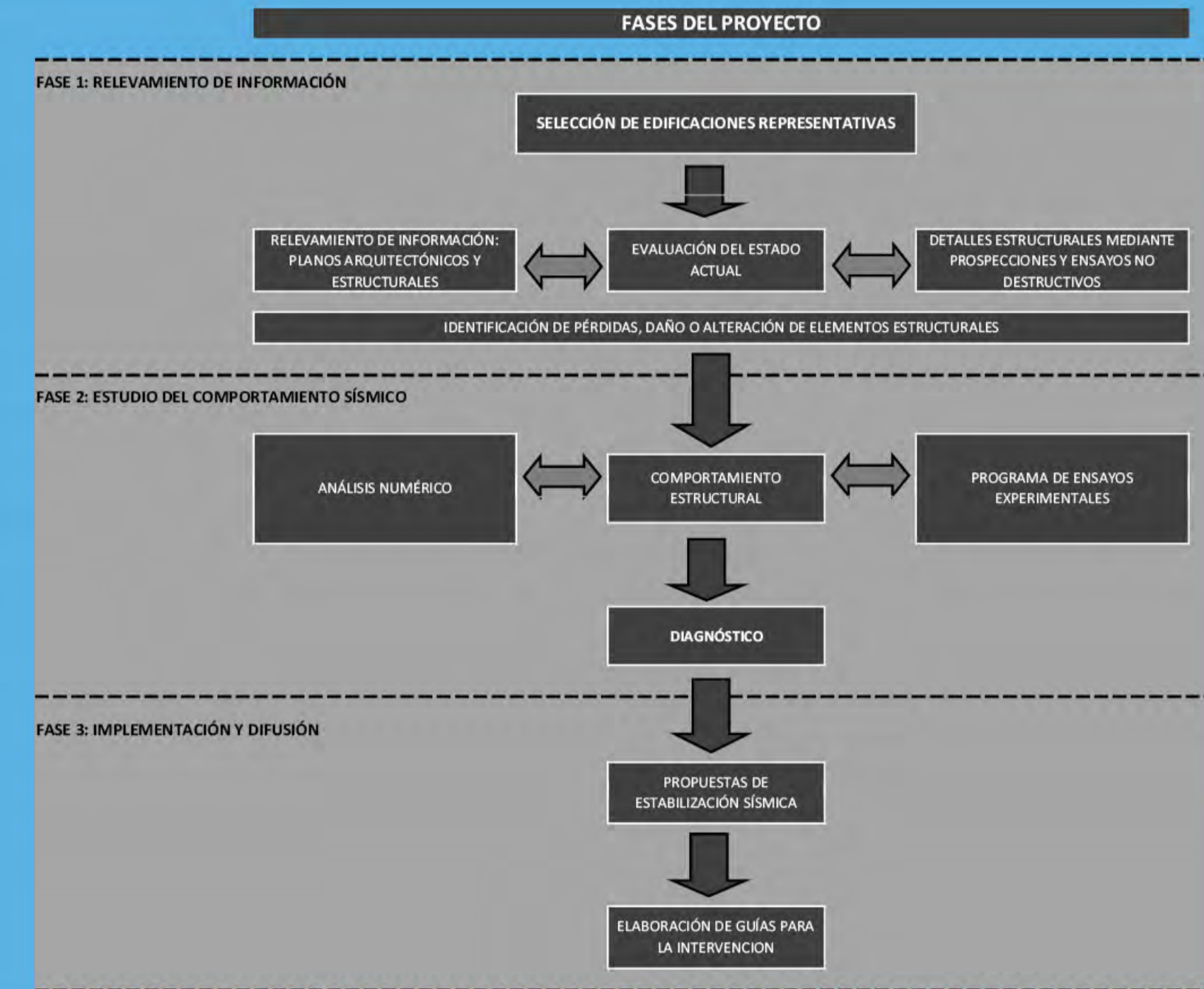


## Técnicas de estabilización sísmica para edificios históricos de tierra



Los sismos en el Perú son responsables de la pérdida de importante patrimonio arquitectónico de todos los materiales de construcción, sin embargo los edificios de tierra son los más vulnerables a estos efectos por su gran masa y mínima resistencia a la tracción. En el Perú así como en gran parte del mundo no existen códigos ni recomendaciones oficiales relacionadas al tratamiento estructural de edificios históricos de tierra lo que dificulta su tratamiento y conservación. Este proyecto tiene como objetivo generar conocimiento experimental y analítico que posibilite desarrollar lineamientos simples para la evaluación e intervención estructural en edificios históricos construidos con tierra de forma que resistan los frecuentes sismos a que pueden estar sometidos.

El "Proyecto de Rehabilitación y Refuerzo Sísmico", SRP por sus siglas en inglés, tiene tres socios, el Getty Conservation Institute (GCI), quién es el promotor del proyecto y aporta económicamente; la University College London (UCL), quién se encarga de elaborar los modelos matemáticos que simulan el comportamiento de los edificios y la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), quién es la responsable de la caracterización de los materiales históricos y sistemas constructivos. Asimismo existen convenios con el Ministerio de Cultura del Perú quién participa activamente del proceso; además la PUCP viene trabajando con la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), en lo relacionado a la investigación de las maderas.

Los socios son responsables de las cuatro fases del proyecto: levantamiento de información, evaluación y diagnóstico, elaboración de los lineamientos e implementación.

Se escogieron cuatro edificios representativos del patrimonio histórico construido en tierra en el Perú los cuales se analizaron en detalle desde el punto de vista analítico y experimental: el Hotel Comercio que representa la casona limeña, la Catedral de Ica, dañada en el sismo de 2007, que caracteriza a las iglesias costeras, la Iglesia de Kuño Tambo, típica iglesia rural cusqueña y la Casa Arones, representativa de las casonas cusqueñas.

En la PUCP, se han ensayado y analizado materiales, conexiones y subestructuras de los sistemas constructivos históricos. Este trabajo se viene realizando con alumnos de pregrado y post grado de la Facultad de Ciencias e Ingeniería. A la fecha se han realizado más de 270 ensayos de laboratorio.



### CUATRO EDIFICIOS TÍPICOS EN PERÚ

Se identificaron cuatro edificios de tierra con tipologías representativas del patrimonio histórico del Perú y Sudamérica vulnerables a la acción de sismos.

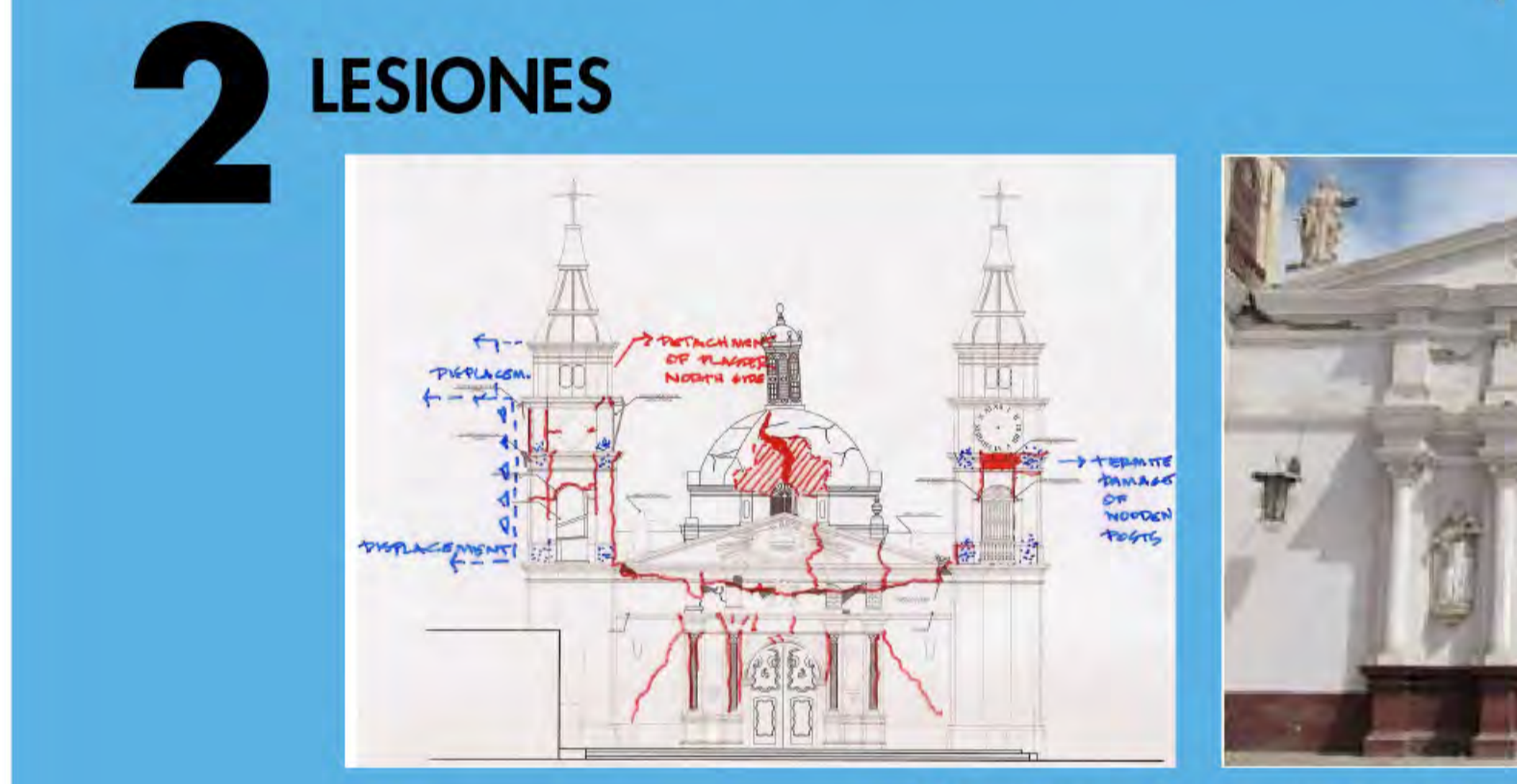
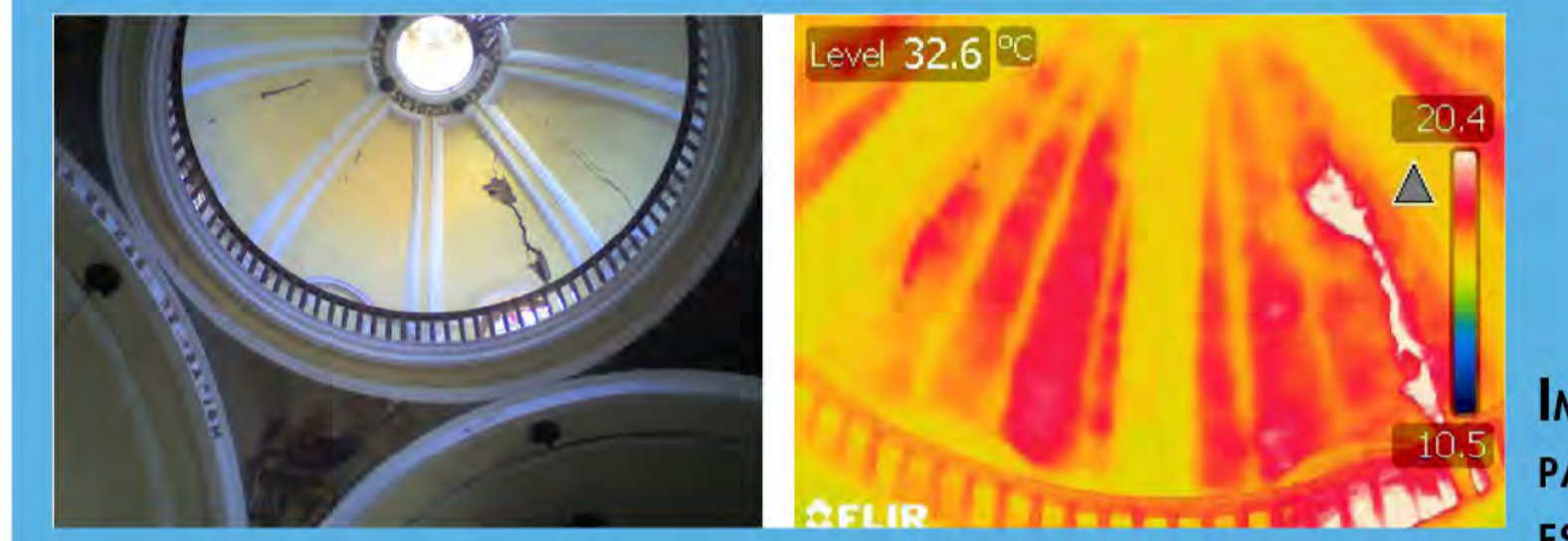
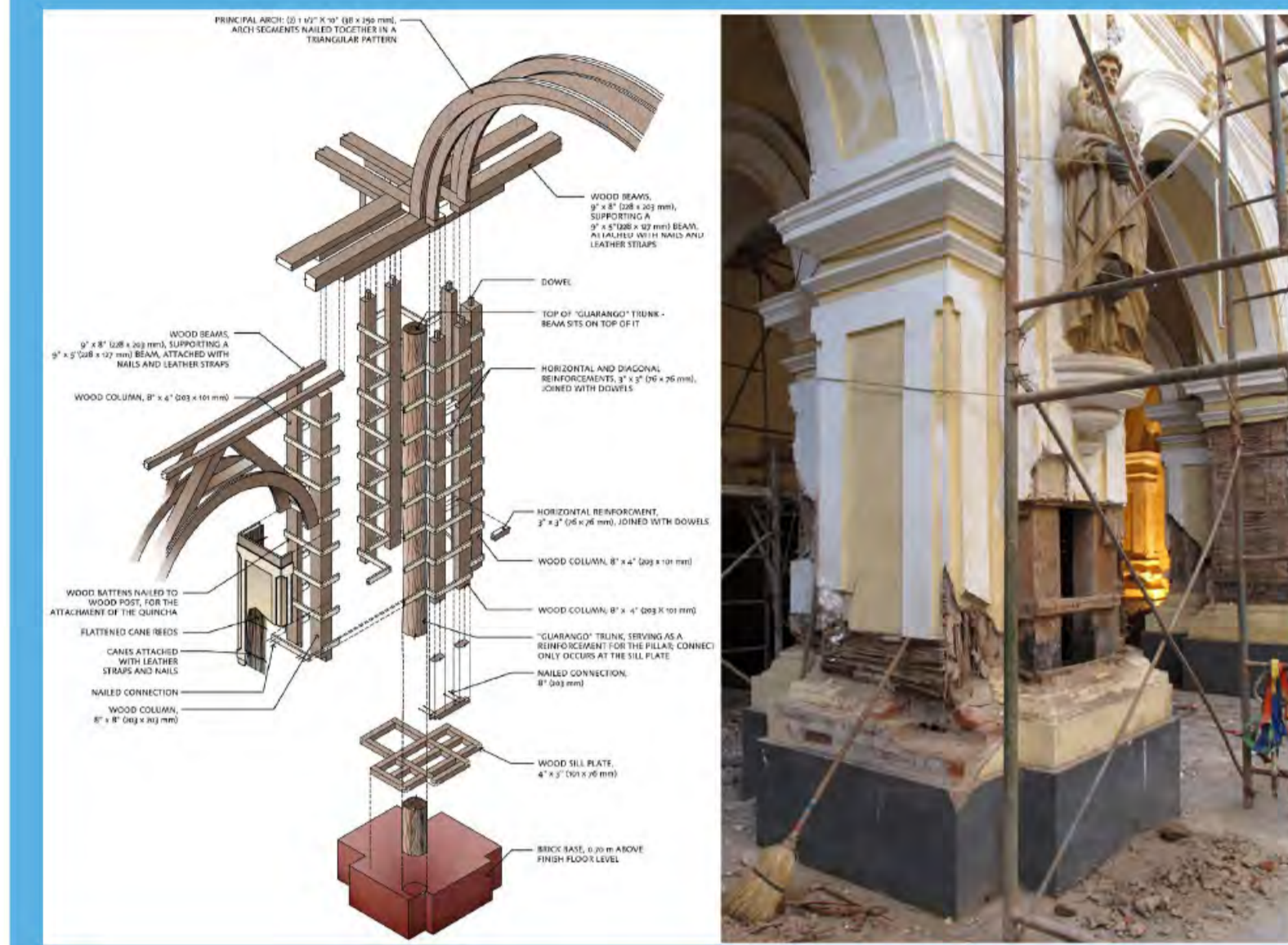
- TIPOLOGÍA 1** Vivienda de adobe y quincha, representativa de la casona virreinal limeña. Se eligió al Hotel Comercio, un edificio del siglo XIX de tres pisos que está ubicado en el Centro Histórico de Lima.
- TIPOLOGÍA 2** Iglesia de muros de adobe con cúpula, bóvedas y pilares de madera, representativa de las iglesias costeras. Se eligió la Catedral de Ica, edificio del siglo XVIII afectado por el sismo del 2007.
- TIPOLOGÍA 3** Iglesia rural con muros de adobe, techo con par y nudillo y pintura mural en el interior. Representativa de las iglesias virreinales serranas. Se eligió la Iglesia de Kuño Tambo, del siglo XVII, localizada en las afueras de la ciudad del Cusco.
- TIPOLOGÍA 4** Vivienda de adobe de dos niveles y techo de par y nudillo, representativa de las casonas virreinales cusqueñas. Se eligió la Casa Arones, del siglo XVII, localizada en el Centro Histórico del Cusco.

El "Proyecto de Rehabilitación y Refuerzo Sísmico", SRP por sus siglas en inglés, tiene tres socios, el Getty Conservation Institute (GCI), quién es el promotor del proyecto y aporta económicamente; la University College London (UCL), quién se encarga de elaborar los modelos matemáticos que simulan el comportamiento de los edificios y la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), quién es la responsable de la caracterización de los materiales históricos y sistemas constructivos. Asimismo existen convenios con el Ministerio de Cultura del Perú quién participa activamente del proceso; además la PUCP viene trabajando con la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), en lo relacionado a la investigación de las maderas.

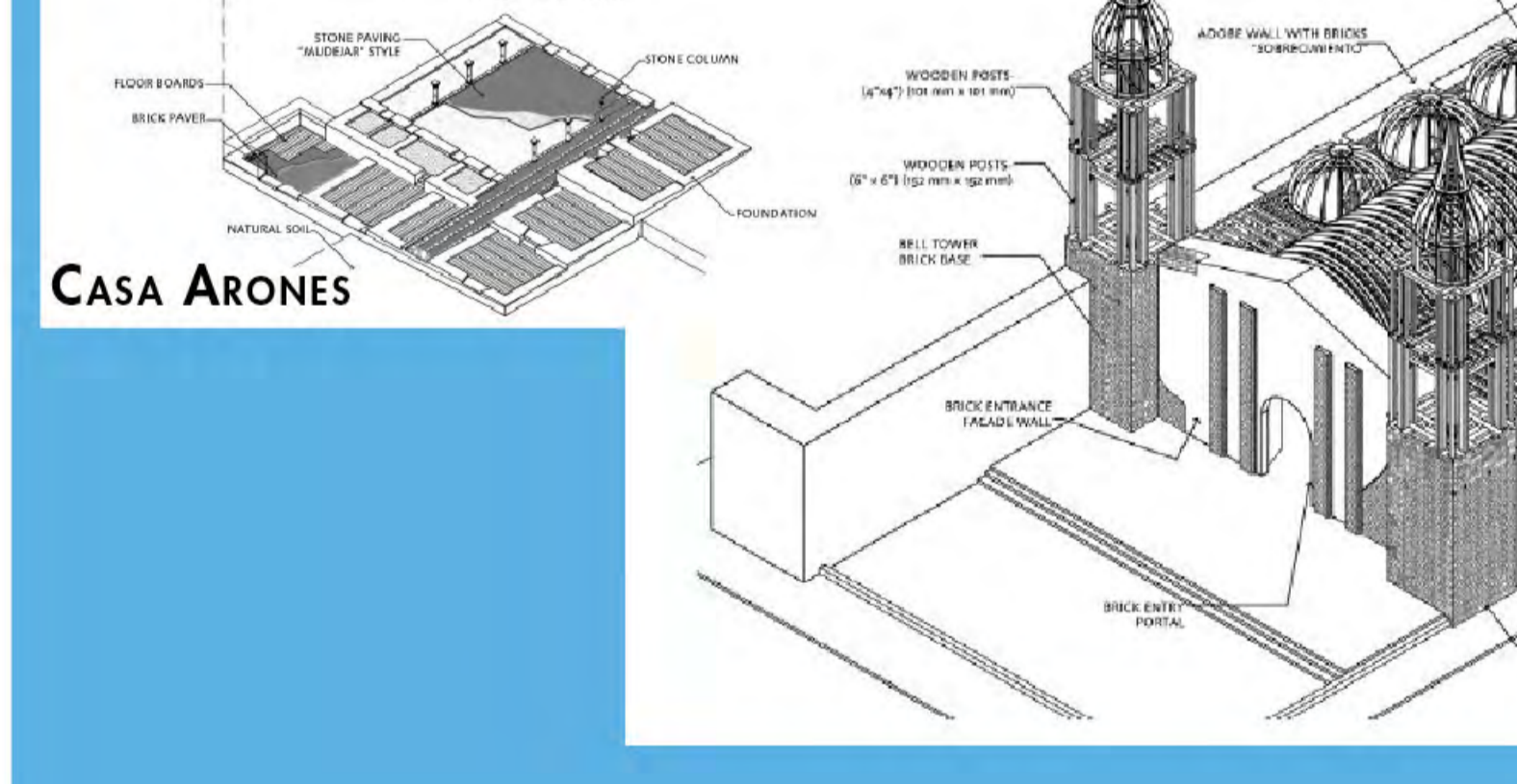
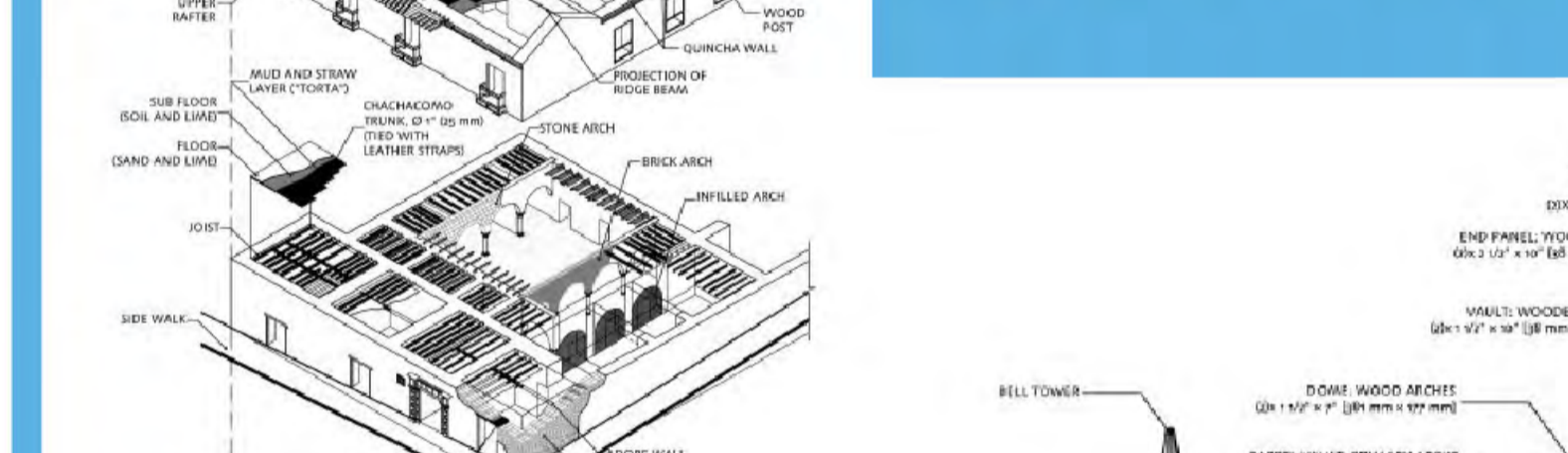


### SISTEMAS CONSTRUCTIVOS Y MATERIALES

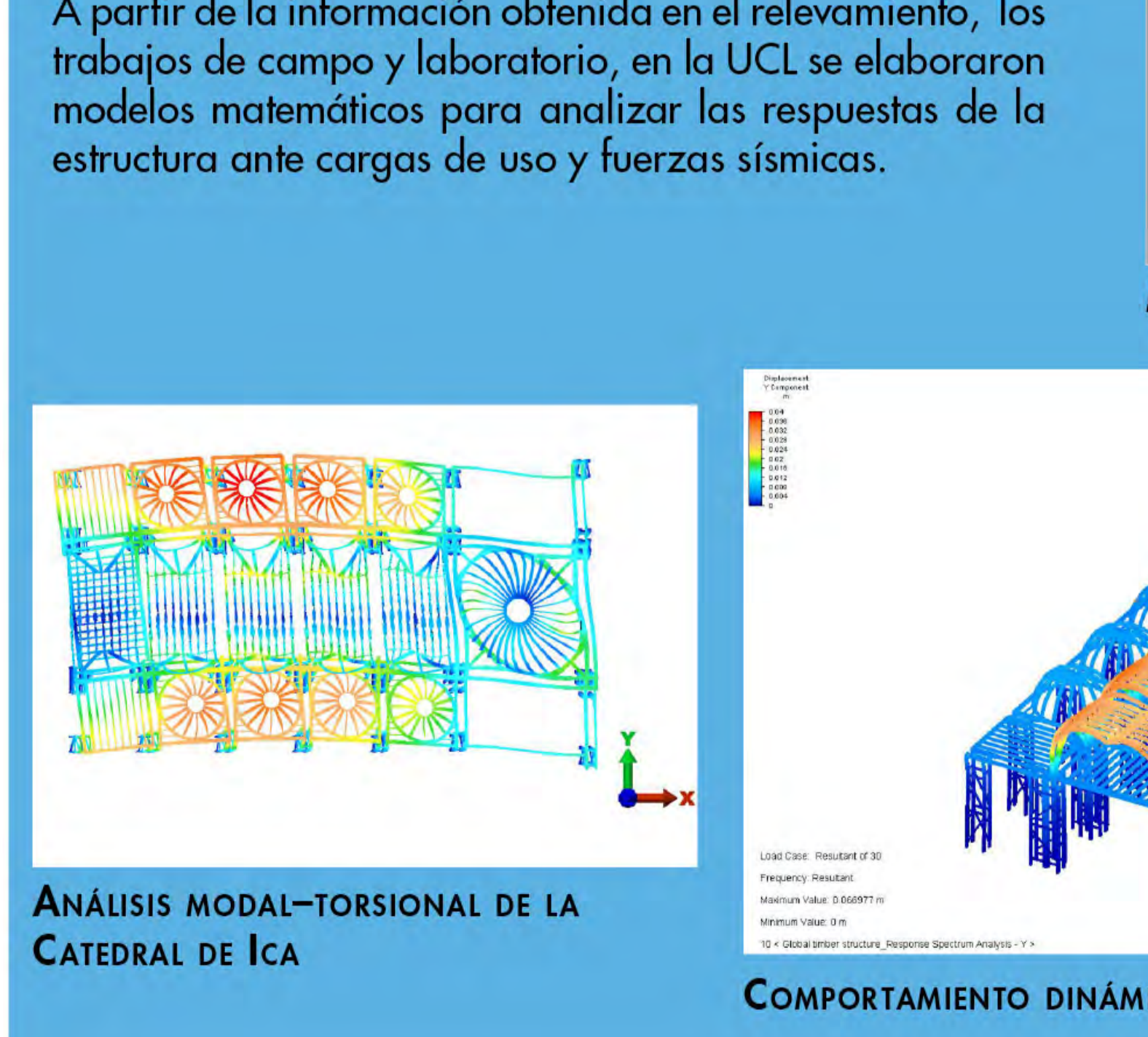
**1 TRABAJO DE CAMPO**  
Se realizó trabajo de campo para la elaboración de los planos arquitectónicos, estructurales y el registro de lesiones.



### 2 LESIONES



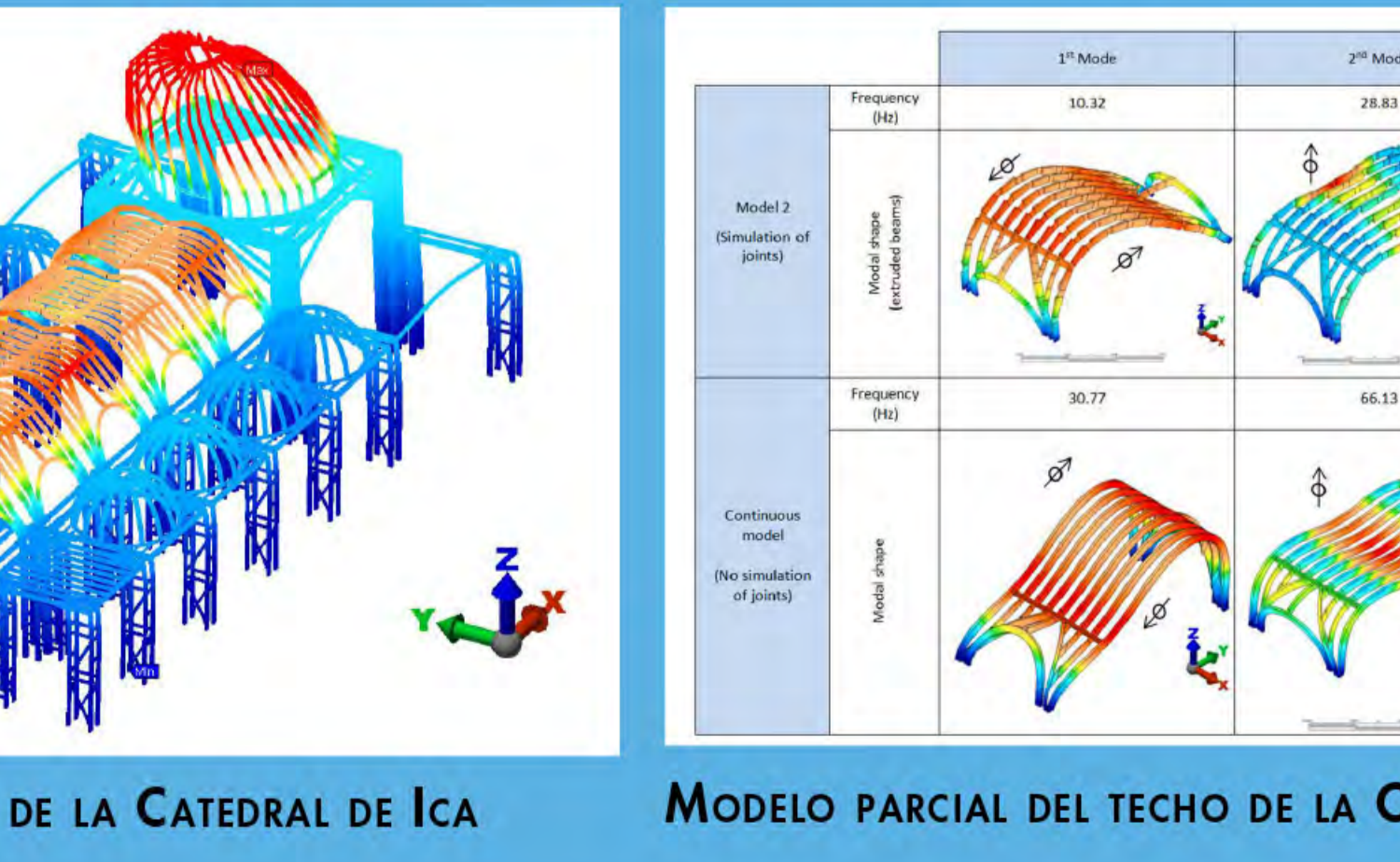
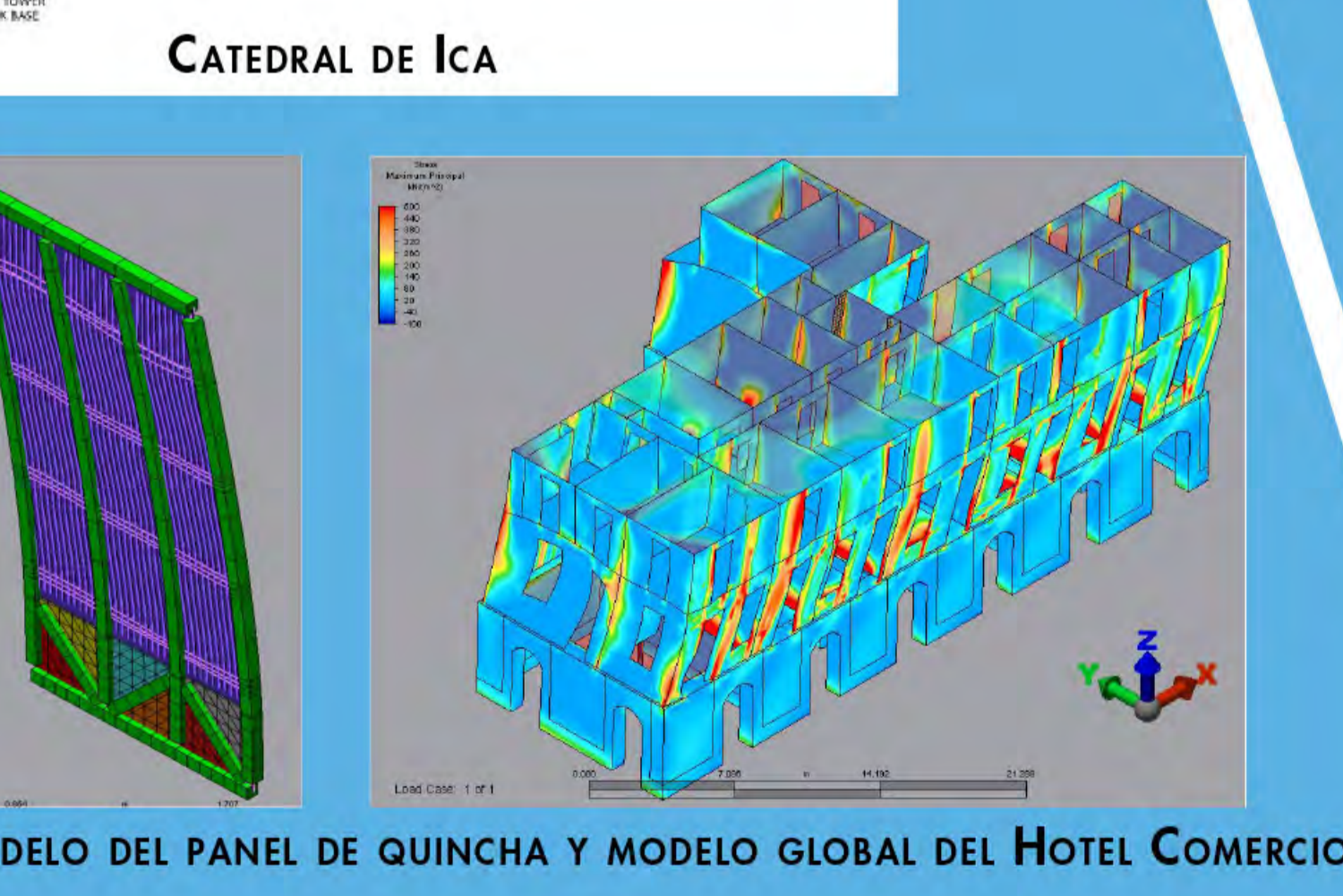
### 3 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS



### RELEVAMIENTO DE DETALLES CONSTRUCTIVOS (CATEDRAL DE ICA)

### IMÁGENES TÉRMICAS PARA CONOCER LA ESTRUCTURA EN DETALLES (CATEDRAL DE ICA)

### ESQUEMA TÍPICO DE CARACTERIZACIÓN DE DAÑOS. (CATEDRAL DE ICA)



### INVESTIGADORES RESPONSABLES

Daniel Torrealva y Erika Vicente

### ASISTENTES DE INVESTIGACIÓN

Juan Carlos Parra, Alexis Rossi, Oswaldo Sáenz, Leslie Quiroz, Luiggi Vargas, Edwards Gonzales, Jaffet Villena, Lourdes Mogollón, Diego Regalado y Charlotte Deschamps

### FINANCIADO POR

Getty Conservation Institute y Dirección de Gestión de la Investigación

### INSTITUCIONES INVOLUCRADAS

Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), University College London (UCL), Universidad Nacional La Molina (UNALM), Getty Conservation Institute (GCI) y Ministerio de Cultura

### ENSAYOS PARA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES, ELEMENTOS, Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

#### 1 IDENTIFICACIÓN Y PROPIEDADES DE LA MADERA ORIGINALES

Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)



#### 2 PROPIEDADES DE LA MAMOSTERÍA DE ADOBE

Laboratorio de estructuras antisísmicas (PUCP)



#### 4 PROPIEDADES DE LA MAMOSTERÍA DE LADRILLO Y PIEDRA

Laboratorio de estructuras antisísmicas (PUCP)

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO		Número de ensayos
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOBE	RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA UNIDAD	3
PROPIEDADES DE PIEDRA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL EN PILA	14
	RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL EN MAJUELO	6
	RESISTENCIA A COMPRESIÓN MUELLO SCHMIDT	9
	RESISTENCIA A CORTE Y COMPRESIÓN	4

#### 3 INTERACCIÓN ADOBE-PIEDRA Y ADOBE-LADRILLO

Laboratorio de estructuras antisísmicas (PUCP)



#### 5 CONEXIONES TÍPICAS EN MADERA DE IGLESIA COSTERA

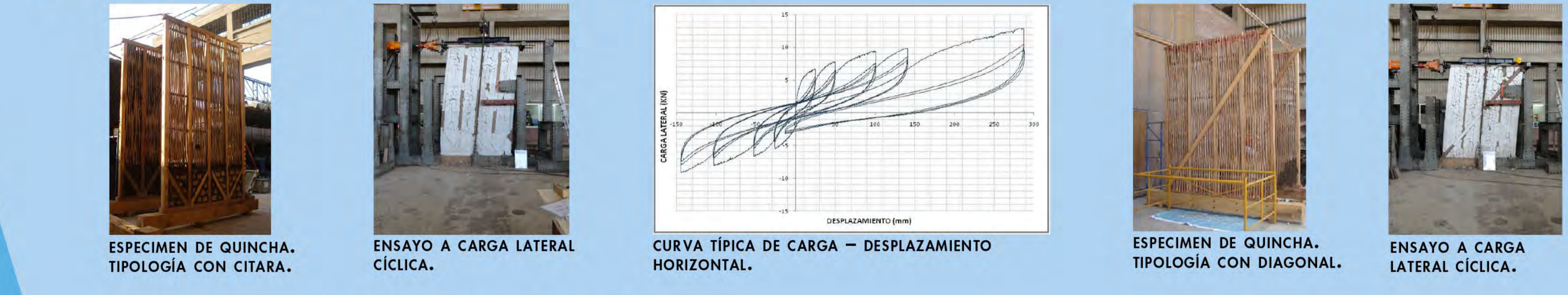
Laboratorio de estructuras antisísmicas (PUCP)

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO		Número de ensayos
CONDICIONES DE MAMOSTERÍA DE PIEDRA	CONEXIÓN DE DOWELL	3
	CONEXIÓN DE DIAGONAL CLAYADA	3
CONEXIÓN DE DOWELL	CARA Y ESPIGA ENTRE ARCO Y VIGA DIRECCIÓN PARALELA	3
CONEXIÓN DE DIAGONAL CLAYADA	CARA Y ESPIGA ENTRE ARCO Y VIGA DIRECCIÓN PERPENDICULAR A LA VIGA	3



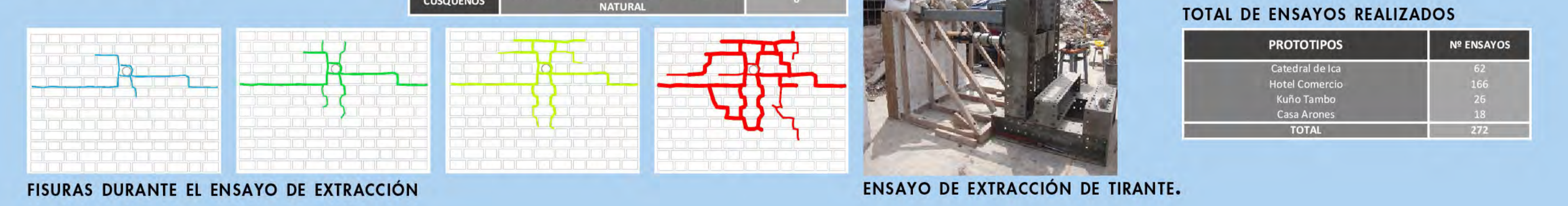
#### 6 MUROS DE QUINCHA - CASONAS LIMEÑAS (HOTEL COMERCIO)

Laboratorio de estructuras antisísmicas (PUCP)



#### 7 TÉCNICAS DE REFORZAMIENTO TRADICIONAL

Laboratorio de estructuras antisísmicas (PUCP)



#### 8 PRIMERAS CONCLUSIONES

Se ha determinado que los sistemas constructivos del patrimonio histórico, incorporaron técnicas antisísmicas producto de un conocimiento empírico desarrollado a través del tiempo y los diferentes sismos importantes que tuvieron lugar principalmente en la costa peruana. En parte de la costa del Perú, el uso de la madera fue intenso y de excelente manufactura. Tal es el caso de la quincha, que es un sistema estructural muy eficiente debido a su gran ductilidad; es gracias a su buen comportamiento ante sismos que el patrimonio del Centro Histórico de Lima subsiste. La compleja configuración estructural y conexiones de la Catedral de Ica dan cuenta de la existencia de una tecnología sofisticada aplicada al buen comportamiento ante sismos. El uso y disposición de materiales distintos, pero compatibles, han mostrado una formulación interesante y funcional. En la sierra, el uso de tirantes de madera, contrafuertes y llaves de madera en las esquinas, todas ellas técnicas tradicionalmente usadas en construcciones de tierra, tienen por objeto reforzar y estabilizar sísmicamente las construcciones de adobe. El estudio de los modos críticos del comportamiento de las estructuras, nos han dado pautas para la elaboración de lineamientos para la evaluación y formulación de sistemas de reforzamiento y estabilización que permitirá mejorar el conocimiento y la conservación de nuestro patrimonio arquitectónico. El estudio de los materiales históricos así como la influencia del deterioro en los mismos es fundamental para la evaluación y propuesta de las medidas correctivas.