Varnes, 1984), que dice que el riesgo es el producto de la amenaza (H) veces la vulnerabilidad (V), esta investigación fue desarrollada. En la metodología propuesta, el factor amenaza es resultado del modelo hidrológico llevado a cabo previamente que determina las áreas posibles de inundación, estas áreas ayudan a delimitar espacialmente el área de intervención. El factor vulnerabilidad, en cambio, se entiende por la sumatoria de la exposición (E) y la vulnerabilidad (V); la exposición relacionada con las características patrimoniales y la vulnerabilidad con características físicas del edificio.

El factor exposición (E) evalúa como factores causales, el estado de declaración de patrimonio (internacional, nacional, regional, no declarado) y el periodo de construcción del edificio. El factor vulnerabilidad (V) evalúa como los factores causales y las características físicas del edificio como ser el material o la condición. Individualmente evaluados cada uno de los componentes es posible obtener un Index de Riesgo (FRI) como resultado de su suma ponderada descrita en (1).

$$(FRI = 0.4xE+0.6xV)$$

1)

Una vez identificados los Index de Riesgo (FRI) en diferentes escalas (individual, manzano, barrio), con la ayuda del software QGis (QGIS Development Team, 2009), es posible representar la distribución espacial del riesgo de inundación en un área determinada, como se puede ver en

Ilustración 1 que es el mapa resultado de la aplicación piloto de la metodología propuesta realizada en 2017 en Guimarães, Portugal.

Esta metodología simplificada para la evaluación cualitativa de riesgo de inundación en áreas urbanas puede ser fácilmente aplicada en cualquier centro histórico urbano, con la correcta calibración de los componentes de evaluación a las características del contexto a evaluar.

Siendo que la ciudad de La Paz, Bolivia tiene un alto riesgo de inundación anual causa de fuertes y largas lluvias especialmente en el periodo de verano, la aplicación de esta metodología puede ser de gran ayuda para la sistematización de información y principalmente para la mejor gestión del riesgo en el patrimonio del centro histórico que hoy en día está muy dañado.

**Referimentos:**

QGIS Development Team. (2009). QGIS Geographic Information System Open Source Geospatial Foundation. Retrieved from <http://qgis.osgeo.org>

Varnes, D. (1984). Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. Paris: Darantiere, Quetigny.



# EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA CATEDRAL DE POTOSÍ, APLICANDO LA METODOLOGÍA ITALIANA



Por E. Jahdiel Villafuerte Oporto<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> Ingeniero Civil. (Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia); Master en Análisis Estructural de Monumentos y Construcciones Históricas (Universidade do Minho, Portugal); Master en Patrimonio y Proyecto (Università degli Studi della Basilicata). Email: jahdiel1634@gmail.com

La ciudad de Potosí, fundada en 1545, fue inscrita en la lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO con el número de identificación 420 [1], siendo una de las razones para dicha denominación la riqueza histórica y arquitectura patrimonial. Sin embargo, el 2014 fue añadida en la lista de Patrimonio Mundial en peligro [2]. En el último reporte del Comité Mundial de la UNESCO del año 2017 [3], la ciudad de Potosí continúa en dicha lista, sin embargo, ya se vienen realizando trabajos con miras a abandonar la denominación de patrimonio en peligro.

El propósito del presente artículo es aportar con información técnica acerca del estado actual del monumento, para después, realizar el análisis de la vulnerabilidad sísmica de la Catedral de Potosí, que es el principal centro religioso de la ciudad. La Catedral de Potosí se encuentra ubicada en el centro histórico de la ciudad de Potosí (Figura 1), geográficamente se encuentra a 19°35'18.76 Latitud Sur y 65°45'12.49" Longitud Oeste, a una altitud de 4067 m.s.n.m. La inspección y diagnóstico (Figura 2) de la catedral de Potosí constituye en la primera fase de este estudio [4] cuyos trabajos preliminares fueron:



Figura 9. Fachada principal de la Catedral de Potosí

(i) Levantamiento de daños y patologías; (ii) Ensayos no destructivos (END); (iii) Evaluación de la calidad de la mampostería (MQI). Los resultados obtenidos en esta primera etapa indican que la estructura presenta una situación favorable en cuanto a la estabilidad estructural, sin embargo, debe analizarse el comportamiento frente a acciones horizontales fuera del plano ya que los muros que presentan MQI bajo no son favorables frente a dichas sollicitaciones. Así mismo, las fisuras detectadas en las torres este y oeste, indican que debe realizarse una consolidación, para evitar la penetración de agentes externos ambientales que puedan alterar el estado actual de los bloques de piedra analizados [4]. Se estimaron propiedades mecánicas de la piedra de la catedral cuyos resultados fueron de:  $E = 6.04 \text{ GPa}$ ,  $UCS = 19.3 \text{ MPa}$  y  $\rho = 1647.2 \text{ kg/m}^3$  que se encuentran dentro del rango para el tipo de piedra estudiada (dacita) [4].

En Italia, la evaluación del riesgo sísmico del patrimonio histórico, se realiza bajo los lineamientos de la "Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sísmico del patrimonio culturale" [5] que está referido a la Norma Técnica de la Construcción (NTC 2008) [6]. La misma propone tres diferentes niveles de evaluación denominados LV1, LV2 y LV3, que tienen diferentes niveles de complejidad asociados a la información propia de la estructura a evaluar. Para la evaluación de la catedral se aplicó el Nivel LV1 o nivel a escala territorial.

Primeramente, se define el factor de confianza (FC), que indica el nivel de conocimiento que se posee sobre (i) los materiales constituyentes, (ii) relevamiento geométrico, (iii) propiedades mecánicas del material y (iv) aspectos geotécnicos de la catedral. En ese sentido en función a la información recabada en estudios previos el nivel de confianza es de  $FC = 1.12$  que indica un



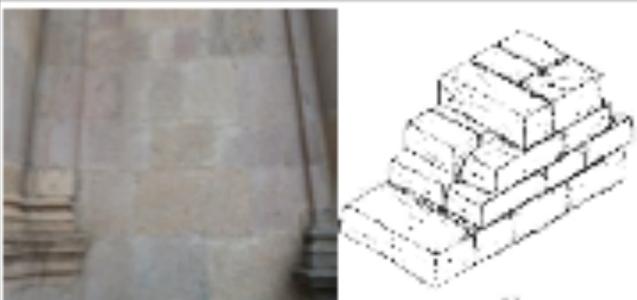
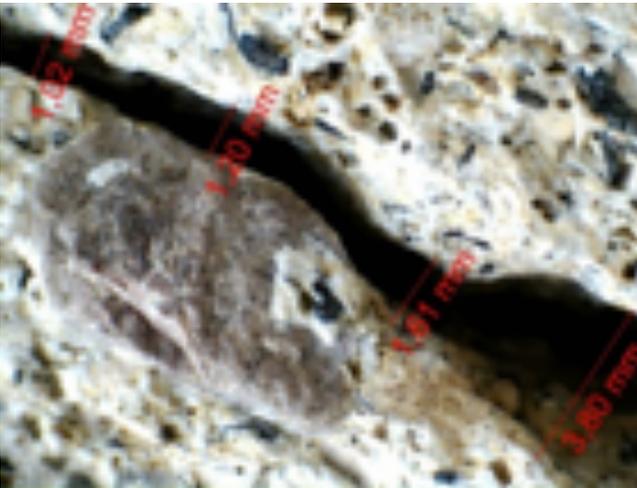
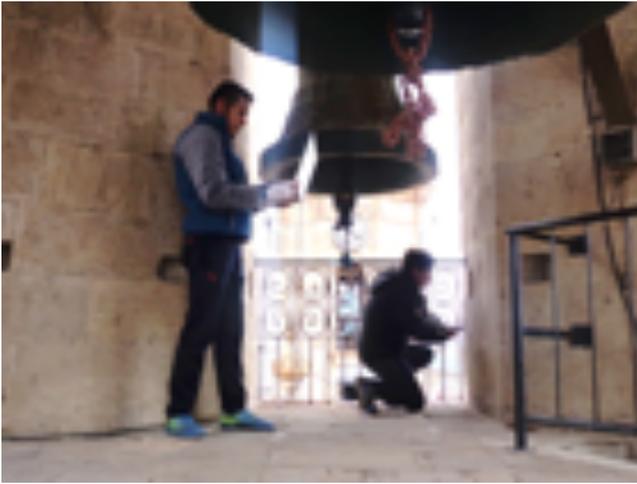
N°	UBICACIÓN	FOTOGRAFIA Y ESQUEMA	EVALUACIÓN DEL MQI													
			HJ	WC	SS	VJ	SD	MM	SM							
1	Fachada Sur Torre Este Torre Oeste		Valor	F	PF	F	F	F	F	F						
			V	2	1	3	1	1	2	1						
			H(I)	1	1	2	2	1	2	1						
			H(O)	2	1.5	2	1	1	1	1						
			<table border="1"> <tr> <td rowspan="3">MQI</td> <td>V</td> <td>10.0</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>H(I)</td> <td>9.0</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>H(O)</td> <td>8.5</td> <td>A</td> </tr> </table>				MQI	V	10.0	A	H(I)	9.0	A	H(O)	8.5	A
MQI	V	10.0	A													
	H(I)	9.0	A													
	H(O)	8.5	A													

Figura 10.

Inspección y diagnóstico de la catedral de Potosí (Extraído de [6]) (a) Levantamiento de daños fachada principal. (b) Ensayos no destructivos. (c) Medición de fisuras en elementos de la catedral. (d) Índice de calidad de la mampostería MQI.



buen nivel de conocimiento sobre la estructura. Otro de las variables que se identificaron fueron la Vida de Referencia (VR) que fue de 50 años (según la Tabla 2.4.I de [6]) y el periodo de retorno de referencia (TR) en función de la probabilidad de excedencia según los estados límites considerados en la normativa italiana [6]. Dichos estados límites corresponden a evaluaciones específicas para el patrimonio cultural que son: (i) Estado límite de salvaguarda de la vida (SLV) con una probabilidad de excedencia de 10% en un periodo de VR, y el (ii) Estado límite de daño (SLD) con una probabilidad de exce-

dencia del 63% en un periodo de VR. Ambos estados límites, como se puede apreciar, proporcionan un criterio de evaluación en función a distintas intensidades sísmicas, por ejemplo, para el SLV se consideran sismos leves pero muy frecuentes y para el SLD se consideran sismos de intensidades elevadas, pero con poca probabilidad de ocurrencia.

La evaluación LV1 de la catedral de Potosí utilizó la hoja de encuesta de daños y vulnerabilidad (Scheda di Vulnerabilità) propuesta por la "Linea Guida" [5]; cuyo propósito es determinar la aceleración máxima del terreno correspondiente a los estados límites SLV y SLD que son relacionados con la índice vulnerabilidad de  $i_v$ , obtenida a través de una combinación apropiada de puntajes asignados a los diversos elementos de vulnerabilidad y protección sísmica de los 28 mecanismos de colapso propuestos en [5]. La determinación de  $i_v = 0.525$  indica una elevada vulnerabilidad de la iglesia frente a una acción sísmica ya que los macroelementos que se activan, incrementa la posibilidad de colapso de la catedral de Potosí.

A través de una correlación apropiada entre la intensidad y la aceleración pico hacia el suelo, es posible definir una correlación directa entre los diferentes estados límite considerados y la vulnerabilidad detectada [5]. Esto hace posible calcular, para la catedral, los valores de aceleración del suelo, que corresponden al estado límite de daño (SLD) y al estado límite de salvaguarda de la vida (SLV), que se describen en las relaciones (1) y (2), respectivamente:

$$(1) \quad a_{SLD} \cdot S = 0.025 \cdot 1.8^{2.75-3.44 \cdot i_v}$$

$$(2) \quad a_{SLV} \cdot S = 0.025 \cdot 1.8^{5.10-3.44 \cdot i_v}$$

Los resultados obtenidos según las ecuaciones (1) y (2) proporcionan valores de  $a_{SLDS} = 0.044$  [g] y  $a_{SLV} = 0.173$  [g] respectivamente, dichos valores son afectados por el factor “S” que se denomina factor del suelo, que es propio de cada norma sísmica de cada país.

En Bolivia, existen recomendaciones dadas por profesionales especialistas en el área. Grandi [7] propone un factor  $S = 1.5$  para suelos intermedios ( $\bar{\sigma}_{adm} \geq 1.5$  kg/cm<sup>2</sup>) que es característico de la catedral de Potosí; Putnam [8] en cambio propone un factor de  $S = 1.2$  para suelos intermedios ( $\bar{\sigma}_{adm} \geq 1.2$  kg/cm<sup>2</sup> y  $< 3.0$  kg/cm<sup>2</sup>). La aceleración de terreno que provoca la activación de los mecanismos de colapso de la catedral de Potosí para el estado límite de salvaguarda de la vida (SLV) se encuentra comprendido entre  $a_{SLV} = 0.024 - 0.029$  [g] y para el estado límite de daño (SLD) está comprendido entre  $a_{SLD} = 0.096 - 0.116$  [g].

En conclusión, los valores mencionados son datos iniciales para determinar en Índice de Seguridad (IS) de la estructura [5], en función a la acción sísmica considerada para cada estado límite que es función de la normativa de cada país. Dicho valor de IS, nos da un criterio de reparación y refuerzo inmediato de la estructura afectada por un sismo. Sin embargo, también da lugar a la aplicación de un análisis más profundo de la estructura ya sea, (i) considerando el análisis de macroelementos (LV2) o (ii) un análisis estructural mediante elementos finitos (LV3). En el caso boliviano aún se está trabajando en la definición de una normativa única que permita, en primer lugar, determinar los lineamientos para el diseño de estructuras nuevas y como propuesta futura, dar lugar al análisis de riesgo sísmico de estructuras existentes en Bolivia.

## Referencias

[1] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <http://whc.unesco.org/es/list/420#top>

[2] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <http://whc.unesco.org/en/danger/>

[3] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <http://whc.unesco.org/en/news/1665/>

[4] Villafuerte J., et al. “Inspección y Diagnóstico de la Catedral de Potosí, Bolivia”. Proceedings of XIV International Conference on Building Pathology and Constructions Repair. Firenze, Italy

[5] Ministero per i Beni e le Attività Culturali. (2010). Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale allineate alle nuove Norme tecniche per le costruzioni

[6] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2009). Circolare 2 febbraio 2009, n. 617. Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni. Italia.

[7] Grandi R. (2018). Guía Boliviana de Diseño Sísmico. <http://www.mediafire.com/file/9ijhf-f7n7mjvccb/guia+boliviana+de+diseño+sismico+V3.0+Beta+2018.pdf>

[8] Putnam P. (2016). Manual de diseño sismo resistente para Bolivia. <https://www.scribd.com/document/329367104/MANUAL-DE-DISEÑO-SISMICO-PARA-BOLIVIA-pdf>



# VALIDACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICIOS DE MAMPOSTERÍA TRADICIONALES<sup>25</sup>



Por Cindy Calbimonte Pérez<sup>26</sup>

---

25 Cindy Calbimonte Pérez. “Validation of a methodology for seismic vulnerability assessment of traditional masonry buildings” Tesis de maestría. Universidade do Minho, 2017.

Arquitecta (Universidad Privada Boliviana); MSc en Análisis Estructural de Monumentos y Construcciones Históricas (Universidade do Minho; MSc en Patrimonio y Proyecto (Università degli Studi della Basilicata). cindy.calbimonte.perez@gmail.com

26 Correia et Al. (2015). Vernacular architecture? In L. & Correia, Seismic Retrofitting: Learning from Vernacular Architecture (pp. 15,16). London, ISBN 978-1-138-02892-0: Taylor & Francis Group

Los centros urbanos son ricos en edificios históricos monumentales, sin embargo, se sabe que también existe una importante cantidad de arquitectura vernácula construida con materiales y sistemas constructivos tradicionales como la mampostería de piedra y el adobe, que en muchos casos se encuentran en regiones de peligro sísmico.

Los edificios de mampostería vernáculos pueden ser particularmente vulnerables a acciones sísmicas debido a diferentes factores constructivos, como un aparejo mal ejecutado, una pobre conexión entre los muros ortogonales, o la falta de conexión entre los diafragmas horizontales (forjados y cubiertas).

En el campo de estudios de la conservación, ha habido poco esfuerzo para preservar el patrimonio vernáculo, principalmente debido a que las investigaciones siempre se han concentrado en las construcciones históricas y monumento<sup>27</sup>.

La arquitectura vernácula en Portugal varía de región en región, usando materiales locales como: La piedra, la madera, morteros de cal y tejas en las regiones del norte, mientras en las del sur como en las islas Azores usan adobe, tierra apisonada y madera.(Ilustración 1a).

En Bolivia, la arquitectura vernácula varía según la región ecológica que se encuentra: Altiplano, valles y zona amazónica, caracterizada por el uso de materiales como el adobe y la paja, algunas veces con plantas de Totora, bloques de tierra apisonada y cimentación con bloques de piedra.(Ilustración 1b y 1c).

El territorio continental e insular de Portugal está localizado en el borde de las placas Euroasiática y Africana, denominada la fractura de



Figura 11: Ejemplos de arquitectura vernácula en: a) Alentejo-Portugal b) y c) La Paz-Bolivia

Azores-Gibraltar, considerada como una región de sismicidad moderada. Sin embargo sismos de gran magnitud causaron grandes pérdidas, como el de Lisboa de 1755 con magnitud macro sísmica de X o la más reciente de 1998 en las islas Azores con una magnitud macro sísmica de VIII<sup>28</sup>.

Las metodologías utilizadas en esta evaluación fueron las desarrolladas por Ortega<sup>29</sup>.

La primera metodología consiste en el índice de vulnerabilidad sísmica puede ser determinado mediante la identificación de 10 parámetros elegidos que son asociados a cuatro clases crecientes de vulnerabilidad y con pesos asignados. La suma de estos parámetros da como resultado el índice de vulnerabilidad. Éste índice

27 Correia et Al. (2015). Vernacular architecture? In L. & Correia, Seismic Retrofitting: Learning from Vernacular Architecture (pp. 15,16). London, ISBN 978-1-138-02892-0: Taylor & Francis Group

28 Lopes de Sequeira, M. M. (2012). Risco Sísmico em Sistemas Urbanos. Lisboa-Portugal: Universidade Técnica de Lisboa.

29 Ortega et Al. (2017). Seismic vulnerability assessment methodology for Vernacular Architecture.



Figura12: Relevamiento de datos Post-Sismo, Isla Faial, Azores 1998

puede ser usado para estimar el daño estructural esperado, mediante una correlación con una intensidad sísmica específica obtenida del registro. La segunda metodología parte de diferentes estudios de modelos numéricos usando Modelación de Elementos Finitos a través de la simulación de una fuerza horizontal ejercida a las estructuras, Análisis Estático No-lineal (Pushover), cuyo resultado es la identificación de Estados Límite de carga. Las metodologías propuestas fueron implementadas en el caso de estudio de la Isla Faial, en Azores-Portugal. Utilizando la información provista por un grupo de investigación de la universidad de Aveiro que realizó estudios sísmicos sobre los edificios en Horta luego del sismo de 1998<sup>30</sup> (Ilustración 2). Se analizaron 90 edificios de 11 diferentes regiones de Faial, realizando la caracterización constructiva de los edificios, la evaluación y clasificación del daño observado, la implementación de ambas metodologías, la estimación de daño para diferentes intensidades sísmicas y la comparación entre el daño estimado calculado y el daño real observado.

Los resultados mostraron que la metodología de cálculo de índice de vulnerabilidad sísmica permitió no solo calcular el índice para cada edi-

ficio, sino también identificar la influencia de cada parámetro en la vulnerabilidad y además calcular la estimación de daños con las intensidades macro sísmicas registradas, las cuales tuvieron una buena correlación con los daños reales observados.

La metodología de cálculo de Índices de Estado Límite permitió también identificar los parámetros que influyen en la vulnerabilidad, pero de una manera más específica ya que se lograron analizar el comportamiento del edificio en las dos direcciones del plano. Además se identificaron los diferentes estados Límite Ls1, Ls2 y Ls3. Finalmente se logró calcular las estimaciones de daño a través de la correlación de los estados límite y el pico de la aceleración sísmica (PGA). Las estimaciones de daño tuvieron una muy buena correlación con los daños reales observados.

Como conclusión, se puede decir que ambas metodologías evaluadas muestran resultados válidos en términos de estimación de daño. La metodología de cálculo de Índices de Estado Límite está basada en modelos numéricos, lo cual permite obtener resultados más cuantitativos y precisos respecto al primer método, además que puede tomar en consideración una gama más amplia de intensidades y tomar en cuenta factores de peligrosidad, como por ejemplo efectos de sitio geológicos que podrían producir intensidades amplificadas con mayores

30 Ferreira, T. M. (2016). Seismic vulnerability assessment of the old city centre of Horta, Azores: calibration and application of a seismic vulnerability index method. Bull Earthquake Eng.

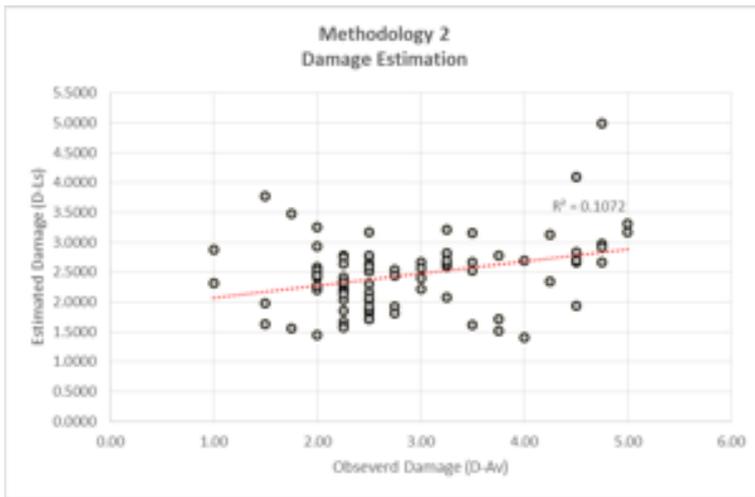


Figura12: Relevamiento de datos Post-Sismo, Isla Faial, Azores 1998

aceleraciones.

Como futuros trabajos se puede pensar en la aplicación de estas metodologías en las regiones de mayor peligrosidad sísmica en Bolivia, por ejemplo en la zona de Totorá y Aiquile en Cochabamba, que sufrió un sismo de intensidad macro sísmica de VII en el año 1998, donde existió una gran pérdida de casas tradicionales de adobe y tierra apisonada.



## VULNERABILIDAD DEL PATRIMONIO CULTURAL EN EL PERÚ



Por Sandra Graus<sup>31</sup>, Saulo López<sup>32</sup>, Eduardo Ramírez<sup>33</sup>

---

31 Arquitecta (Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo); MSc en Análisis Estructural de Monumentos y Construcciones Históricas (Universidade do Minho); MSc en Patrimonio y Proyecto (Università degli Studi della Basilicata). sandrii\_graus@outlook.com

32 Ingeniero civil (Universidad de Piura); MSc en Análisis Estructural de Monumentos y Construcciones Históricas (Universidade do Minho); MSc en Patrimonio y Proyecto (Università degli Studi della Basilicata). saulo.lopezm@pucp.pe

33 Ingeniero civil (Pontificia Universidad Católica del Perú); MSc en Análisis Estructural de Monumentos y Construcciones Históricas (Universidade do Minho); MSc en Patrimonio y Proyecto (Università degli Studi della Basilicata). jeramirez@pucp.pe

Perú es un país ubicado en la costa pacífica de Sudamérica, se estima que su población supera los 30 millones de habitantes<sup>34</sup>, siendo la costa la región con mayor densidad poblacional. Debido a su ubicación geográfica, dos fenómenos naturales amenazan permanentemente el país: los sismos y el fenómeno del Niño. Dado que el territorio peruano se localiza sobre el límite de la placa sudamericana y la placa de Nazca, que constituyen parte del cinturón de fuego del Pacífico, los eventos sísmicos son frecuentes. El origen de estos sismos reside en la interacción entre ambas placas tectónicas, que tienen un desplazamiento de subducción. Cabe resaltar que en el cinturón de fuego del Pacífico se producen aproximadamente el 90% de los sismos a nivel mundial<sup>35</sup>

Paralelamente, dada la cercanía del país a la línea ecuatorial, la ocurrencia periódica del fenómeno del Niño constituye un problema que afecta todo el país, incrementando las lluvias y ocasionando inundaciones. Este fenómeno se produce por el encuentro de la corriente del Niño, proveniente del norte, que incrementa la temperatura superficial del agua del mar en el litoral de la costa del Pacífico. Este incremento de temperatura del agua marina suele bordear los 35°C generando lluvias torrenciales durante el periodo de verano<sup>36</sup> comprendido entre los meses de diciembre a marzo.

Ambos fenómenos naturales tienen como consecuencia, importantes pérdidas humanas y materiales que muchas veces han dejado a las

regiones afectadas en estado de emergencia ante los eventos. Parte de las pérdidas materiales están constituidas por el Patrimonio material inmueble de los cascos históricos en cada ciudad, degradando incluso algunos de los principales sitios declarados Patrimonio mundial por la UNESCO. Entre las regiones del Perú que han sido más afectadas durante los últimos fenómenos naturales se encuentran Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, Huaraz, Lima e Ica; las mismas que se encuentran ubicadas a lo largo de la costa del Perú, y en ellas se sitúan construcciones trascendentales heredadas de las principales culturas pre-colombinas que actualmente se mantienen como complejos arqueológicos de grandes dimensiones entre los que destacan las Pirámides de Túcume, Huaca Rajada, la ciudadela de Chanchan, La ciudad Sagrada de Caral, La Huaca ù

Pucllana, las Líneas de Nazca. Así como también construcciones de la época colonial, manifestaciones arquitectónicas de gran importancia que necesitan ser protegidas y conservadas sobre todo por su materialidad, pues una característica que corresponde a la mayor parte de los monumentos mencionados es que se encuentran construidos en mampostería de adobe. Y aunque es uno de los materiales de construcción más antiguos que ha empleado el hombre, sus características físicas y mecánicas se ven mermadas ante los desastres naturales sucedidos incrementando la vulnerabilidad de los monumentos arqueológicos.

Las pérdidas humanas y materiales para el país son muy altas; claro ejemplo fue el sismo ocurrido en la ciudad de Pisco en el 2007, el cual provocó pérdidas que ascienden a un total de 433 millones de euros, lo que tuvo un

34 Instituto Nacional de Estadística e Informática, junio 2016

35 U.S. Geological Survey Earthquakes Visual Glossary <https://goo.gl/hjjcHH>

36 Takahashi, K. (2014): Variedades de El Niño. Boletín Técnico El Niño - IGP, 1 (2), 4-7.

impacto negativo en la economía del país. Un 78% de las viviendas se vieron afectadas de forma irreversible<sup>37</sup>, razón por la cual los damnificados tuvieron que ser desplazados a zonas como plazas y colegios en situaciones no aptas para vivir. En cuestión de patrimonio, las catedrales de Ica y Pisco fueron gravemente afectadas debido a su antigüedad y quedaron en estado de ruinas. (Ilustración 1)

37 Bambarén Alatrística, Celso Vladimir, & Alatrística Gutiérrez, María del Socorro. (2009). Estimación del impacto socioeconómico del terremoto en Pisco en el sector salud peruano. Revista Medica Herediana, 20(2), 177-184. Recuperado en 31 de julio de 2018, de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1018130X2009000200006&lng=es&tIng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1018130X2009000200006&lng=es&tIng=es)

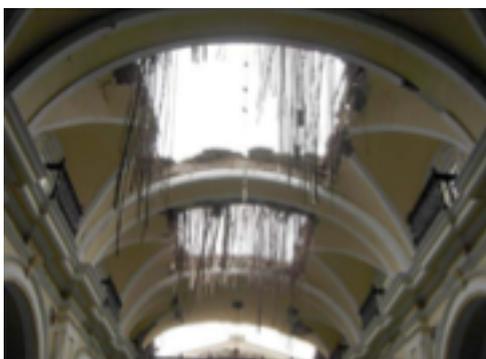


Figura14: (a) Interior de la Catedral de Pisco e (b) Iglesia de Coayllo ) tras terremoto del 2007 en Ica, Perú.

Por otro lado, el fenómeno del Niño que se presenta cada 2 a 7 años, con mayor o menor intensidad, provoca grandes estragos sobre todo en las ciudades del norte del país. Tal es el caso de la ciudad de Piura, que se ha visto afectada en numerosas ocasiones a lo largo del tiempo como se observa en la Ilustración 2. Otro caso similar es la ciudad de Lambayeque, cuyas casonas históricas hechas de adobe siguen sufriendo daños en muchos casos irreparables por la ocurrencia de este fenómeno. Por otro lado, el fenómeno del Niño que



Figura15: Inundación del centro de la ciudad de Piura debido al fenómeno del Niño: (a) foto de 1972 y (b) foto del 2017

se presenta cada 2 a 7 años, con mayor o menor intensidad, provoca grandes estragos sobre todo en las ciudades del norte del país. Tal es el caso de la ciudad de Piura, que se ha visto afectada en numerosas ocasiones a lo largo del tiempo como se observa en la Ilustra-

ción 2. Otro caso similar es la ciudad de Lambayeque, cuyas casonas históricas hechas de adobe siguen sufriendo daños en muchos casos irreparables por la ocurrencia de este fenómeno.

Ante este panorama, en el Perú existen diversas entidades que están encargadas de velar por la integridad y conservación del patrimonio. Una de éstas es el Ministerio de Cultura, que después de su descentralización trabaja en simultáneo en varias regiones del país, centrandose sus esfuerzos principalmente en el patrimonio arqueológico. Otras instituciones como ICOMOS Perú, velan por la salvaguarda del patrimonio y desarrollan actividades de difusión que muchas veces se dan en conjunto a algunos grupos de investigación, pertenecientes a universidades que se concentran principalmente en la capital, y que en los últimos años se han interesado en el estudio del patrimonio histórico, pero que por ahora no tiene gran repercusión en el resto de ciudades. Resulta evidente que hay mucho trabajo por realizar en el país, sobre todo si se trata de actuar como entes comunicadores y de conexión para que se pueda proteger y conservar el patrimonio histórico y arqueológico de manera eficiente para la posteridad.



# ANÁLISIS DE DECISIÓN MULTICRITERIO PARA LA PRIORIZACIÓN DE INTERVENCIONES EN EDIFICIOS HISTÓRICOS DE ADOBE<sup>38</sup>



Por Pilar Baquedano Juliá<sup>39</sup>

---

38 Baquedano Juliá, Pilar. “Análisis de decisión multicriterio para la priorización de intervenciones en edificios históricos de adobe”. Tesis de maestría. Universidade do Minho, 2017. Tutora: Dra Elisa Poletti

39 Arquitecta (Universidad de Chile); MSc en Análisis Estructural de Monumentos y Construcciones Históricas (Universidade do Minho); MSc en Patrimonio y Proyecto (Università degli Studi della Basilicata). pilarbaquedano@gmail.com

En el año 2010 en Chile ocurre un terremoto de grado 8.8, uno de los de mayor magnitud en la historia sísmica mundial. Fue un escenario desolador para las viviendas de adobe y se evidenció la gran cantidad de viviendas de construcción en tierra que existen en el país, las cuales muchas de ellas presentaron daños. Frente a la inexistencia de normativa para el tratamiento de construcciones de este tipo, las autoridades decidieron realizar la demolición de algunas viviendas, muchas de ellas declaradas Monumentos Nacionales por el Estado Chileno.

Estudios recientes señalan que el 40,7% del patrimonio arquitectónico catalogado se encuentra construido en tierra cruda (Karmelic, 2015), post sismo 2010 mucho fue demolido o dejó en una situación de vulnerabilidad a las que quedaron en pie. Las nuevas políticas de reconstrucción dejan ver la poca investigación en tierra cruda que existe en el país y muestra las consecuencias que pueden tener las malas intervenciones (o la falta de ellas) en tierra cruda.

Esta situación demostró que el proceso de toma de decisión en el área de intervención del patrimonio edificado, en muchas ocasiones, es interferido por diversos factores que dificultan realizar acciones adecuadas, como intereses políticos, presión inmobiliaria, disponibilidad de presupuesto, requerimientos de la comunidad y valor cultural.

De acuerdo a esto, esta investigación tiene como objetivo proporcionar una herramienta sencilla para la evaluación de técnicas de reforzamiento en edificios históricos de adobe y proponer recomendaciones óptimas para ayudar a los actores involucrados en la toma de decisiones, por medio de una herramienta de análisis de decisión multicriterio llamada

M-Macbeth.

En la Figura 1 se muestra la estructura de la investigación, la cual se basa en la arquitectura histórica en adobe en Chile. Se identificaron las principales problemáticas que corresponden a daños comunes post-sismo y posteriormente se estudiaron las técnicas de intervención para reforzamiento sísmico más utilizados en la actualidad, según el GettyConservation Institute. Las técnicas de intervención fueron evaluadas por un panel multidisciplinario de expertos en el área de la conservación de Chile, Perú y Portugal.



Figura 16: Estructura del análisis multicriterio y aplicación en edificios de adobe en Chile.

Se evaluó el desempeño de la intervención frente un daño específico, para los criterios de comportamiento estructural (CE), compatibilidad del material (CM), grado de intrusión (GI), reversibilidad y/o re-tratabilidad (RR), y costo y disponibilidad de ejecución de la intervención (C). Toda esta información fue sometida al programa M-Macbeth, que dio como

resultado recomendaciones de las mejores opciones de intervención en base a los grados de importancia dado a cada criterio y costo.

Macbeth es una metodología cuya diferencia fundamental con los otros programas de análisis de decisión multicriterio es que M-Macbeth puede manejar datos cualitativos y cuantitativos, si no se tiene datos cuantitativos se puede utilizar el juicio de expertos para estimar los impactos de una escala cuantitativa (Ferreti et al, 2014).

En la Figura 2 se muestran el proceso de aplicación del programa M-Macbeth, utilizando como ejemplo la evaluación del desempeño de doce tipos de intervenciones (Fig. 2d) para el daño fuera del plano: Grietas de flexión y colapso. En la Figura 2a se muestra que existen siete categorías de diferencia para evaluar el atractivo de cada criterio que el evaluador ingrese a Macbeth, estas son: diferencia de atractivo nula, muy débil, débil, moderada, fuerte, muy fuerte y extrema.

En este caso se evaluaron los criterios restauración en estructuras históricas: CE, CM, GI y RR. En la Figura 2b se muestra una gráfica de la diferen-

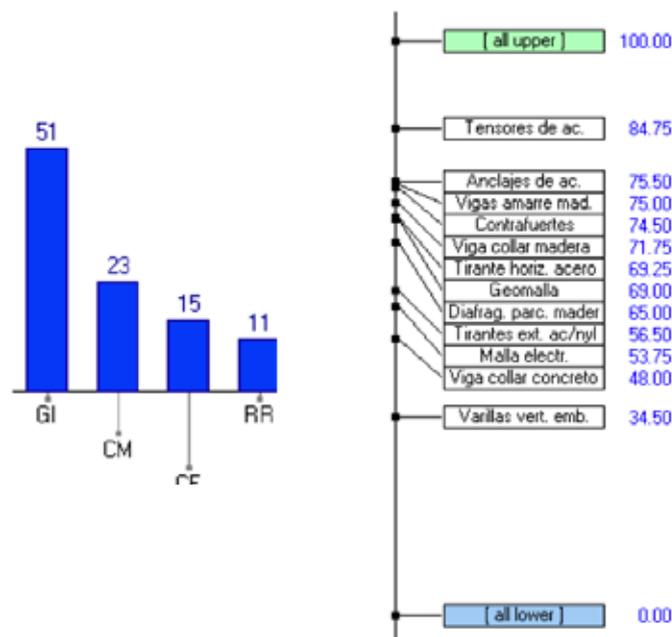
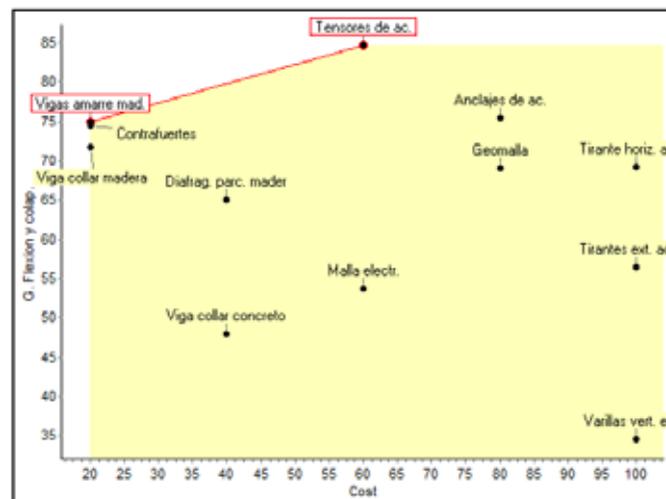


Figura 17: : Aplicación del programa M-Macbeth.

cia de atractivos con que se consideraron las doce técnicas de intervención que se pueden aplicar para la reparación de ese daño en específico. El ejemplo muestra la intervención de un edificio de adobe en donde el criterio GI tiene mayor relevancia en la escalada de intereses que influirían en la toma de decisión, con un 51% de importancia, frente a RR que solo tiene un 11% de importancia. Éste podría ser el caso de un edificio que posee murales con valor patrimonial en su interior que requieren un grado mínimo de intervención.

En la Figura 2c se muestra el gráfico del promedio general de desempeño de técnicas de intervención frente al daño fuera del plano según calibración de criterios y costo de la intervención. El resultado se muestra en la Figura 2d que corresponde al ranking de intervenciones recomendadas por el programa.

Es importante destacar que la evaluación de los resultados juega un papel constructivo y no resolutivo. No es una forma de toma de decisiones sino un apoyo a la toma de decisiones.

En conclusión, el análisis de decisión multicriterio es una herramienta compensatoria que nos facilita tener una visión amplia de ventajas y desventajas de las intervenciones y tomar la decisión de acuerdo a las prioridades del decisor.

La utilización de esta herramienta puede ser útil para priorizar inversión e intervención entre edificios patrimoniales de adobe, frente a recursos estatales limitados.

Los expertos en intervención en adobe pueden presentar dudas entre el abanico de soluciones disponibles, por lo que una evaluación imparcial con análisis multicriterio puede significar una gran ayuda.

La herramienta permite adicionar más crite-

rios de intervención como por ejemplo durabilidad, eficacia térmica de la intervención, etc, lo que facilita la obtención de resultados cada vez más específicos para el tomador de decisiones.

Finalmente, también permite explorar con otras tipologías constructivas, como estructuras de madera, hormigón etc.

# MEJORAMIENTO DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE CONSTRUCCIONES EN TIERRA APISONADA MEDIANTE LA TÉCNICA LC-TRM (LOW COST TEXTILE REINFORCED MORTAR): POSIBILIDADES DE APLICACIÓN EN ARQUITECTURA VERNÁCULA DEL CENTRO DE MÉXICO<sup>40</sup>

# 10

Por Rafael Ramírez Eudave<sup>41</sup>

---

40 Ramírez Eudave, Rafael. “Interação entre taipa e argamasas em reforço com LC-TRM: adesão e retração”. Tesis de maestría. Universidade do Minho, 2017

41 Arquitecto (Universidad Nacional Autónoma de México); MSc en Análisis Estructural de Monumentos y Construcciones Históricas (Universidade do Minho; MSc en Patrimonio y Proyecto (Università degli Studi della Basilicata). R.92@outlook.es

Las construcciones en tierra constituyen un caso habitual en México, donde una gran cantidad de viviendas tradicionales están resueltas con sistemas como el adobe y la tierra apisonada. Dos grandes desafíos que este tipo de construcciones debe enfrentar son la intemperie y las amenazas sísmicas. La erosión por lluvia y viento obliga a que las construcciones en tierra estén protegidas por una piel que habitualmente está constituida de materiales como tierra, cal o (indebidamente) cemento. Esta protección tiene que ser renovada de manera periódica para garantizar su permanencia. La vulnerabilidad ante los sismos, por otra parte, se explica por las características intrínsecas del material. La baja resistencia mecánica obliga a tener elementos estructurales robustos que implícitamente conllevan una masividad alta y una correspondiente inercia elevada ante desplazamientos sísmicos. Por otra parte, la baja resistencia a tracción dificulta el comportamiento de la estructura como un sistema, a menos que se introduzcan elementos adicionales que actúen como tirantes y conectores<sup>42</sup> (Ilustración 1).

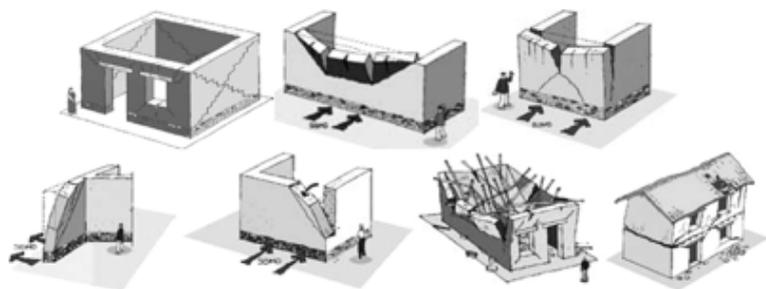


Figura 18: : Mecanismos de colapso habituales en construcciones en tierra.

42 J. Vargas Neumann, M. Blondet e C. Iwaki, La intervención del patrimonio edificado en tierra en áreas sísmicas y las cartas de conservación. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2013.

La técnica LC-TRM (low cost textile reinforced mortar) busca prolongar la vida útil de estas construcciones y mejorar su desempeño ante los sismos. Consiste en la aplicación de morteros armados con mallas textiles de bajo costo y relativamente baja resistencia mecánica. La malla tiene como beneficios el aumentar la vida útil del acabado exterior, proveer de cierta ductilidad estructural al edificio y ligar los elementos estructurales perpendiculares, con materiales asequibles y de fácil acceso. A pesar de que no evita los daños que puedan provocarse en un terremoto, puede limitar los mecanismos de colapso y proveer tiempo valioso para desalojar las construcciones<sup>43</sup>. Una serie de trabajos para estudiar el sistema fue desarrollada en la Universidade do Minho para evaluar diferentes morteros y mallas<sup>44</sup>.

Un aspecto fundamental para la operatividad de este sistema se encuentra en la compatibilidad entre el substrato de tierra con respecto al mortero aplicado, así como de la malla con respecto al mortero mismo. El programa experimental tuvo como objetivo evaluar la compatibilidad de una serie de sistemas LC-TRM con respecto a un substrato estándar de tierra pisonada. Se evaluaron nueve casos de sistema LC-TRM, combinando tres morteros diferentes en tres condiciones distintas, como se muestra en la tabla 1. Se elaboraron paredes de 200x200x100mm y se dejaron secar en condiciones normalizadas. Sobre ellas de-

43 D.V: Oliveira, R.A. Silva, C. Barroso e P.B. Lourenço, "Characterization of a Compatible Low Cost Strengthening Solution Based on the TRM Technique for Rammed Earth," *Key Engineering Materials*, vol. 747, pp. 150-157, 2017.

44 C. Barroso, Reforço Sísmico Inovador de Construção de Taipa. Dissertação de Mestrado. Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Guimarães, Portugal: Universidade do Minho, 2017.

	EM2.0 Tierra +arena	S20EM2.0 Tierra+cal+ arena	CHM Cemento+cal+a rena
Sin malla (U)	EM2.0 -U	S20EM2.0- U	CHM-U
Malla de fibra de vidrio (G2)	EM2.0 -G2	S20EM2.0- G2	CHM-G2
Malla de nylon (G8)	EM2.0 -G8	S20EM2.0- G8	CHM-G8

Tabla 1: Matriz de especímenes evaluados en el programa experimental

pués se aplicaría una capa de 10mm de espesor de los morteros a ensayar.

Cada una de las combinaciones fue sometida a dos series experimentales. El primero midió las deformaciones superficiales durante el secado, con la intención de conocer los esfuerzos que la retracción podría inducir sobre el sustrato, (deformaciones mayores implican esfuerzos mayores y, consecuentemente, menos compatibilidad con la superficie). Para evaluar este aspecto se usó la herramienta de la Comparación Digital de Imágenes <sup>45</sup> (DIC por sus siglas en inglés), que permite comparar los cambios entre fotografías sucesivas con una resolución de micras (ilustración 2). El siguiente experimento consistió en efectuar mediciones de arrancamiento del mortero con respecto al sustrato. Los resultados obtenidos arrojaron que el comportamiento de los morteros cambia sustancialmente ante la pre-

sencia de mallas inducidas. Los especímenes reforzados presentaron retracciones menores, lo que se interpreta como un mejor comportamiento del sistema con respecto al sustrato. Adicionalmente, se reveló que la que tiene un mejor desempeño en términos de retracción — reforzado o no — es la combinación de tierra, cal y arena. Por otro lado, la combinación



Figura 19: Ejemplos de especímenes preparados para la aplicación del mortero y ejecución de mediciones con DIC

de cemento, cal y arena es la que presentó el peor desempeño, llegando incluso a fracturas en la fase de secado. Los resultados de los ensayos de arrancamiento no se consideraron concluyentes por su variabilidad, pero existe una tendencia a resistencias más altas en los

45 M.A. Sutton, "Digital Image Correlation for Shape and Deformation Measurements," in Springer Handbook of Experimental Solid Mechanics. Nueva York, Estados Unidos: Springer, 2008, pp. 565-599.

morteros de cal y tierra.

En conclusión, se determinó que el sistema LC-TRM es una alternativa de refuerzo y mitigación de daños compatible con las construcciones en tierra a partir de las observaciones realizadas en términos de retracción. Entre las combinaciones ensayadas, se determinó un mejor desempeño del mortero de cal y tierra con respecto a las otras dos alternativas. Finalmente, se comprobó la pertinencia de la técnica DIC como herramienta de medición de retracciones superficiales para este sistema en experiencias futuras.



# EVALUACIÓN Y MITIGACIÓN MULTI-ESCALA DEL RIESGO DE INCENDIOS EN ÁREAS URBANAS: LOS CENTROS HISTÓRICOS DE GUIMARÃES Y QUITO COMO CASOS DE ESTUDIO<sup>46</sup>

# 11

Por Santiago Granda<sup>47</sup>

---

46 Granda Jaramillo, Santiago Fernando. "Multi-scale fire risk assessment and mitigation in urban areas: The old city centers of Guimarães and Quito as case studies". Tesis de maestría. Universidade do Minho, 2017.

47 Arquitecto (Pontificia Universidad Católica del Ecuador); MSc en Análisis Estructural de Monumentos y Construcciones Históricas (Universidade do Minho); MSc en Patrimonio y Proyecto (Università degli Studi della Basilicata). santifer.8282@gmail.com

Actualmente, la mitigación del riesgo urbano es una prioridad en la gestión de ciudades debido a las graves consecuencias y costos que los desastres pueden acarrear. Varios esfuerzos se centran en la prevención mediante la planificación de acciones pre-desastre, sobre todo en áreas urbanas de alta vulnerabilidad. En este sentido, los centros históricos representan uno de los principales desafíos para la mitigación del riesgo, debido a dos características inherentes: su valor patrimonial, relacionado con su importancia histórica, papel económico y simbolismo social; y su alta vulnerabilidad, debido a su condición de áreas urbanas antiguas, generalmente complejas en términos de desarrollo arquitectónico, constructivo y urbanístico.

Tomando en cuenta lo mencionado, el presente trabajo se centra en la evaluación del riesgo de incendio en dos centros históricos: el de Quito, en Ecuador y el de Guimarães, en Portugal. Ambas evaluaciones se desarrollan a través de la metodología ARICA simplificada, utilizada en investigaciones previas en el centro histórico del Seixal, Portugal. Sin embargo, se consideró una adaptación multi-escala para abarcar los diferentes tamaños: el estudio de caso de Quito es, al menos, 20 veces mayor que el de Guimarães, por tanto, se considera una escala de barrio para Guimarães, con una evaluación de edificio por edificio y una escala urbana para Quito, a través de una evaluación de barrio por barrio (Ilustración 1).

La metodología ARICA simplificada se aplica por primera vez en el estudio de caso del Centro Histórico de Seixal en Portugal, desarrollado por (Ferreira et al., 2016)<sup>3</sup>. La metodología ARICA original se desarrolló para evaluar construcciones individuales teniendo en cuenta el mismo nivel de riesgo de exposición a las zo-



Figura 20: Esquema de evaluación multi-escala de riesgo de incendio

nas urbanas históricas y contemporáneas a través de la evaluación de los edificios antiguos con los requisitos de la regulación portuguesa de la seguridad contra incendios en los edificios nuevos. Por otra parte, la simplificación de la metodología ARICA apunta a un análisis de escala urbana más allá de un edificio singular, a acelerar el proceso de compilación de información y optimizar la evaluación de riesgos a través de “una herramienta de evaluación redefinida y reelaborada en escala, que produce una estimación inicial confiable y resaltarestricciones en la necesidad de metodologías de evaluación más detalladas<sup>48</sup>. La metodología simplificada abarca los aspectos generales de prevención de incendios en edificios de mampostería antigua, siguiendo todo el proceso de un incidente de incendio, desde su ignición hasta la extinción. La metodología esta dividida en cuatro sub-factores que tienen el mismo peso en el cálculo del índice de riesgo de incendios (FRI). Además, los factores parciales asumen valores numéricos en

48 T. M. Ferreira, V. Romeu, J. A. R. Mendes da Silva, H. Marum, A. Costa and R. Maio, “Urban Fire Risk: Evaluation and emergency planning,” *Journal of Cultural Heritage* 2016, pp. 739-745, 2016.

Sub-factores	Factores Parciales	
Factor Global de Riesgo (FGR)	Ignición de Incendio ( $SF_I$ )	Estado de conservación del edificio ( $PF_{A1}$ )
		Instalaciones eléctricas ( $PF_{A2}$ )
		Instalaciones de gas ( $PF_{A3}$ )
		Naturaleza de las cargas de incendio ( $PF_{A4}$ )
	Propagación de Incendio ( $SF_P$ )	Distancia entre vanos sobrepuestos ( $PF_{B1}$ )
		Equipos de seguridad ( $PF_{B2}$ )
		Detección, alerta y alarma de incendio ( $PF_{B3}$ )
		Compartimentación contra fuego ( $PF_{B4}$ )
		Cargas de incendio ( $PF_{B5}$ )
		Factores inherentes a las rutas de evacuación ( $PF_{C1}$ )
Evacuación ( $SF_E$ )	Propiedades del Edificio ( $PF_{C2}$ )	
	Factor de Corrección ( $PF_{C3}$ )	
	Factores exteriores del combate al incendio ( $PF_{D1}$ )	
Factor Global de Eficiencia Combate contra Incendio (FGE)	Combate contra Incendio ( $SF_C$ )	Factores interiores del combate al incendio ( $PF_{D2}$ )
		Equipos de seguridad ( $PF_{D3}$ )

Tabla 2: Factores de la Metodología ARICA simplificada

función de los criterios de inspección y se definen de acuerdo con un proceso de jerarquía analítica. La definición de cada uno de los cuatro sub-factores se proporcionan a continuación en la (Tabla 1).

En el caso de Guimarães, en cuanto al factor global (FRI), solo el 6% de todas las construcciones en el Centro Histórico de están en bajo nivel de vulnerabilidad, lo que significa que casi toda el área de estudio se encuentra actualmente en una situación “insegura”. Durante el análisis de los sub-factores, las principales causas de este fenómeno parecen estar asociadas a las características intrínsecas del área. Aspectos como las vías de acceso, las vías de evacuación y las comunicaciones verticales dentro de los edificios, son especialmente difíciles e ineficientes debido a su carácter histórico, ajenas con los estándares de seguridad actuales (Ilustración 2).

En el caso de Quito, los valores obtenidos para los vecindarios que componen el Centro Hi-

stórico tienen un riesgo moderado como el peor de los casos. El barrio Gonzales Suárez es el que presenta el valor más alto de FRI, con 1.27, que representa un nivel de riesgo de incendio cercano a alto. Teniendo en cuenta que el barrio abarca gran parte de los edificios patrimoniales más emblemáticos del centro histórico (más de una docena de iglesias coloniales, edificios administrativos, incluido el palacio gubernamental, museos y monumentos) este valor era esperable (Ilustración 2).

La evaluación de dos centros históricos permite percibir la relevancia de la evaluación del riesgo de incendios como una estrategia proactiva. La principal utilidad de la investigación comparativa es el contraste de realidades que ayuda a comprender la exposición al riesgo

Figura 21: Mapeo del Índice de Riesgo de Incendio (FRI) para los centros históricos de Guimarães (izq.) y Quito (der.)

bajo diferentes circunstancias y descubrir diferentes fuentes de vulnerabilidad. Los casos analizados son particularmente interesantes debido a su naturaleza de sitios del Patrimonio Mundial (ambos casos han sido inscritos en la lista de la UNESCO hace varios años) y su exposición latente al riesgo.

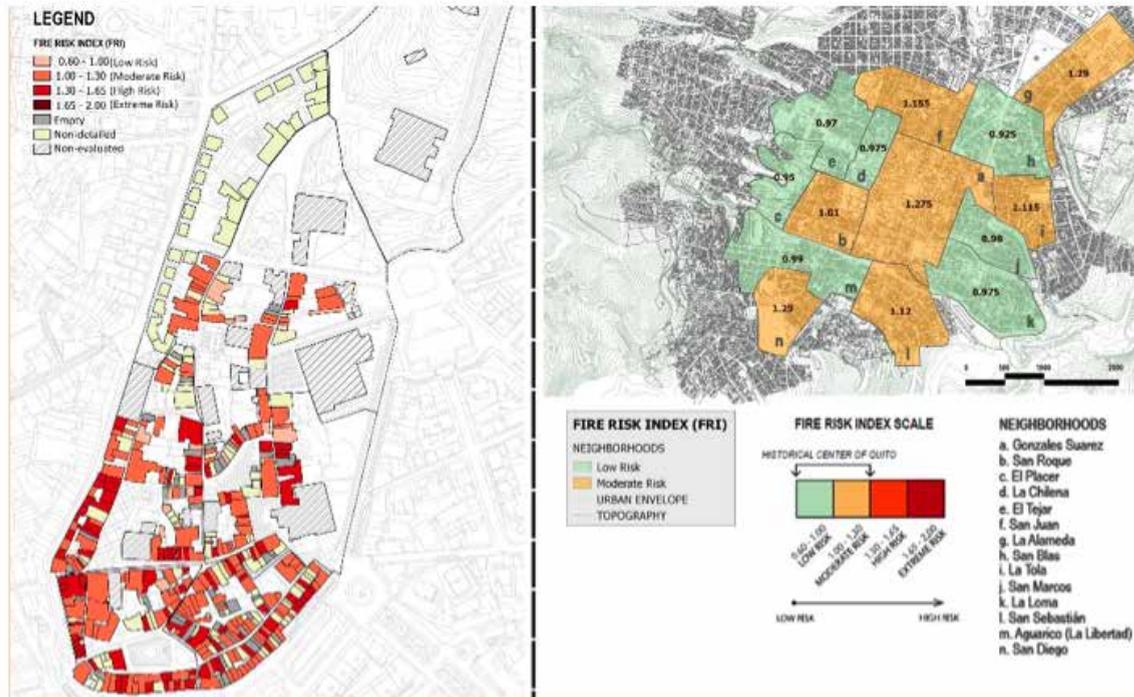


Figura 21: Mapeo del Índice de Riesgo de Incendio (FRI) para los centros históricos de Guimarães (izq.) y Quito (der.)



# IL SISTEMA DI CARTA DEL RISCHIO DEL PATRIMONIO CULTURALE NELL'INTEROPERABILITÀ CON I SISTEMI DELL'AMMINISTRAZIONE DEL MIBACT

# 12

Por Carlo Cacace<sup>49</sup> y Maria Elena Corrado<sup>50</sup>

---

49 Carlo Cacace responsabile dei sistemi informativi carta del rischio e vincoli in rete. IsCR Roma

50 Maria Elena Corrado responsabile della sezione vincoli del sistema informativo territoriale vincoli in rete. IsCR Roma

Il Sistema Informativo Territoriale della Carta del Rischio (CDR), realizzato dall'Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro (IsCR), si propone di fornire ai responsabili della tutela del Patrimonio uno strumento tecnologico di supporto alle attività scientifiche ed amministrative. Il progetto è nato dal concetto di Restauro Preventivo elaborato da Cesare Brandi e costituisce, allora come oggi, lo strumento operativo per il processo di manutenzione preventiva e conservazione programmata avviata da Giovanni Urbani (anni '70-'80).

Il SIT (Sistema Informativo Territoriale) Carta del Rischio è un sistema di banche dati, alfanumeriche e cartografiche, in grado di esplorare, sovrapporre ed elaborare informazioni intorno ai potenziali fattori di rischio che investono il patrimonio culturale. Per la costruzione del modello di rischio è stato adottato un approccio statistico, sulla cui base i singoli beni sono valutati come "unità" di una "popolazione statistica" di cui si mira a valutare il livello di rischio. Il sistema assume come elemento minimo georeferenziabile il singolo bene immobile architettonico e archeologico (unità statistica) ed il Comune come elemento minimo della scala territoriale (unità territoriale). Tutti i beni mobili (dipinti su tavola, tele, reperti archeologici etc.), in quanto non georeferenziabili, sono stati associati al relativo bene immobile "contenitore", che risponde alla scala dimensionale su indicata.

I Fattori di Rischio sono stati suddivisi in:

- Vulnerabilità Individuale (V), ossia una funzione che indica il livello di esposizione di un dato bene all'aggressione dei fattori territoriali ambientali;
- Pericolosità Territoriale (P), ossia una funzione che indica il livello di potenziale ag-

gressività di una data area territoriale, indipendentemente dalla presenza o meno dei beni.

In questo modo è possibile qualificare queste due componenti e valutarne l'intensità attraverso la misura delle grandezze fisiche che concorrono alla determinazione dei due parametri.

Al fine di costruire il Modello di Rischio, sono stati individuati tre differenti domini, validi sia per la Vulnerabilità che per la Pericolosità.

I domini individuati per la Vulnerabilità (V) sono:

- il dominio Ambientale-Aria (definito dall'aspetto della superficie), V1;
- il dominio Statico-Strutturale (definito dalle caratteristiche costruttive e statico-strutturali), V2;
- il dominio Antropico (definito dall'uso e dalla sicurezza), V3.

Analogamente, i domini individuati per la Pericolosità (P) sono:

- il dominio Ambientale-Aria (caratterizzato dai fattori climatici, microclimatici e gli inquinanti dell'aria), P1;
- il dominio Statico-Strutturale (definito dalle caratteristiche geomorfologiche del suolo e del sottosuolo), P2;
- il dominio Antropico (caratterizzato dalle dinamiche demografiche e socioeconomiche), P3.

Il modello sopra descritto permette di esprimere il Rischio (R) come una funzione generale delle componenti di Vulnerabilità (V), relative ad ogni unità della popolazione, e di Pericolosità (P), relative ad ogni area territoriale sulla quale il bene si colloca:

$$R = R(V1, V2, \dots, Vn, P1, P2, \dots, Pn)$$

dove R denota l'Indicatore di Rischio e si configura come una media ponderata degli Indi-

catori di Vulnerabilità (V) e di Pericolosità (P). Il sistema informativo della Carta del Rischio comprende i tracciati delle schede e le funzioni di data-entry e d'interrogazione degli edifici monumentali e archeologici e delle opere contenute. Le schede sono composte dai campi anagrafici fondamentali delle schede A (architettoniche) e MA (monumento archeologico) dell'ICCD, dalle misure e dai dati relativi allo stato di conservazione. La competenza dell'ISCR nello specifico settore della conservazione è stata la base per selezionare le variabili utili a definire lo stato di conservazione dei beni e per mettere a punto il modello schedografico normalizzato da utilizzare su campo per la raccolta dei dati per la valutazione della vulnerabilità dello stato di conservazione del bene architettonico e archeologico. Gli indicatori di vulnerabilità sono stati elaborati attraverso analisi statistiche condotte su un campione iniziale di circa 800 beni schedati (405 architettonici; 218 archeologici) in base alle variabili scelte. In particolare, l'analisi condotta ha portato ad una individuazione di parametri specifici per il calcolo degli indici di vulnerabilità dei beni architettonici e archeologici. Il modello schedografico risulta articolato in due sezioni principali: la prima dedicata alle informazioni anagrafico-identificative del bene, la seconda dedicata al suo stato di conservazione. Quest'ultima, a sua volta, è suddivisa in funzione dei livelli di approfondimento che si possono raggiungere. Per avere un'idea della logica con cui funziona la scheda conservativa utilizzata dal SIT CdR, è utile confrontare i modelli in uso per l'architettura e per l'archeologia. Il software sviluppato permette l'acquisizione dei dati relativi allo stato di conservazione degli elementi tipologici dei beni corrispondenti, secondo lo schema seguente:

ARCHITETTURA	ARCHEOLOGIA
Elementi costruttivi e decorativi	Elementi costruttivi e decorativi
Fondazioni (anche se difficilmente ispezionabili)	Fondazioni
Strutture in elevazione	Strutture in elevazione
Strutture di Orizzontamento e Solai	Strutture di Orizzontamento e Solai
Coperture	Coperture
Collegamenti Verticali	Collegamenti Verticali
Pavimenti Interni	Pavimenti Interni
Pavimenti Esterni	Rivestimenti e Decorazioni
Rivestimenti	
Apparato Decorativo Interno	
Rivestimenti e Decorazioni Esterne	
Infissi interni	
Infissi esterni	
in relazione alla gestione	in relazione alla gestione
Smaltimento acque piovane	Uso del bene
Impianto idrico	Impianti sistema deflusso acqua
Impianto elettrico	Impianti smaltimento acque/idrovore
Impianto di riscaldamento	Coperture di protezione

Al momento della schedatura conservativa di ogni bene viene stimata l'intensità di 6 tipologie di danno che possono essere riscontrate per ogni elemento costruttivo e decorativo. Le tipologie di danno, valutate per ogni elemento, si classificano graduando gravità, estensione e urgenza del danno secondo una scala di intensità suddivisa in più livelli.

Tipologie di danno	
Danno generico strutturale	
Disgregazione Materiali	
Umidità	
Attacchi Biologici	
Alterazione Strati Superficiali	
Parti Mancanti	
Scala dell'intensità del danno	
Gravità	(1, 2,)
Estensione	(20%, 40%, 60%, 80%, 100%)
Grado di urgenza	(1, 2, 3)

La vulnerabilità viene definita per il monumento architettonico in 3 tipologie: vulnerabilità

Statico strutturale, Superficiale e Antropica, mentre per quella archeologica solo Globale, figura 1.

A partire dal 2006 si è approfondito l'aspetto strutturale dell'organismo architettonico realizzando l'approfondimento con il censimento di vulnerabilità sismica che ha consentito la sperimentazione di un modello di valutazione della vulnerabilità e del rischio sismico: valutazione per livelli (alto, medio, basso). Il metodo è applicato attraverso la redazione di schede, messe a punto in coerenza con le Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale emanate dal MiBACT, dalle quali desumere un livello qualitativo di vulnerabilità strutturale di edifici storici sotto sisma. I beni sono stati suddivisi nelle tre tipologie architettonico-costruttive (chiese, torri e campanili, palazzi) e per ciascun bene, oltre alla scheda anagrafica, è stato redatto un tracciato schedografico sismico. Questo metodo ha l'obiettivo di definire tre classi di rischio: 'rischio alto', 'rischio medio', 'rischio basso' combinando la classe di vulnerabilità: 'VA' vulnerabilità alta, 'VM' vulnerabilità media, 'VB' vulnerabilità bassa, valutata sulla base della probabilità di attivazione di meccanismi in caso di sisma (desunta dalla compilazione della scheda), il livello di pericolosità preso dalla zonazione sismica attualmente in uso: 'PA' pericolosità alta, 'PM' pericolosità media, 'PB' pericolosità bassa, la classe di esposizione: 'EA' esposizione alta, 'EM' esposizione media, 'EB' esposizione bassa, definita dal grado di affollamento o dalla presenza di elementi di pregio. I beni molto vulnerabili hanno una sintetica descrizione dei possibili meccanismi di danno e delle cause costruttive di tali meccanismi, figura 2.

A seguito degli eventi sismici del 2009 (Abruz-

zo) e del 2012 (Emilia Romagna), L'IsCR ha messo a punto dei moduli schedografici per la raccolta delle informazioni sulle attività di messa in sicurezza effettuate sulle opere mobili trasportate nei depositi di emergenza.

L'IsCR ha inoltre ultimato, all'inizio del 2016, all'interno del sistema informativo territoriale della carta del rischio, l'informatizzazione dei moduli schedografici così come descritto nella Direttiva del Ministero del 12 dicembre 2013 e nel suo aggiornamento del 23 aprile 2015, punto: 2.6 Procedura per la gestione delle informazioni, appendice 3 "per l'archiviazione dei dati relativi al contenuto delle schede di pronto intervento sui beni rimossi, si utilizza il sistema informativo territoriale della Carta del Rischio disponibile presso l'Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro".

Nel sistema di Carta del Rischio è stata realizzata l'apposita sezione denominata Unità di Crisi, figura 3, che gestisce:

- fase 1 - la possibilità di creare un elenco degli eventi delle calamità naturali che doversero colpire il patrimonio culturale italiano;
- fase 2 - la raccolta delle informazioni alfanumeriche e cartografiche degli immobili destinati ad essere utilizzati come depositi di emergenza secondo la circolare n°44 del 27 novembre 2015 prot. n° 14292 del Segretariato Generale;
- fase 3 - la raccolta delle informazioni alfanumeriche e cartografiche sui beni culturali architettonici e archeologici, contenitori di opere mobili, di pertinenza dei Segretariati Regionali e delle Soprintendenze territoriali;
- fase 4 - la raccolta delle informazioni anagrafiche, alfanumeriche e cartografiche sui beni culturali mobili (opere d'arte e reperti archeologici) contenute nei beni immobili contenitori (architettonici e archeologici) di perti-

nenza del territorio dei Segretariati Regionali e delle Soprintendenze territoriali;

- fase 5 - la raccolta delle informazioni delle schede di pronto intervento e messa in sicurezza sui beni mobili che risultassero danneggiati da calamità naturali;

- fase 6 - la raccolta delle informazioni degli interventi in loco nei contenitori dei beni immobili sottoposti a calamità naturali;

- fase 7 - la raccolta delle informazioni dei beni culturali rimossi e relativa scheda di accompagnamento presso i depositi di emergenza.

Occorre precisare che la carta del rischio non vuole essere una misura della probabilità che si verificano eventi dannosi, questo comporterebbe l'individuazione precisa di causa - effetto nell'ambito di tutti i fenomeni studiati ma rappresenta un approfondimento sullo stato di conservazione dipendente dalle fenomenologie che possono essere dannose al bene. Infine è bene precisare la valenza sperimentale del sistema che ha bisogno di verifiche e approfondimenti sul campo e queste attività non possono che esercitarsi di concerto con le professionalità operative delle strutture territoriali e degli enti preposti per normativa alla gestione e tutela e valorizzazione del patrimonio culturale. Oggi il sistema della carta del rischio coopera all'interno del sistema integrato e di interoperabilità per i beni culturali di vincoli in rete.

## **12.1 CHE COS'È IL SISTEMA DI INTEROPERABILITÀ DI "VINCOLI IN RETE" (VIR).**

Con il Piano eGov 2012 viene dato avvio a un programma di interventi per l'innovazione digitale nel settore dei beni culturali, finalizzato alla realizzazione della completa digitalizza-

zione dei servizi e delle risorse inerenti il patrimonio culturale. Tra i progetti strategici individuati nella convenzione sottoscritta nel 2009 tra il Segretario generale del MiBACT e il Capo Dipartimento per l'innovazione e le tecnologie della Presidenza del Consiglio dei ministri vi era l'evoluzione verso un portale disponibile per tutti gli utenti del sistema Vincoli in Rete, realizzato dall'Istituto superiore per la conservazione e il restauro e già attivo per alcune tipologie di professionisti. VIR diviene così una piattaforma di cooperazione applicativa che integra le diverse applicazioni informatiche esistenti nel MiBACT contenenti dati relativi ai beni architettonici, archeologici e paesaggistici, consentendo un punto di accesso unico per professionisti, cittadini e funzionari dell'amministrazione dove reperire tutte le informazioni anagrafiche ed amministrative relative al patrimonio culturale immobile. VIR integra quindi strumenti diversi che vanno dal censimento, alla catalogazione, alla vincolistica, alla georeferenziazione cartografica, fondando l'identificazione univoca del bene sul suo numero di catalogo generale. L'attuale sistema Vincoli in rete si pone come l'aggregatore di informazioni riferite ai beni culturali a valenza territoriale, disponibile on-line in forma semplificata e come sistema gestionale per tutti i funzionari pubblici che operano sul territorio, secondo quanto indicato anche nel piano strategico del MiBACT per la digitalizzazione del turismo italiano che prevede ambiti di intervento quali l'interoperabilità, l'utilizzo dei supporti digitali e la promozione della conoscenza, figure 4 e 5.

Vincoli in Rete ([vincoliinrete.beniculturali.it](http://vincoliinrete.beniculturali.it)) ha realizzato l'interoperabilità con le seguenti banche dati:

- la banca dati informatizzata delle sche-

de di vulnerabilità sullo stato di conservazione, sulla vulnerabilità e il rischio sismico e di tutti i decreti di vincolo dei beni architettonici e archeologici emessi dal 1909 al 2003, gestita dall'Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro ([www.cartadelrischio.it](http://www.cartadelrischio.it));

- la banca dati del sistema informativo Beni Tutelati, contenente i decreti di vincolo emessi a partire dal 2004, ed è gestita dalla Direzione Generale per Archeologia, Belle Arti e Paesaggio ([www.benitutelati.it](http://www.benitutelati.it));

- il sistema informativo generale del catalogo (SIGECweb), contenete le schede di catalogo del patrimonio culturale, gestito dall'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione ([www.sigecweb.beniculturali.it](http://www.sigecweb.beniculturali.it)) figura 6;

- la banca dati dei vincoli paesaggistici (SITAP), gestita dalla Direzione Generale per Archeologia, Belle Arti e Paesaggio ([www.sitap.beniculturali.it](http://www.sitap.beniculturali.it));

- il Geoportale Nazionale, sistema cooperante contenente la cartografia tematica del territorio italiano, gestito dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ([www.pcn.minambiente.it](http://www.pcn.minambiente.it)), figura 7;

- Ispra (Istituto Superiore per la protezione e la ricerca ambientale sistema cooperante ([www.isprambiente.gov.it](http://www.isprambiente.gov.it)), figura 8.

VIR inoltre offre agli uffici del MiBACT strumenti per la gestione cartografica dei dati relativi ai beni vincolati, per il loro aggiornamento e la loro integrazione. Per i cittadini, VIR offre strumenti di ricerca, navigazione, interrogazione e richieste amministrative verso la Pubblica Amministrazione.

Vincoli in Rete mette a disposizione degli utenti, a seconda del loro profilo di accesso, le seguenti funzionalità:

Ricerca anagrafica. È possibile ricercare le in-

formazioni sui beni culturali architettonici e archeologici e sui beni mobili partendo dai dati anagrafici (regione, comune, localizzazione, denominazione). L'esito delle ricerche è visualizzato in un elenco da cui è possibile accedere per ogni bene alla scheda di dettaglio con i relativi allegati presenti. In qualsiasi momento è possibile utilizzare la cartografia a disposizione per visualizzare i beni sul territorio. Accesso diretto alle banche dati di provenienza. Nell'apposita sezione anagrafica è possibile accedere direttamente al SIGECweb (ICCD) o a Carta del rischio (CDR) per la visualizzazione estesa delle informazioni di dettaglio.

Ricerca geografica. È sviluppata su piattaforma web OpenLayers 2.12 con base cartografica Google Maps (layer nel sistema di riferimento WGS84 pubblicati con Geoserver 2.0.3). Partendo dalle mappe è possibile selezionare, attraverso dei semplici strumenti di navigazione cartografica, una porzione di territorio e ottenere la rappresentazione dei beni architettonici e archeologici a qualsiasi titolo censiti dal MiBACT, distinti per tipologia e livello di tutela. Dalla cartografia è sempre possibile accedere alla scheda anagrafica del bene. Inoltre è possibile richiamare strati cartografici tematici sui quali visualizzare i beni culturali, con facilità e flessibilità, dalle carte del rischio sismico alle mappe di informazione turistica.

Ricerca per atti amministrativi. Attraverso i dati anagrafici di un immobile è possibile ricercare tutti gli atti amministrativi (decreti di vincolo) ad esso collegati, e visualizzarne le informazioni. Richiedendo un accredito con nome utente e password è possibile visionare il documento e richiedere informazioni all'ufficio competente.

Statistiche. Sono a disposizione dell'utente

semplici strumenti per ottenere statistiche sulla consistenza dei beni presenti nel sistema e sulla loro dislocazione geografica.

Servizi cartografici. Tra i vari servizi realizzati rivestono grande significato quelli che permettono la condivisione cartografica delle informazioni di dettaglio dei beni presenti nel sistema Vincoli in Rete da parte di server esterni. Il sistema infatti importa ed esporta strati cartografici secondo standard OGC, in formato WMS e WFS. È possibile caricare in locale dei layer in formato CSV o TXT di insiemi di punti, linee e poligoni rappresentativi di strati informativi di particolare interesse. In questo modo è possibile condividere le informazioni sulla consistenza e geolocalizzazione del patrimonio culturale con altri enti statali e regionali che operano sul territorio. Per i funzionari dell'amministrazione sono state sviluppate apposite funzioni cartografiche che permettono di modificare la georeferenziazione dei beni per poterli ricollocare nei luoghi corretti. I metodi di georeferenziazione sono di diverse tipologie, cartografica (riposizionando il bene su mappa), alfanumerico (inserendo le coordinate del bene), con il Geocoding (utilizzando l'indirizzo presente nella scheda anagrafica del bene).

Utilizzando la piattaforma di interoperabilità già realizzata per i beni immobili, è stata sviluppata quella riferita ai beni mobili (opere d'arte e reperti archeologici); partendo dai dati contenuti nel sistema Carta del rischio (ISCR) e nel sistema del catalogo SIGECweb (ICCD), sarà successivamente possibile estendere la cooperazione a tutti gli altri sistemi del MiBACT e di altri enti, attraverso il perfezionamento e l'evoluzione del concetto di "contenitore" di beni mobili già presente e sviluppato in SIGECweb. Questo permetterà alla piatta-

forma integrata di accrescere il suo contenuto informativo, sia per il pubblico che per i funzionari dell'amministrazione, attraverso la rappresentazione cartografica delle quantità di opere contenute nei beni immobili presenti nel sistema, con evidenti importanti ricadute funzionali sia nell'ambito della prevenzione del rischio e nella gestione dell'emergenza che sul fronte del turismo culturale e degli open data.

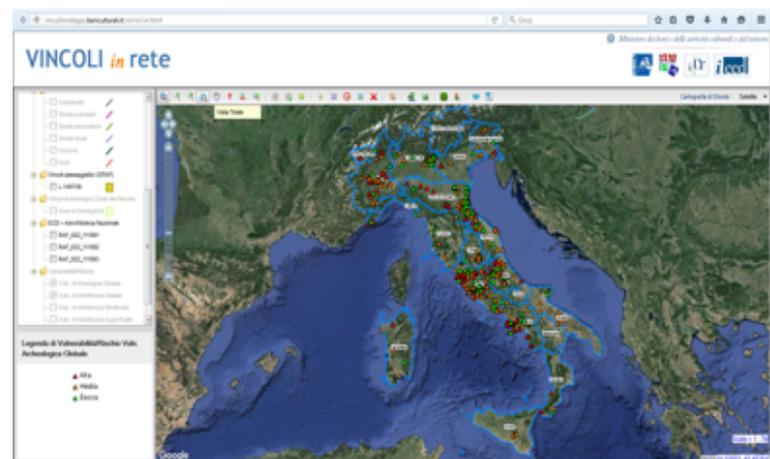


Figura 22: distribuzione della vulnerabilità (Alto, Medio, Basso) dei beni architettonici e archeologici.

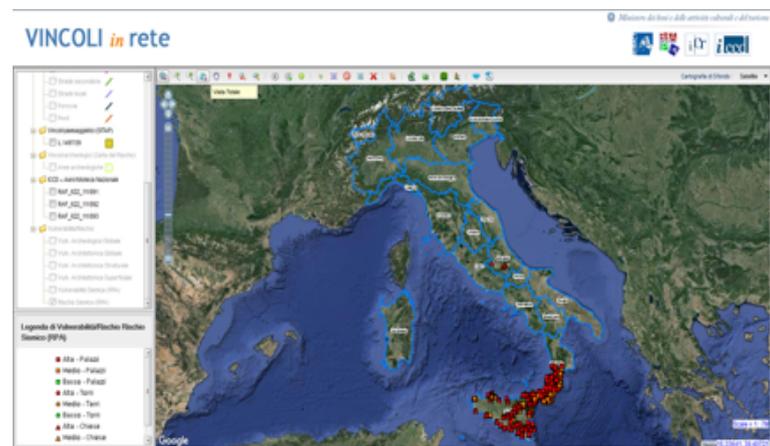


Figura 2: distribuzione della vulnerabilità e rischio sismico (Alto, Medio, Basso per le tipologie Palazzi, Chiese, Torri e Campanili).



Figura 3: sistema informativo territoriale della carta del rischio – sezione Unità di crisi.



Figura 5: sistema informativo territoriale di interoperabilità di vincoli in rete. Distribuzione del Patrimonio Culturale.



Figura 4: sistema informativo territoriale di interoperabilità di vincoli in rete.



Figura 6: SIGECweb, dell'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione (ICCD).

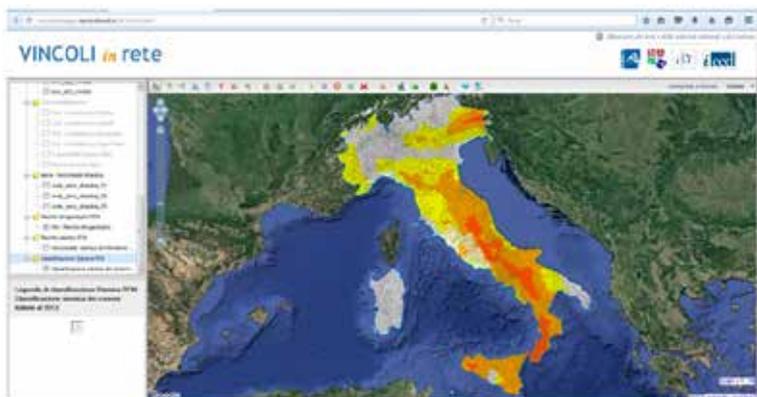


Figura 7: fonte Geoportale Nazionale, servizio wms della classificazione sismica del territorio.

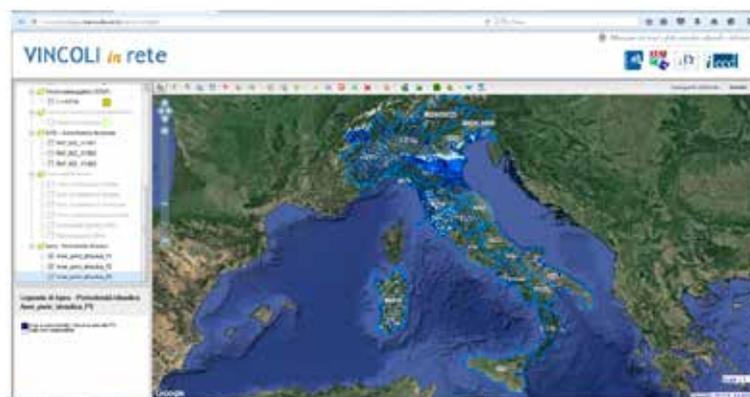


Figura 8: fonte Ispra, servizio wms della Pericolosità idrogeologica.

## AGRADECIMIENTOS

Las investigaciones de Daniela Díaz Fuentes, Pilar Baquedano Juliá, Fabiana Navia Miranda, Jahdiel Villafuerte Oporto, Cindy Calbimonte Pérez, Sandra Graus Quevedo, Rafael Ramírez Eudave y Santiago Granda Jaramillo, forman parte del Erasmus Mundus-Action 2, Partnerships Programme [ema2] mediante el proyecto de beca y movilidad “Euro-Latin America partnership in natural risk mitigation and protection of the cultural heritage-elarch”, financiado por la Comisión Europea y coordinado por la Universidad de la Basilicata, Italia. Estos documentos reflejan sólo la opinión del autor, y la comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información aquí contenida.



Elaborazione Grafica  
Tipografia  
**Stampa3**