

Boletín N° 296
29 de agosto de 2018

Analiza INAH el subsuelo del Templo y Ex Convento de Tochimilco, Puebla, afectados por sismo

*** Con el uso de georradar y la realización de una tomografía de resistividad eléctrica, se busca conocer las condiciones del terreno y de la cimentación del inmueble, previo a su intervención

*** Se trata de tecnología de punta no invasiva ni destructiva, que la institución utiliza en la recuperación del patrimonio cultural dañado por los sismos

La utilización de recursos tecnológicos que contribuyan en la recuperación del patrimonio cultural dañado por los sismos de 2017, es una de las acciones que realiza el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), mediante el uso de tecnologías no invasivas en los estudios preparatorios a la restauración en diversos inmuebles afectados.

Ejemplo de ello son el radar de penetración terrestre o georradar y la tomografía de resistividad eléctrica que un equipo de especialistas del INAH, encabezado por el doctor José Ortega Ramírez, usan en el Templo y Ex Convento de Nuestra Señora de la Asunción, en Tochimilco, Puebla, con el fin de conocer las condiciones actuales del subsuelo y su cimentación, previo a su intervención.

El complejo conventual franciscano, considerado un ejemplo relevante de la arquitectura religiosa del siglo XVI en América y uno de los 14 monumentos que comprende la ruta de los “Primeros Monasterios del Siglo XVI en las Laderas del Popocatepetl”, reconocida como Patrimonio Mundial por la UNESCO, tuvo diversos daños, entre ellos grietas longitudinales a lo largo de las bóvedas de la nave principal del templo.

El responsable del Laboratorio de Geofísica del INAH, el doctor José Ortega Ramírez, mencionó que su participación en este proyecto de restauración se debe a la iniciativa de la Coordinación Nacional de Monumentos Históricos de la institución, el Centro INAH Puebla, el Instituto de Ingeniería de la UNAM y la UNESCO, quienes le solicitaron colaborar con el estudio estructural para contar con bases científicas e ingenieriles del inmueble.

“Para restaurar las bóvedas del templo se instalará un gran andamiaje y apuntalamientos, cuyo considerable peso será soportado por el piso de la iglesia, por lo que se nos solicitó analizar el subsuelo de ésta para conocer las condiciones en las que se encuentra, si hay alguna cavidad o elemento que pudiera interferir o representar un riesgo para su instalación en el templo”, indicó.

Asimismo, se realiza un estudio estructural de la profundidad y espesor de las cimentaciones, en colaboración con el Instituto de Ingeniería de la UNAM, con lo que se podrá reconstruir el inmueble con mayor fortaleza y estabilidad.

El georradar, montado en un vehículo de tres ruedas, similar a una carriola, emite ondas electromagnéticas hacia el subsuelo a través de una antena con una frecuencia determinada, mismas que al chocar o encontrar algún material o elementos con distintas propiedades eléctricas, principalmente la conductividad eléctrica, generan una reflexión (cambio de dirección o sentido de su propagación) que regresa hacia la superficie y es registrada por una antena receptora.

El equipo emite ondulaciones casi instantáneas, con lapsos pequeños que se miden en nanosegundos (una billonésima de segundo), después se hace un muestreo de esas reflexiones para generar una imagen en dos dimensiones. Los datos son filtrados o procesados —muchas de las veces la señal es menor que el ruido ambiental provocado por las frecuencias de celulares, radio y televisión—, cuyo resultado es una imagen que permite interpretar anomalías que podrían ser fracturas, cavidades, humedad o cualquier accidente que puede tener el subsuelo.

“Con el georradar, hasta el momento, hemos sondeado el subsuelo del frente de la entrada principal del templo, donde se aprecian anomalías como humedad y una fractura, que podría ser una falla geológica. En la parte interior, al centro de la iglesia, se localizó una alteración, que aún estamos por definir, a una profundidad de dos metros y medio, aproximadamente, lo que puede generar un impacto directo en la cimentación al momento de colocar las pesadas estructuras”, explicó Ortega.

El doctor en geología por la Universidad Estrasburgo, Francia, indicó que el georradar funciona con antenas de baja frecuencia, de 100 y 200 MHz (Megahertz), con mayor penetración en el subsuelo pero de poca definición a profundidades someras, y dos de alta densidad de 900 y 1500 MHz, montadas en un carrito electrónico que mide velocidad y distancia, lo que permite un sondeo más preciso; con ellas también se pueden analizar muros, posibles fracturas, su correcta inyección (con la cantidad suficiente de cementantes para ello) o el riesgo de pérdida de aplanados.

De la misma forma y en colaboración con el Instituto de Ingeniería de la UNAM, el equipo del doctor Ortega realiza un análisis de resistividad eléctrica del subsuelo, que mide la resistencia que oponen los materiales en el subsuelo al paso de la corriente eléctrica que se le inyecta para conocer la profundidad y espesor de las cimentaciones.

“Se colocan dos electrodos de inyección con los que se aplica corriente directa al subsuelo y se miden —con otros dos polos— las diferencias de potencial o voltaje que existe debajo de la superficie a la misma distancia donde se colocaron los cuatro

electrodos. La imagen que se obtenga expondrá los diferentes valores de resistividad (medidos en Ohm-Metro): si son valores muy altos es que se trata de materiales muy resistentes, o muy bajos, que serían conductivos”, detalló.

Por ejemplo, continuó, si hay valores muy bajos de resistividad y muy altos de conductividad, se trata de un material que está muy húmedo y que conduce la electricidad inyectada, pero, si la resistividad es muy alta se podrá inferir que se trata de un muro, o en su caso, una cavidad, que son cuerpos superresistentes porque la energía eléctrica no viaja en el espacio o en oquedades.

La profundidad reflejada en el análisis se relaciona con la distancia donde se ubiquen los electrodos. La configuración inicial, con cuatro polos llamados cuádrupolos, va a variar, ya que a mayor distancia entre polos habrá mayor profundidad, para que sea menor hay que cerrar la distancia entre ellos, cuyo resultado es una profundidad pero mayor definición en la parte más superficial.

“El método de resistividad eléctrica aplicado a la arqueología, data de los años cincuenta, pero su aplicación en la restauración del patrimonio cultural afectado por el sismo es un caso muy particular, ya que, aunque en sus orígenes era un método invasivo debido a que había que perforar para meter el electrodo y tener un contacto perfecto con el subsuelo, ahora se utilizan electrodos planos, por lo que esta técnica la aplicamos en muros, y es algo novedoso en México”.

Expuso que se realizan tomografías con esta técnica, que son una suerte de cortes en muros, para conocer el espesor y profundidad de la cimentación por medio de la inyección de corriente eléctrica y mediciones de variaciones en el voltaje al inyectar esa energía.

A los ingenieros también les interesa saber si los cimientos no han sido afectados por humedad o si hay alguna corriente de agua subterránea que pudieran estar erosionando la base, lo que provocaría efectos de hundimiento o desplazamientos que afectan las estructuras, por lo que es otro de los objetivos del estudio de resistividad.

El titular del Laboratorio de Geofísica del INAH manifestó que con los resultados de los estudios, los responsables de la restauración podrán tomar decisiones para la recuperación del inmueble.

“La aplicación de este tipo de tecnología en la recuperación del patrimonio cultural no debe verse sólo como parte del expediente del proyecto de restauración, sino como un elemento importante en este trabajo que realiza el INAH, pues ofrecen datos científicos concretos, de manera rápida, que ayudarían en el desafío que tiene el instituto por delante”, finalizó el doctor.