

Método de elementos finitos aplicado al estudio de estructuras existentes: casos de cargas de gravedad

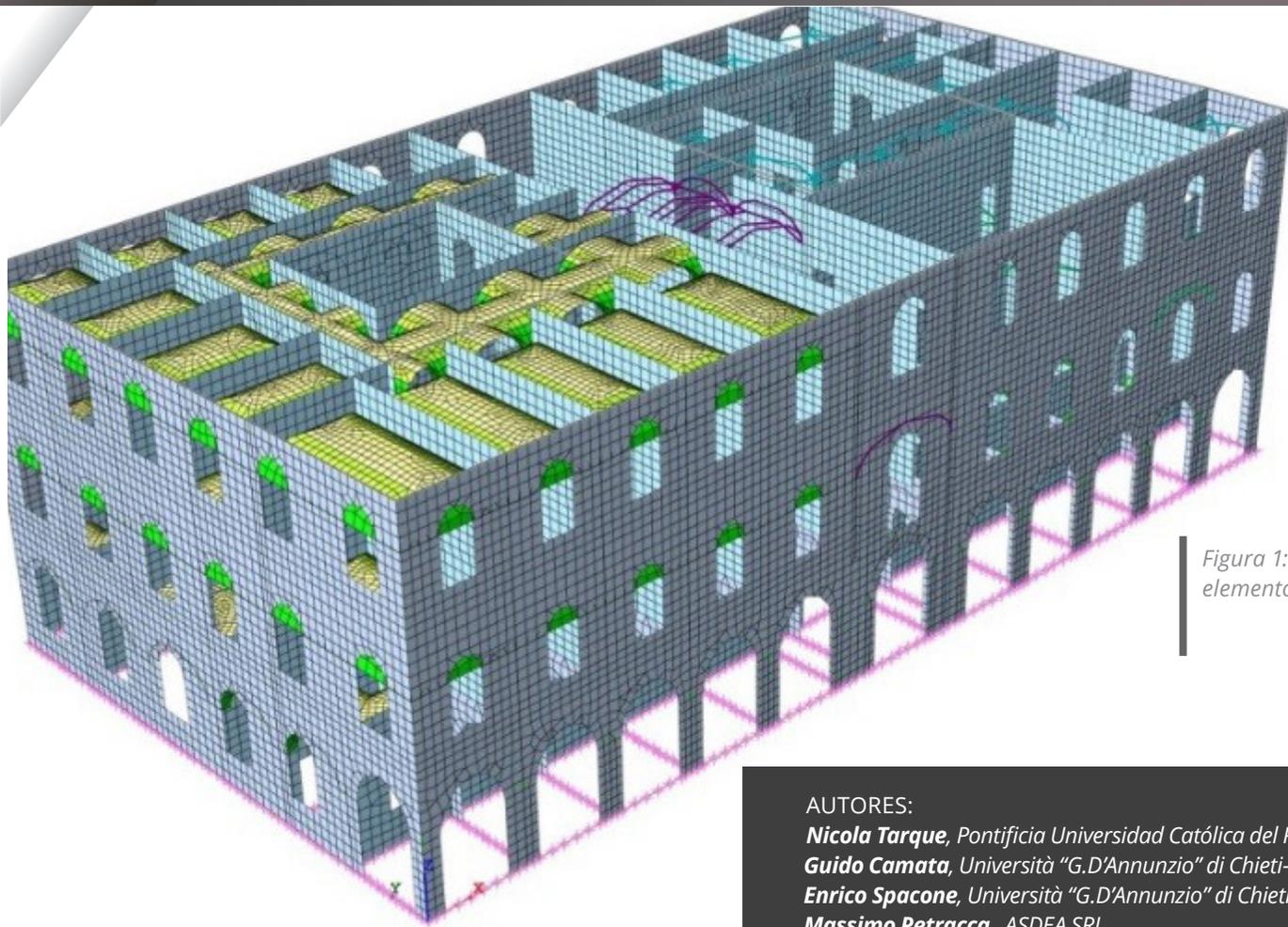


Figura 1: Modelo de elementos finitos

AUTORES:

Nicola Tarque, Pontificia Universidad Católica del Perú

Guido Camata, Università "G.D'Annunzio" di Chieti-Pescara

Enrico Spacone, Università "G.D'Annunzio" di Chieti-Pescara

Massimo Petracca, ASDEA SRL

TEXTO ADAPTADO

André Valderrama Espinoza - m.valderramae@pucp.pe

Dante Quispe Vilca - dante.quispev@pucp.pe

Alumnos PUCP

El método de análisis no lineal se está convirtiendo en uno de los más empleados dentro del mundo profesional, puesto que permite reproducir de forma muy precisa el comportamiento estático y dinámico de cualquier estructura.

Durante los últimos años, se han concebido métodos de cálculo cada vez más sofisticados, y el continuo desarrollo de programas comerciales ha permitido a los ingenieros profesionales aproximarse al análisis no lineal, antes utilizado exclusivamente en la investigación científica teórica.

La aplicación de este método a problemas reales ha planteado, no obstante, diversas preguntas sobre el procedimiento de análisis, la selección de materiales, las leyes constitutivas, la tolerancia de errores, etc. El propósito de este artículo es ilustrar de forma general sobre las ventajas del método de análisis no lineal en el estudio de una estructura de albañilería solicitada a cargas de gravedad.

CONSIDERACIONES SOBRE EL ANÁLISIS NO LINEAL

El diseño de una estructura nueva puede ser eficazmente estudiado, en términos de resistencia, utilizando el análisis lineal. Este análisis generalmente provee un resultado conservativo que permite encontrar el estado límite último y de colapso. En algunos casos complejos también se hace necesario evaluar otros estados límites, como el de servicio; para ello se requiere un análisis más refinado.

En comparación con el análisis lineal, el modelo no lineal es más eficaz en la evaluación de la seguridad y vulnerabilidad de la estructura existente, ya que permite optimizar la intervención del refuerzo sísmico, y evaluar con mayor precisión el factor de seguridad estático y dinámico. Realizar un análisis no lineal utilizando el método de elementos finitos requiere aún de mucha experiencia y competencia para volverse de uso rutinario en la evaluación de estructuras nuevas y existentes. A diferencia del análisis lineal, la aplicación de este método no es inmediata y parte de supuestos que pueden tener impacto significativo en los resultados, tales como la selección del tipo de elemento, la elección de criterios de convergencia, la definición de la historia de la carga y del método de aplicaciones de carga, las definiciones del registro sísmico, la elección del vínculo constitutivo, el tipo de malla utilizada, etc. Además, el análisis no lineal genera una enorme cantidad de datos complejos que es necesario interpretar y gestionar, en particular en el caso del análisis con integración paso a paso.

La incertidumbre sobre la selección de las propiedades de los materiales a estudiar y la incertidumbre en relación al modelo matemático en sí deben ser evaluadas con mayor atención mediante el desarrollo de un estudio paramétrico: solo así se podrá conocer cuáles son más influyentes en el resultado final.

EVALUACIÓN DE UN EDIFICIO HISTÓRICO DE ALBAÑILERÍA SOLICITADO A CARGAS VERTICALES

En el caso de un edificio histórico dañado por el terremoto del 6 de abril de 2009, en la zona L'Aquila, en Italia, se realizó un análisis por cargas de gravedad, en el cual la modelación estructural era compleja debido a la geometría del edificio. Sin embargo, con la ayuda de programas CAD fue posible obtener una buena aproximación. El modelo que se utilizó, elaborado mediante la utilización del método de elementos finitos, se desarrolló en el programa de cálculo Midas FEA (2009), usando 3,589 elementos "beam" y 51,556 elementos "shell" (Figura 1).

Si bien a menudo se sugiere el uso de elementos monodimensionales, en estructuras complejas estos no representan correctamente la distribución de esfuerzos, en particular cuando las puertas y ventanas no están alineadas verticalmente.

El desarrollo de modelos complejos implica la formulación de diversas hipótesis, por ejemplo, respecto de la conexión existente entre bóvedas y columnas (Figura 2): una excesiva concentración de tensiones en la zona de la unión bóveda-columna podría dar inicio a la falla en esa zona localizada y ocasionar que el análisis no sea continuo.

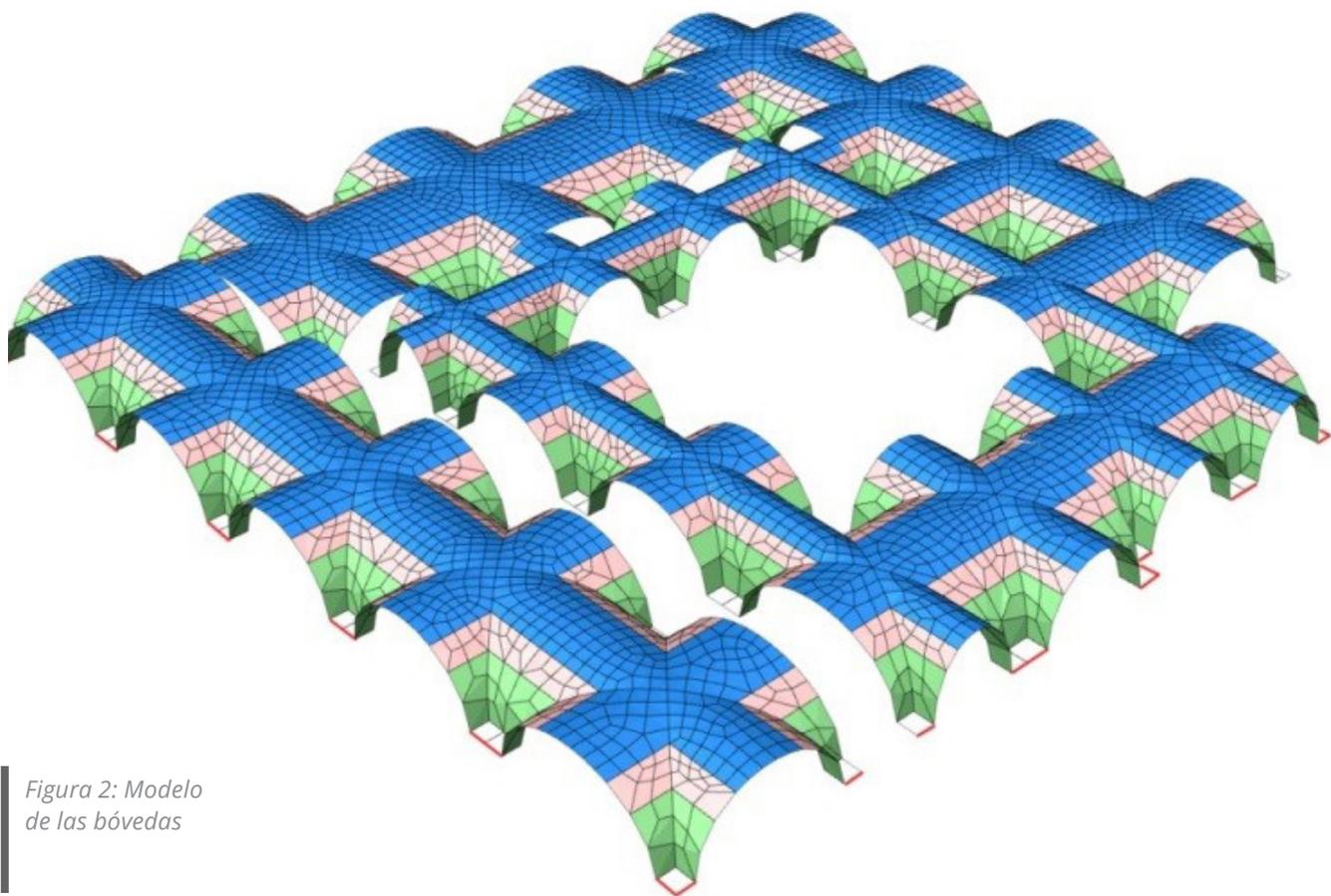


Figura 2: Modelo de las bóvedas

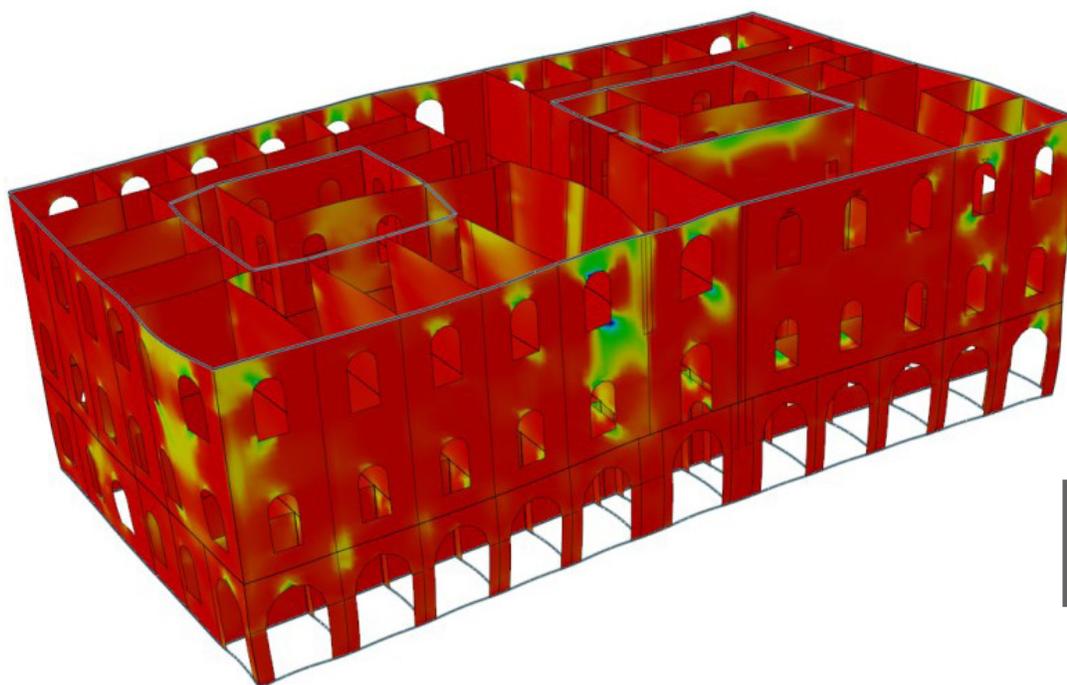


Figura 3: Deformaciones principales debido a cargas de gravedad

Para evitarlo es preferible colocar un elemento muy rígido entre bóveda y columna, y de esa forma obtener una mejor distribución de esfuerzos.

Soluciones planteadas sobre la base de suposiciones como esta ayudarán a que el modelo arroje resultados más cercanos a la realidad. En el caso particular de este edificio, la albañilería de ladrillos fue representada a través de un modelo constitutivo denominado Total Strain Crack.

Este modelo distingue leyes constitutivas a compresión y a tracción, tanto en la parte lineal como en la no lineal. Los valores de las propiedades de los materiales fueron obtenidos a través de ensayos in situ.

El análisis por cargas de gravedad indicó que el modelo matemático reprodujo el deterioro actual del edificio y el estado del techo. Este primer análisis proporcionó información esencial para identificar los elementos críticos y así plantear la necesidad de un posible refuerzo. En la Figura 3 se aprecian las zonas con mayor deformación, que indirectamente indican las zonas con posible agrietamiento. Comparando las figuras 3 y 4 se puede observar una similitud de figuración con el patrón real de daños.

CONCLUSIONES

El empleo del análisis no lineal es eficaz para predecir correctamente la respuesta de estructuras sujetas a diversas acciones, en este caso en particular a cargas de gravedad. Los resultados que se obtienen permiten evaluar detalladamente el comportamiento de la estructura y adquirir valiosa información que puede ser usada en las fases de intervención.

El progreso alcanzado durante los últimos años en el campo del análisis no lineal es considerable, y ya debería ponerse en práctica para el diseño de edificaciones esenciales y, sobre todo, para analizar la vulnerabilidad de estructuras existentes.

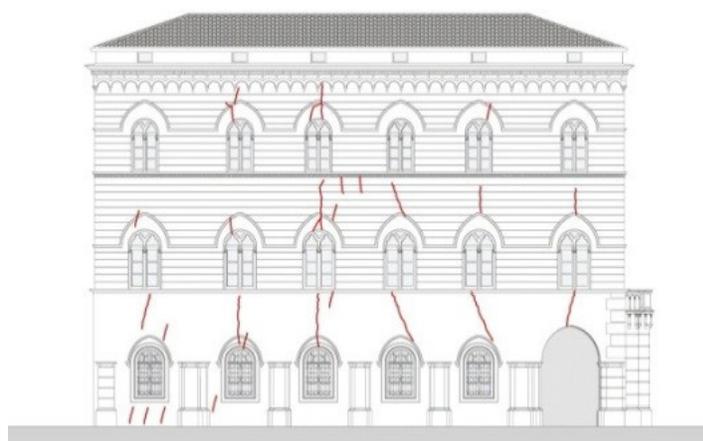


Figura 4: Esquema de fisuras reales en las caras sur del edificio



REFERENCIAS:

- Midas FEA v2.9.6 (2009) Nonlinear and detail FE Analysis System for Civil Structures. Midas Information Technology Co. Ltd