



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ



SISTEMAS DE REFUERZO ESTRUCTURAL EN MONUMENTOS HISTÓRICOS DE LA REGIÓN CUSCO

Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, que presenta el bachiller:

Yhosimi Washington Esquivel Fernández

ASESOR: Daniel Enrique Torrealva Dávila

Lima, Junio del 2009

Resumen

La presente investigación sobre “SISTEMAS DE REFUERZO ESTRUCTURAL EN MONUMENTOS HISTÓRICOS DE LA REGIÓN CUSCO” se desarrolló con el objetivo de determinar los sistemas de refuerzos estructurales en monumentos históricos de la Región del Cusco, a través del registro y evaluación de los tipos de refuerzo estructural utilizados en la restauración de una iglesia de adobe, la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales usados en restauración, y evaluación de la efectividad de los refuerzos estructurales.

El trabajo está constituido de siete capítulos: el capítulo 1, contiene el planteamiento del problema y aspectos metodológicos de la investigación, que describe, el problema, del estudio, los objetivos, la hipótesis, antecedentes, y la metodología; el capítulo 2, describe los conceptos fundamentales sobre conservación, restauración y intervención estructural en monumentos históricos que sustenta el trabajo; en el capítulo 3, se identifica los materiales usados para la restauración de monumentos históricos de adobe de la zona del Cusco; el capítulo 4, trata de las características constructivas de los monumentos históricos religiosos; el capítulo 5; describe la tipología arquitectónica de las iglesias de adobe del Cusco; el capítulo 6, Se registran las técnicas y procedimientos aplicados en la restauración de monumentos religiosos de adobe en la zona del Cusco; el capítulo 7, trata del caso de estudio de la iglesia mark'jo, ubicada

en la provincia de Anta del departamento del Cusco, que constituye la información general del caso, evaluación del estado pre-restauración, análisis estructural, intervención estructural aplicada, y una propuesta alternativa para la intervención estructural. Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones, bibliografía, y anexo del estudio.

SISTEMAS DE REFUERZO ESTRUCTURAL EN MONUMENTOS HISTÓRICOS DE LA REGIÓN CUSCO

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1 Planteamiento del Problema y Justificación	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivos generales	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
1.3 Formulación de la Hipótesis.	4
1.4 Antecedentes.	4
1.5 Aspectos metodológicos.	5

CAPÍTULO 2

CONCEPTOS FUNDAMENTALES SOBRE CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN E INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL EN MONUMENTOS HISTÓRICOS

2.1. Restauración	6
--------------------------	----------

2.1.1	Conceptos y Definiciones	6
2.1.2.	Los Principios Teóricos de la Restauración	7
1.	Respeto de la historia del inmueble	7
2.	No Falsificación	7
3.	Conservación in situ	8
4.	Reversibilidad	8
2.1.3.	Consideraciones para la Restauración	8
2.1.4	Operaciones Básicas de la Restauración	9
1.	Liberación	9
2.	Consolidación	10
3.	Reintegración	10
4.	Integración	10
5.	Reconstrucción	11
2.2.	Conservación	11
2.2.1.	Definición	11
2.2.2.	Principios y Objetivos de la conservación	12
2.2.3.	Instrumentos para la conservación	13
2.2.4.	Responsables de la Conservación	15
2.2.5.	Cambios en los Edificios Históricos	16
2.2.6.	Nexo Entre la Conservación y la Restauración	17
2.3.	Preservación	18
2.3.1.	Definiciones	18
2.4.	Reconstrucción	19
2.4.1.	Definición	19
2.4.2.	¿Cuándo es apropiada una reconstrucción?	20
2.4.3.	¿Realizar o no realizar una reconstrucción?	20
2.4.4.	Lo que se debe evitar en una reconstrucción	20
2.5.	Incompatibilidad de los criterios de conservación con los códigos vigentes de diseño y construcción.	21
2.6.	Intervención Estructural	22
2.6.1.	Consideraciones para las intervenciones estructurales	22
2.6.2.	Criterios de la intervención	24
2.6.3.	Clasificación de las intervenciones	24
2.6.4.	Fases de la intervención	25
1.	Búsqueda de datos	25

2. Diagnóstico	26
3. Medidas correctoras y control	27
2.6.5 Medidas urgentes	29
2.6.6. Materiales y técnicas modernas	30
2.6.6.1 Elección de Materiales	30
2.6.6.2 Características de la intervención	30
1. La Compatibilidad	30
2. La Durabilidad	31
3. La Reversibilidad	31
2.6.7. Procedimientos de Intervención en Edificios Históricos	32
2.6.8. Principio estructural que deben guiar la intervención estructural en edificios históricos.	34
2.7. Peculiaridades de las edificaciones históricas para la evaluación Estructural	35
- En Información	36
- En Los Materiales de construcción	36
- En Las Conexiones Estructurales	36
- En el Análisis y Reforzamiento	37
- En los Procedimientos de Reforzamiento	37

CAPÍTULO 3

MATERIALES USADOS PARA LA RESTAURACION DE MONUMENTOS HISTORICOS DE ADOBE DE LA ZONA DEL CUSCO

3.1 Adobe.	38
3.1.2. Selección de la cantera	39
3.1.3. Fabricación del adobe	39
3.2. Piedra	40
3.3. Morteros	40
3.3.1. Mortero de barro	40
3.3.2. Mortero de cal	41
3.3. Teja	41

CAPÍTULO 4

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE LOS MONUMENTOS HISTORICOS RELIGIOSOS

4.1 Cimentación	42
4.2 Sobrecimiento	42
4.3. Muros	42
4.4. Cobertura	42

CAPÍTULO 5

TIPOLOGÍA ARQUITECTONICA

5.1. Configuración de la planta	43
5.2. Parte exterior	43
5.3. Parte interior	45

CAPÍTULO 6

TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS APLICADOS EN LA RESTAURACIÓN DE MONUMENTOS DE ADOBE EN LA ZONA DEL CUSCO

6.1 Antecedentes históricos de las técnicas aplicadas en la restauración.	54
6.2 Principales técnicas	55
6.2.1. Técnicas de reparación o consolidación	55
6.2.2. Técnicas de reestructuración con refuerzos estructurales	55
6.3 Procedimientos aplicados en la restauración	55
6.4. Compatibilidad del adobe con los materiales usados en técnicas de restauración ⁶⁰	
6.4.1. Compatibilidad del adobe con la madera	60
6.4.2. Compatibilidad del adobe con acero	61
6.4.3. Compatibilidad del adobe con concreto armado	61
6.5. Comportamiento de los monumentos históricos con técnicas de restauración usadas en la región del Cusco	62

CAPÍTULO 7

CASO DE ESTUDIO IGLESIA MARK'JO EN ANTA-CUSCO

7.1 Información general	64
7.1.1. Ubicación	64
7.1.2. Altitud	64
7.1.3 Condición de la iglesia Mark'jo	64

7.1.4 Entorno Urbano	64
7.1.5. Antigüedad	65
7.1.6. Cronología del Monumento	65
7.1.7. Descripción del monumento antes de la restauración	66
7.1.8. Intervenciones anteriores	68
7.2. Evaluación del estado pre-restauración	69
7.2.1. Diagnóstico	69
7.2.1.1 Patología del monumento	70
7.2.1.2 Causas del deterioro en el área de intervención	
7.3. Propiedades de los materiales	71
7.4. Descripción estructural	71
7.5. Análisis Estructural de la Iglesia de Mark'jo	74
7.5.1. Fuerzas aplicadas a la estructura	74
7.5.1.1 Acciones estáticas	74
7.5.1.2 Acciones dinámicas	74
7.5.2. Modelos matemáticos	75
7.5.3 Análisis y comparación de los periodos de vibración de la estructura.	76
7.5.4. Esbeltez de los muros de la Iglesia de Mark'jo	79
7.5.5. Esfuerzos de compresión en los muros de adobe	80
7.5.5.1. Resistencia de los muros de adobe de la Iglesia de Mark'jo.	80
a. Toda la sección en compresión	81
b. Parte de la sección en compresión	81
7.5.5.2. Verificación de esfuerzos de compresión de los muros de adobe de la Iglesia Mark'jo bajo cargas de gravedad.	83
7.5.5.3 Verificación de los esfuerzos de compresión de los muros de adobe de la Iglesia Mark'jo para un sismo de 0.2g	85
7.5.6. Verificación de los esfuerzos de corte de los muros de adobe de la Iglesia Mark'jo para un sismo de 0.2g	88

7.6. Intervención estructural aplicada en la iglesia de Mark'jo	89
7.6.1. Reconstrucción de la Cimentación	90
7.6.2. Sobrecimiento	90
7.6.3. Reconstrucción de los muros de adobe	91
7.6.4. Instalación de refuerzos estructurales de madera	91
7.6.4.1 Instalación de llaves de madera	91
- Llaves de madera en “L”	91
- Llaves de madera en “T”	92
- Llaves de madera en “U”	92
7.6.4.2 Viga collar	92
7.6.5. Restitución de estructuras del techo	93
7.6.5.1. Restitución de par y nudillo	93
7.6.5.2. Restitución de sobrepares	93
7.6.5.3. Restitución de tirantes	93
7.6.5.4. Viga arrocabe	94
7.6.6. Restitución de cobertura de teja	94
7.7. Propuesta alternativa para la Intervención estructural	95
7.7.1 En la torre del campanario	95
7.7.2. En los muros	95
7.7.3. Para mitigar el problema de asentamientos de la cimentación	97
7.7.4. Para mitigar los problemas de erosión en la cobertura	97
CONCLUSIONES	98
RECOMENDACIONES	99
BIBLIOGRAFÍA	101
ANEXO	

SISTEMAS DE REFUERZO ESTRUCTURAL EN MONUMENTOS HISTÓRICOS DE LA REGIÓNCUSCO

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1 Planteamiento del Problema y Justificación.

El legado histórico que encierra Latinoamérica, Perú y principalmente la ciudad del Cusco, y el patrimonio arquitectónico que posee como herencia de su pasado español e incaico de los Siglos XVI y XVII, conlleva el reto de la conservación de este patrimonio cultural de la humanidad. Se debe de tomar conciencia nacional e internacional y reconocer que la responsabilidad de su conservación debe ser solidaria. La presencia de muchas iglesias es muestra que el Cusco fue un centro principal de la cultura española, dándole con sus volúmenes y coberturas un paisaje urbano especial que se debe preservar para generaciones futuras.

La arquitectura de estas construcciones no ha podido trasladarse intacta al nuevo mundo y mantenerse pura, a pesar que la mano de obra peruana inicialmente se haya prestado como simples obreros.

Pero el solo utilizar materiales de construcción distintos a los europeos es suficiente para tener una concepción diferente a la original, adquiriendo un valor americano imponiéndole una nueva vitalidad a cada elemento del los monumento, formándose un carácter incomparable para propios y extraños.

La Iglesia Católica, centro de culto para españoles y nativos, fue la institución que se manifestó con obras arquitectónicas de mayor importancia para la catequesis y centro de dominio ideológico y cultural de los incas, quienes al ver sometida su raza y cultura contribuyeron desde los primeros años de la conquista (1531) como útiles colaboradores para edificar y enriquecer el molde extranjero (¹).

El Cusco se encuentra en una zona sísmica, por lo que periódicamente es sometido a estos requerimientos. Particularmente, el sismo de 1950, posibilitó en el Cusco, la oportunidad de reconstruir y en otros casos construir nuevamente.

Estas construcciones son poco conocidas en su forma estructural y comportamiento sísmico.

La mayoría de estas estructuras fueron hechas de mampostería considerando principalmente cargas por gravedad y enfocando de una manera secundaria otro tipo de sollicitaciones como son los sismos, causales endógenas del mayor deterioro del monumento.

El presente trabajo, considera procedimientos y técnicas utilizadas en el sistema de refuerzo estructural en monumentos históricos.

Algunos monumentos intervenidos que han sido afectados por fenómenos sísmicos son:

En México. La Catedral e iglesia del Calvario, San Francisco y Ex convento de la Inmaculada Concepción, en la ciudad de Tehuacán. Ex convento Franciscano, Parroquia de Nuestra Señora de la Asunción en la ciudad de Tecamachalco, Iglesia de Nuestra Señora de los Remedios e Iglesia de San Andrés, en la ciudad de San Andrés Cholula (1999).

En Colombia. La Catedral e Iglesia de San Francisco, San José y Santo Domingo, en la ciudad de Popayán (1983).

¹ Chara Zereceda, Luis Oscar. Arquitectura Religiosa Española en la Ciudad del Cusco del Siglo XVI-XVII. Colegio de Arquitectos del Perú. Pág. 1

En Ecuador. La Catedral en la ciudad de Quito (1987).

En Perú. La Catedral e Iglesia de Santa Marta en la ciudad de Arequipa (2001). Iglesia Nuestra Señora de la Asunción en la ciudad de Chilca (1974). Iglesia de la Merced en la ciudad de Lima (1746). La Catedral de la ciudad de Lima (1940). La Catedral de la ciudad de Moquegua (2001). La Catedral en la ciudad del Cusco. El Colegio de San Bernardo del Cusco, edificado en 1619 (1979). La iglesia rural de Canincunca, ubicada cerca a la ciudad del Cusco (1979).

En Perú y Latinoamérica, se han realizado desde los tiempos de la colonia, intervenciones estructurales ya sea por reconstrucción de partes colapsadas, reparaciones o colocación de refuerzos sísmicos. En efecto, en la gran mayoría de esas intervenciones estructurales, no se han registrado informaciones respectivas, por lo que no se evaluaron los tipos de refuerzos utilizados ⁽²⁾.

Las iglesias coloniales corren el riesgo de destrucción por los eventos sísmicos. Así mismo, la evolución de la vida social y económica amenaza con su alteración o destrucción. De continuar este proceso, la destrucción de estas estructuras coloniales representará un empobrecimiento del patrimonio cultural de los pueblos.

En particular este estudio se enfoca en las construcciones de Adobe.

Por los problemas antes mencionados, el estudio intenta responder las interrogantes siguientes:

¿Cuáles son los sistemas de refuerzo estructural contemporáneos que se utilizan en la restauración de monumentos históricos de la zona del Cusco? Y ¿Cómo se puede evaluar su efectividad?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos generales

Determinar los sistemas de refuerzos estructurales en monumentos históricos de la Región del Cusco.

² Lovón Dávila, Romer I. Intervención Estructural en un Monumento Histórico de Adobe. Lima, 2006. Pág. 2.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Registrar y evaluar los tipos de refuerzo estructural utilizados en la restauración de una iglesia de abobe.
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales usados en restauración.
- Evaluar la efectividad de los refuerzos estructurales.
- Recomendaciones

1.3 Formulación de la Hipótesis.

Los refuerzos estructurales utilizados para muros son a base del sistema de llaves y vigas collar de madera. Asimismo, se realiza la sustitución de materiales dañados con materiales nuevos, durables y compatibles, alterando lo menos posible el monumento histórico.

1.4 Antecedentes.

Los trabajos de intervención desarrollados en monumentos históricos en el departamento de Cusco – Perú, se mencionan a continuación:

- **RESTAURACIÓN DEL CONJUNTO DE LA CATEDRAL DEL CUSCO**

En enero de 1997 fue suscrito un convenio para la restauración integral de la Catedral del Cusco, entre el arzobispado del Cusco y Telefónica del Perú.

Este convenio contempla la intervención tanto de bienes muebles como de inmuebles, a lo largo de cinco años (que concluyó en el año 2001)

Los trabajos se realizaron en tres etapas:

- Restauración de la iglesia de Jesús y María (concluida en octubre de 1997).
- Restauración de la iglesia del Triunfo (concluida en mayo de 1999).
- Restauración de la Basílica Catedral.

- **ANTIGUO COLEGIO DE SAN BERNARDO EN LA CIUDAD DEL CUSCO.**

Es un edificio construido íntegramente de adobe, su restauración se inició en 1974 y se concluyó en 1978.

- **EL TEMPLO DE SURIMANA**

Se localiza en el poblado de Surimana, correspondiente a la Provincia de Canas-Cusco.

- **TEMPLO DE LA VIRGEN INMACULADA CONCEPCIÓN DE ANTA,**

La Restauración en el 2008, ha merecido una especial intervención por haberse presentado falla estructural en la torre y muro de pies.

- **INTERVENCIÓN EN EL CENTRO HISTÓRICO DEL CUSCO DE LA CASA MUSEO OLAVE.**

Ubicado en la Plazoleta San Blas N° 651 –Cusco, restauración concluida en el 2007.

- **RESTAURACIÓN INFRAESTRUCTURA FÍSICA SEMINARIO SAN ANTONIO (HOTEL MONASTERIO), en 1984.**

- **RESTAURACIÓN IGLESIA HUAROCONDO.**

Ubicada en Cusco, concluida en el 2002.

- **RESTAURACIÓN CONVENTO SAN FRANCISCO-CUSCO.**

1985 - 2002.

- **RESTAURACIÓN IGLESIA MOSOCLLACTA**

En Cusco, concluida en el 2002.

1985 - 2002.

- **RESTAURACIÓN IGLESIA DE PITUMARCA.**

1985 - 2002.

- **RESTAURACIÓN IGLESIA DE PAUCARTAMBO.**

1985 - 2002.

1.5 Aspectos metodológicos.

En el presente trabajo se hizo uso del método descriptivo y analítico, a través del procedimiento siguiente:

- Se realizó una descripción sobre la tipología de los monumentos históricos construidos en adobe de la zona del Cusco.
- Se registró las técnicas y tipos de refuerzo estructural utilizados en la restauración de un monumento histórico de abobe.
- Se analizó y evaluó las propiedades físicas y mecánicas del adobe del monumento histórico.
- Se escogió una iglesia en particular para mostrar los refuerzos estructurales usados. Para tal objetivo se tuvo que obtener la siguiente información de la iglesia elegida:
 - Levantamiento geométrico y representación gráfica: plantas, secciones y elevaciones.
 - Diagnóstico de daños:
 - Estudio de las posibles causas de los daños.
 - Análisis estructural del monumento histórico.

CAPÍTULO 2

CONCEPTOS FUNDAMENTALES SOBRE CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN E INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL EN MONUMENTOS HISTORICOS

Para entender los conceptos de restauración, conservación, reconstrucción e intervención estructural en monumentos históricos se hará uso de algunas de las cartas internacionales de conservación y publicaciones.

2.1. Restauración

2.1.1 Conceptos y Definiciones

La Carta de Cracovia da el siguiente concepto de Restauración:

“La restauración es una intervención dirigida sobre un bien patrimonial, cuyo objetivo es la conservación de su autenticidad y su apropiación por la comunidad.”

La Carta de Venecia lo formula de la siguiente manera:

"La restauración es una operación que debe tener un carácter excepcional. Tiene como fin conservar y revelar los valores estéticos e históricos del monumento y se fundamenta en el respeto a la esencia antigua y a los documentos auténticos. Su límite está allí donde comienza la hipótesis: en el plano de las reconstituciones basadas en conjeturas, todo trabajo de complemento reconocido como indispensable por razones estéticas o técnicas aflora de la composición arquitectónica y llevará la marca de nuestro tiempo. La restauración estará siempre precedida y acompañada de un estudio arqueológico e histórico del monumento "
(³)

Arq. Marcelo Magadan en su artículo Edificios Históricos señala la implicancia de la restauración de la siguiente manera:

"La restauración implica la ejecución de diversas acciones físicas sobre el bien cultural, con el objetivo de salvaguardarlo y transmitirlo, tan íntegramente como fuera posible, al futuro " (⁴).

2.1.2. Los Principios Teóricos de la Restauración

³Carta de Venecia, 1964, Art. 9.

⁴ Magadan Marcelo. Edificios Históricos. Cuestiones a tener en cuenta a la hora de su restauración. <http://www.construir.com/econsult/eonstrur/nro60/document/edificio.htm>

José Antonio Terán B. en su publicación “Consideraciones que se deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica”, considera cuatro principios:

1. **Respeto a la historia del inmueble**

Se refiere a que se deben respetar las distintas etapas históricas constructivas del edificio, sus espacios originales así como las ampliaciones, remodelaciones de importancia, las mismas que no impliquen una afectación que vaya en detrimento del bien inmueble. ⁽⁵⁾

2. **No Falsificación**

Se aplica cuando en una intervención se requiera integrar (completar algún elemento arquitectónico o reproducir ciertas formas perdidas). El teórico de la restauración Paul Philippot menciona al respecto que cada monumento tiene un documento histórico único y no puede ser repetido sin falsificarlo. Si por alguna razón la conservación del edificio requiere la sustitución o integración de una parte, forma o elemento arquitectónico determinado, así como el uso de materiales tradicionales similares a los que constituyen al inmueble, esta intervención debe ser reconocible, pero a la vez lograr una integración visual con el edificio, es decir, no debe resaltar o llamar la atención. ⁽⁶⁾

3. **Conservación in situ**

Se refiere al hecho de no desvincular al edificio ni a sus elementos de su lugar de origen. La Carta de Venecia en su artículo 8º expresa: “Los elementos de escultura, pintura o decoración que forman parte integrante de un monumento, no podrán ser separados del mismo”. Cuando por alguna causa, como por ejemplo, en el caso de un

⁵Terán B, José Antonio. Consideraciones que se deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica. Revista Conserva N°8. Chile. 2004. Pág.108
http://www.dibam.cl/dinamicas/DocAdjunto_631.pdf

⁶Terán B, José Antonio. Consideraciones que se deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica. Revista Conserva N°8. Chile. 2004. Pág.108
http://www.dibam.cl/dinamicas/DocAdjunto_631.pdf

movimiento telúrico, algún elemento se ha desprendido de su lugar original, éste debe ser reintegrado en su sitio. ⁽⁷⁾

4. Reversibilidad

Se refiere a la selección de "... aquellas técnicas, instrumentos y materiales que permitan la fácil anulación de sus efectos, para recuperar el estado del monumento previo a la intervención, si con una nueva aportación de datos, enfoques o criterios, ésta se juzga inútil, inadecuada o nociva al monumento." ^{24 (8)}

2.1.3. Consideraciones para la Restauración

Para realizar cualquier restauración es necesario seguir las siguientes recomendaciones: Antes de empezar cualquier obra de restauración debe llevarse a cabo un estudio meticuloso de los daños que se presentan en el edificio histórico que es necesario remediar ⁽⁹⁾.

La restauración tiene origen en la conservación y cuando se añade nuevos elementos para sustituir a los dañados tenemos que tener en cuenta el carácter estético del edificio histórico a restaurar ⁽¹⁰⁾.

Los refuerzos a ser colocados en la edificación histórica deben disimularse para no alterar el aspecto y el carácter del edificio por restaurar ⁽¹¹⁾.

La carta de Venecia, 1964, agrega las siguientes recomendaciones:

⁷Terán B, José Antonio. Consideraciones que se deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica. Revista Conserva N°8. Chile. 2004. Pág.109
http://www.dibam.cl/dinamicas/DocAdjunto_631.pdf.

⁸ Terán B, José Antonio. Consideraciones que se deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica. Revista Conserva N°8. Chile. 2004. Pag.109.
http://www.dibam.cl/dinamicas/DocAdjunto_631.pdf.

⁹ Carta de Atenas 1931, Art. 4.

¹⁰ Saez de Buruaga, Isabel: introducción a las técnicas complementarias, en Fernández Muñoz, Angel Luis (Director) Restauración Arquitectónica, Publicaciones de la Universidad de Valladolid, España, pág 303

¹¹ Carta de Atenas 1931, Art. 5.

"Los elementos destinados a reemplazar las partes inexistentes deben integrarse armoniosamente en el conjunto, distinguiéndose claramente de las originales, a fin de que la restauración no falsifique el documento artístico o histórico."⁽¹²⁾

Además el Dr. José Antonio Terán Bonilla señala en su publicación Consideraciones que se deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica:

El arquitecto restaurador deberá apoyarse y asesorarse con los conocimientos de otros profesionales como son: químicos, físicos, biólogos, geólogos, ingenieros especialistas en estructuras históricas y en mecánica de suelos, especialistas en ciencias de los materiales y en mineralogía, restauradores de bienes muebles y arqueólogos, historiadores e historiadores del arte, profesionales cuyo quehacer debe estar inmerso en el campo de la restauración con el fin de que sus asesorías, diagnósticos, pronósticos y/o intervenciones sobre el patrimonio arquitectónico *"... no sean contrarias a los principios de la restauración, para que sus acciones tomen en cuenta el contexto de los trabajos de restauración en que están incluidos y para que no se produzcan por sus acciones alteraciones y deterioros en los inmuebles"* ⁽¹³⁾

2.1.4 Operaciones Básicas de la Restauración

1. Liberación

Es la intervención que tiene por objeto eliminar (materiales y elementos) adiciones, agregados y material que no corresponde al bien inmueble original.

Así como la *"...supresión de elementos agregados sin valor cultural o natural que [dañen, alteren, al bien cultural] afecten la conservación o impidan el conocimiento del objeto"*.

2. Consolidación

¹² Carta de Venecia 1964, Art. 12.

¹³Dolores Alvarez Gasca. "La ciencia en la restauración" en Cuadernos de Arte Virreinal. Núm. 5. México. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Arquitectura, UNAM. pág. 25. en Terán B, José Antonio. Consideraciones que se deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica. Revista Conserva N°8. Chile. 2004. p116.
http://www.dibam.cl/dinamicas/DocAdjunto_631.pdf

“Es la intervención más respetuosa dentro de la restauración y tiene por objeto detener las alteraciones en proceso. Como el término mismo lo indica, “da solidez” a un elemento que la ha perdido o la está perdiendo”. En este sentido la consolidación implica cualquier acción que se realice para dar solidez a los elementos de un edificio; en algunos casos un apuntalamiento o la colocación de un resane en un muro pueden ser considerados como procesos de consolidación, pues su finalidad es detener el deterioro de sus elementos o materiales.

La consolidación implica también la aplicación de materiales adhesivos, cementantes o de soporte en el bien inmueble con el fin de asegurar su integridad estructural y su permanencia en el tiempo.

3. Reintegración:

Este término en la Restauración tiene diferentes acepciones, sin embargo, en la restauración arquitectónica es: la intervención que tiene por objeto devolver unidad a elementos arquitectónicos deteriorados, mutilados o desubicados. *La forma teórica ideal de reintegración es la llamada anastilosis, o reubicación de un elemento desplazado de su posición.”* La “anastilosis” o reconstrucción mediante ensamblaje *“se aplica al proceso de reconstruir un edificio que se ha demolido como resultado de causas accidentales o por un colapso debido a negligencia y abandono”*

4. Integración

Esta intervención se ha definido como la *“aportación de elementos claramente nuevos y visibles para asegurar la conservación del objeto (es decir del monumento) y consiste en “completar o rehacer las partes faltantes de un bien cultural con materiales nuevos o similares a los originales, con el propósito de darle estabilidad y/o unidad (visual) a la obra”,* claro está que sin pretender engañar, por lo que se diferenciará de alguna forma del original.

5. Reconstrucción

“Es la intervención que tiene por objeto volver a construir partes desaparecidas o perdidas (de un monumento). En la reintegración hablamos de elementos deteriorados o mutilados, en la reconstrucción, de partes perdidas. La reconstrucción supone el empleo de materiales nuevos y no la reutilización de elementos pertenecientes a la construcción original ya perdida”. Esta intervención se refiere a las labores que se realizan en el monumento a nivel estructural; debe fundamentarse en el respeto al inmueble y será efectuada de tal manera que sea reconocible. ⁽¹⁴⁾

2.2. Conservación

2.2.1. Definición

Según Terán

La conservación consiste en la aplicación de los procedimientos técnicos cuya finalidad es la de detener los mecanismos de alteración o impedir que surjan nuevos deterioros en un edificio histórico. Su objetivo es garantizar la permanencia de dicho patrimonio arquitectónico. ⁽¹⁵⁾

La carta de Cracovia dice en su anexo

Conservación es el conjunto de actitudes de una comunidad dirigidas a hacer que el patrimonio y sus monumentos perduren. La conservación es llevada a cabo con respecto al significado de la identidad del monumento y de sus valores asociados ⁽¹⁶⁾).

Carta de Burra: Conservación significa todos los procesos de cuidado de un sitio tendientes a mantener su significado cultural ⁽¹⁷⁾).

Isabel Saez de Buruaga

¹⁴ Terán B, José Antonio. Consideraciones que se deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica. Revista Conserva N°8. Chile. 2004. p106-108.
http://www.dibam.cl/dinamicas/DocAdjunto_631.pdf

¹⁵ Terán B, José Antonio. Consideraciones que se deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica. Revista Conserva N°8. Chile. 2004. p106.
http://www.dibam.cl/dinamicas/DocAdjunto_631.pdf

¹⁶ Carta de Cracovia, 2000. Anexo.

¹⁷ Carta de Burra, 1999. Art. 1.4.

"Actualmente la conservación está entendida como un concepto más amplio que engloba la preservación y la restauración" (18).

Además en la Carta Europea del Patrimonio Arquitectónico 1975 señala:

La conservación del patrimonio arquitectónico depende en gran medida de su integración en el marco de la vida de los ciudadanos y de su consideración en los planes de ordenación del territorio y de urbanismo (19).

2.2.2. Principios y Objetivos de la conservación

La Carta de Cracovia del 2000 indica:

"El Patrimonio arquitectónico, urbano y paisajístico, así como los elementos que lo componen, son el resultado de una identificación con varios momentos asociados a la historia y a sus contextos socioculturales. La conservación de este patrimonio es nuestro objetivo" (20).

En la Carta de Washington, 1987, señala los objetivos y principios de la conservación:

Los valores a conservar son el carácter histórico de la población o del área urbana y todos aquellos elementos materiales y espirituales que determinan su imagen, especialmente:

- La forma urbana definida por la trama y el parcelario; la relación entre los diversos espacios urbanos, edificios, espacios verdes y libres;
- La forma y el aspecto de los edificios (interior y exterior), definidos a través de su estructura, volumen, estilo, escala, materiales, color y decoración;
- Las relaciones entre población o área urbana y su entorno, bien sea natural o creado por el hombre;
- Las diversas funciones adquiridas por la población o el área urbana en el curso de la historia.

¹⁸ Sáez de Buruaga Isabel. Introducción a las Técnicas Complementarias, en Fernández Muñoz, Angel Luís (Director) Restauración Arquitectónica, Publicaciones de la Universidad de Valladolid, España, pag. 302.

¹⁹ Carta Europea del Patrimonio Arquitectónico, 1975. pag.1

²⁰ Carta de Cracovia, 2000. Art. 1.

Cualquier amenaza a estos valores comprometería la autenticidad de la población o área urbana histórica ⁽²¹⁾.

Además la misma carta señala entre sus objetivos a los habitantes, cuando dice:

La participación y el compromiso de los habitantes son imprescindibles para conseguir la conservación de la población o área urbana histórica y deben ser estimulados. No se debe olvidar que dicha conservación concierne en primer lugar a sus habitantes ⁽²²⁾.

2.2.3. Instrumentos para la conservación

Plan de Conservación

En La carta de Washington sugiere puntos a tomar en cuenta para la elaboración de un plan de conservación:

- La planificación de la conservación de las poblaciones y áreas urbanas históricas debe ser precedida por estudios multidisciplinarios.
- *"El plan de conservación debe comprender un análisis de datos, particularmente arqueológicos, históricos, arquitectónicos, técnicos, sociológicos y económicos".*
"El plan de conservación debe definir la principal orientación y modalidad de las acciones que han de llevarse a cabo en el plano jurídico, administrativo y financiero".
- *"El plan de conservación tratará de lograr una relación armónica entre, el área urbana histórica y el conjunto de la población".*
- *"El plan de conservación determinará los edificios o grupos de edificios que deben protegerse totalmente, conservar en ciertas condiciones, o los que, en circunstancias excepcionales, pueden destruirse"*⁽²³⁾
- Antes de realizar cualquier intervención se levantará un acta, rigurosamente documentada, de las condiciones del área.
- El plan debe contar con la adhesión de los habitantes.

²¹ Carta de Washington, 1987, Art. 2.

²² Carta de Washington, 1987, Art. 3.

²³ Carta de Washington, 1987, Art. 6.

Daniel Torrealva y Julio Vargas, adicionan al plan de conservación:

"Debe incluir las acciones administrativas, legales y financieras, que los gobiernos ejecutarán con el apoyo de un marco de dispositivos legales, basados en la concentración de las entidades sectoriales y financieras del país. Para ello, como en el caso de los habitantes, es necesario motivar y comprometer a estos agentes, en la conservación de las ciudades históricas" (24).

Si no existiese un plan de conservación, esta misma carta sugiere:

"En caso de que se careciera de un plan de conservación o éste estuviera en estudio, antes de la adopción del plan todas las actividades necesarias para la conservación deberán ajustarse a los principios y métodos de la presente Carta y de la de Venecia" (25).

Otros documentos señalan, los siguientes tipos de instrumentos:

La carta de Cracovia, 2000:

"La conservación puede ser realizada mediante diferentes tipos de intervenciones como son el control medioambiental, mantenimiento, reparación, restauración, renovación y rehabilitación. Cualquier intervención implica decisiones, selecciones y responsabilidades relacionadas con el patrimonio entero, también con aquellas partes que no tienen un significado específico hoy, pero podrían tenerlo en el futuro" (26).

"El mantenimiento y la reparación son una parte fundamental del proceso de conservación del patrimonio. Estas acciones tienen que ser organizadas con una investigación sistemática, inspección, control, seguimiento y pruebas. Hay que informar y prever el posible deterioro, y tomar las adecuadas medidas preventivas" (27)

²⁴ Torrealva Dávila Daniel y Vargas Neuman Julio en "Impacto del Sismo del 23 de Junio en el Casco Monumental de Arequipa" Art. 2

²⁵ Carta de Washington, 1987, Art. 6.

²⁶ Carta de Cracovia, 2000. Art. 1.

²⁷ Carta de Cracovia, 2000, Art. 2.

La Carta de Burra

Para esta carta el proceso de conservación es de importancia fundamental para el mantenimiento del patrimonio cultural.

"La conservación requiere el mantenimiento de un entorno visual apropiado y otras relaciones que contribuyan a la significación cultural del sitio" (28).

"De acuerdo a las circunstancias, la conservación puede incluir los procesos de: retención o reintroducción de un uso; retención de asociaciones y significados; mantenimiento, preservación, restauración, reconstrucción, adaptación e interpretación; y generalmente incluye una combinación de más de uno de ellos." (29).

"El mantenimiento es fundamental para la conservación y debe llevarse a cabo cuando la fábrica es de significación cultural y su mantenimiento necesario para preservar esa significación cultural." (30)

2.2.4. Responsables de la Conservación

El principal responsable de la conservación de la arquitectura de monumentos históricos son los propios habitantes, la siguientes Cartas dicen lo siguiente:

Carta de Venecia 1964 indica lo siguiente:

"Las obras monumentales de los pueblos, portadoras de un mensaje espiritual del pasado, representan en la vida actual el testimonio vivo de sus tradiciones seculares. La humanidad, que cada día toma conciencia de los valores humanos, las considera patrimonio común reconociéndose responsable de su salvaguardia (conservar) frente a las generaciones futuras. Estima que es su deber transmitir las en su completa autenticidad" (31).

²⁸ Carta de Burra, art. 8.

²⁹ Carta de Burra, art. 14.

³⁰ Carta de Burra, art. 16.

³¹ Carta de Venecia 1964, pag. 1

La Carta de Cracovia, 2000:

"Las técnicas de conservación o protección deben estar estrictamente vinculadas a la investigación pluridisciplinar científica sobre materiales y tecnologías usadas para la construcción, reparación y/o restauración del patrimonio edificado. "(³²).

La Carta de Washington, 1987:

"La participación y el compromiso de los habitantes son imprescindibles para conseguir la conservación de la población o área urbana histórica y deben ser estimulados. No se debe olvidar que dicha conservación concierne en primer lugar a sus habitantes" (³³)

Asimismo Daniel Torrealva y Julio Vargas, señalan:

"La conservación de los Cascos Monumentales, no es solo un problema a resolver por un equipo interdisciplinario de arqueólogos, historiadores, arquitectos e ingenieros, sino que deben también incluir sociólogos, abogados, economistas, especialistas financieros, etc., y lo principal que planteen proyectos o planes de conservación que puedan ser recogidos por los niveles políticos locales y/o centrales del país" (³⁴).

2.2.5. Cambios en los Edificios Históricos

En lo relacionado a los cambios que se tengan que realizar en los edificios históricos hay que tener en cuenta lo siguiente:

"Los cambios en un sitio no deben distorsionar la evidencia física o de otra naturaleza que el mismo provee, y tampoco deben basarse en conjeturas. "(³⁵)

³² La Carta de Cracovia, 2000, Art.10.

³³ Carta de Washington, 1987. Art. 3.

³⁴ Torrealva Dávila Daniel, Vargas Neuman Julio en "Impacto del Sismo del 23 de junio del 2001 en el Casco Monumental de Arequipa"

³⁵ Carta de Burra, Art. 3.2.

"Las construcciones nuevas, las demoliciones, las intrusiones u otros cambios que puedan afectar adversamente el entorno o las relaciones con él, no son apropiados" ⁽³⁶⁾

"El cambio puede ser necesario para mantener la significación cultural, pero no es deseable cuando la reduce. La cantidad de cambios en un sitio debe estar guiado por la significación cultural del sitio y su apropiada interpretación" ⁽³⁷⁾. *"Los cambios que reducen la significación cultural deben ser reversibles y deshechos cuando las circunstancias lo permitan"* ⁽³⁸⁾.

La demolición de una fábrica significativa de un sitio en general no es aceptable, Sin embargo, en algunos casos, demoliciones menores pueden ser apropiadas como parte de la conservación. Toda fábrica significativa removida debe ser reintegrada cuando las circunstancias lo permitan" ⁽³⁹⁾.

Hay que tener en cuenta que en el proceso del cambio las tecnologías contemporáneas mal aplicadas arruinan las estructuras antiguas. Para evitar esta amenaza se debe realizar una conservación integrada como nos recomienda la Carta Europea del Patrimonio Arquitectónico:

"La conservación integrada es el resultado de la acción conjunta de las técnicas de la restauración e investigación de las funciones apropiadas" ⁽⁴⁰⁾.

La misma carta agrega:

"Conviene resaltar que esta conservación integrada no excluye la arquitectura contemporánea en los barrios antiguos, sino que ella deberá tener muy en cuenta el marco existente, respetar las proporciones, la forma y la disposición de los volúmenes, así como los materiales tradicionales" ⁽⁴¹⁾.

2.2.6. Nexo Entre la Conservación y la Restauración

³⁶ Carta de Burra, Art. 8

³⁷ Carta de Burra, Art. 15.1

³⁸ Carta de Burra, Art. 15.2

³⁹ Carta de Burra, Art. 15.3

⁴⁰ Carta Europea del Patrimonio Arquitectónico, 1975, Art. 7

⁴¹ Carta Europea del Patrimonio Arquitectónico, 1975, Art. 7

La Carta de Cracovia manifiesta el siguiente:

"La conservación del patrimonio edificado es llevada a cabo según el proyecto de restauración, que incluye la estrategia para su conservación a largo plazo. Este "proyecto de restauración" debería basarse en una gama de opciones técnicas apropiadas y preparadas en un proceso cognitivo que integre la recogida de información y el conocimiento profundo del edificio y/o del emplazamiento. Este proceso incluye el estudio estructural, análisis gráficos y de magnitudes y la identificación del significado histórico, artístico y sociocultural. En el proyecto de restauración deben participar todas las disciplinas pertinentes y la coordinación deberá ser llevada a cabo por una persona calificada y bien formada en la conservación y restauración" (⁴²).

"La intención de la conservación de edificios históricos y monumentos, estén estos en contextos rurales o urbanos, es mantener su autenticidad e integridad, incluyendo los espacios internos, mobiliario y decoración de acuerdo con su conformación original. Semejante conservación requiere un apropiado" proyecto de restauración" que defina los métodos y los objetivos. En muchos casos, esto además requiere un uso apropiado, compatible con el espacio y significado existente. Las obras en edificios históricos deben prestar una atención total a todos los períodos históricos presentes" (⁴³).

Además se señala:

Artículo 10. Las técnicas de conservación o protección deben estar estrictamente vinculadas a la investigación pluridisciplinar científica sobre materiales y tecnologías usadas para la construcción, reparación y/o restauración del patrimonio edificado (⁴⁴).

2.3. Preservación

2.3.1. Definiciones

José Antonio Terán dice:

⁴² Carta de Cracovia, 2000, Art. 3.

⁴³ Carta de Cracovia 2000, Art. 6.

⁴⁴ Carta de Cracovia 2000, Art. 10.

La *preservación* constituye el conjunto de medidas cuyo objetivo es prevenir del deterioro a los inmuebles. Es una acción que antecede a las intervenciones de Conservación y/o Restauración, procurando que, con estas actividades, las alteraciones se retarden lo más posible, e implica el realizar operaciones continuas que buscan mantener al monumento en buenas condiciones ⁽⁴⁵⁾.

En el Documento de Narra sobre la Autenticidad

“Preservación: todos los esfuerzos encaminados a comprender el patrimonio cultural, a conocer su historia y su significado, a garantizar su salvaguardia material y, cuando corresponda, su presentación, restauración y mejora. (En la definición de patrimonio cultural se entiende que se incluyen los monumentos, y los grupos de edificios y emplazamientos con valor cultural).” ⁽⁴⁶⁾

“La preservación es apropiada cuando la fábrica existente o su condición constituye evidencia de significación cultural, o cuando no se dispone de evidencia suficiente que permita poner en práctica otro proceso de conservación” ⁽⁴⁷⁾.

2.4. Reconstrucción

2.4.1. Definición

La Carta de Burra define:

“Reconstrucción significa devolver a un sitio a un estado anterior conocido y se diferencia de la restauración por la introducción de nuevos materiales en la fabrica” ⁽⁴⁸⁾.

José A. Terán:

“Es la intervención que tiene por objeto volver a construir partes desaparecidas o perdidas de un monumento. La reconstrucción supone el empleo de materiales

⁴⁵ Terán B, José Antonio. Consideraciones que se deben tenerse en cuenta para la restauración Arquitectónica. Revista Conserva N°8. Chile. 2004. p106
http://www.dibam.cl/dinamicas/DocAdjunto_631.pdf

⁴⁶ Documento de Nara, Apéndice II

⁴⁷ Carta de Burra Art. 17.

⁴⁸ Carta de Burra Art. 1.8.

nuevos y no la reutilización de elementos pertenecientes a la construcción original ya perdida.". Esta intervención se refiere a las labores que se realizan en el monumento a nivel estructural; debe fundamentarse en el respeto al inmueble y será efectuada de tal manera que sea reconocible (⁴⁹).

2.4.2. ¿Cuándo es apropiada una reconstrucción?

"La reconstrucción es apropiada solamente cuando un sitio está incompleto debido a daño o alteración, y siempre que haya suficiente evidencia para reproducir un estado anterior de la fabrica. En raros casos, la reconstrucción puede también ser apropiada como parte de un uso ó una práctica que preserve la significación cultural del sitio" (⁵⁰)

"La reconstrucción debe ser identificable ante una inspección detallada o mediante interpretación adicional" (⁵¹).

2.4.3. ¿Realizar o no realizar una reconstrucción?

La carta de Venecia, 1964 se refiere al respecto:

"Los añadidos no deben ser tolerados en tanto que no respeten todas las partes interesantes del edificio, su trazado tradicional, el equilibrio de su composición y sus relaciones con el medio ambiente (⁵²)

En la necesidad de que la reconstrucción se deba realizar, la Carta de Washington, 1987 dice:

"En el caso de ser necesaria la transformación de los edificios o la construcción de otros nuevos, toda agregación deberá respetar la organización espacial existente, particularmente su parcelario, volumen y escala, así como el carácter general impuesto por la calidad y el valor del conjunto de construcciones existentes. La

⁴⁹ Terán B, José Antonio. Consideraciones que se deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica. Revista Conserva N°8. Chile. 2004. p108
http://www.dibam.cl/dinamicas/DocAdjunto_631.pdf

⁵⁰ Carta de Burra Art. 20.1

⁵¹ Carta de Burra Art. 20.2

⁵² Carta de Venecia 1964, Art. 13.

introducción de elementos de carácter contemporáneo, siempre que no perturben la armonía del conjunto, puede contribuir a su enriquecimiento" (⁵³).

2.4.4. Lo que se debe evitar en una reconstrucción

La Carta de Cracovia, 2000, al respecto indica:

"Debe evitarse la reconstrucción en "el estilo del edificio" de partes enteras del mismo. La reconstrucción de partes muy limitadas con un significado arquitectónico puede ser excepcionalmente aceptada a condición de que esta se base en documentación precisa e indiscutible. Si se necesita, para el adecuado uso del edificio, la incorporación de partes espaciales y funcionales más extensas debe reflejarse en ellas el lenguaje de la arquitectura actual. La reconstrucción de un edificio en su totalidad, destruido por un conflicto armado o por desastres naturales, es solo aceptable si existen motivos sociales o culturales excepcionales que están relacionados con la identidad de la comunidad entera" (⁵⁴).

2.5. Incompatibilidad de los criterios de conservación con los códigos vigentes de diseño y construcción.

Torrealva, Daniel y Blanco, Antonio, consideran que uno de los problemas que se presenta en una Intervención estructural de edificios históricos es el siguiente:

"Cómo compatibilizar los requisitos de seguridad que se especifican en los códigos vigentes de diseño y construcción de edificaciones, con los criterios de conservación para edificaciones consideradas patrimonio cultural" (⁵⁵).

Si en una intervención estructural de un monumento histórico aplicamos los códigos vigentes de diseño y construcción, con lo que nos llevaría a utilizar refuerzos y estructuras adicionales hechas con materiales modernos, esta acción haría que el monumento pierda valor histórico y cultural. Además por las características estructurales del monumento, el código de diseño sísmico solicitaría tal cantidad de

⁵³ Carta de Washington, 1987, Art 10.

⁵⁴ Carta de Cracovia, 2000, Art. 4.

⁵⁵ Torrealva Daniel y Blanco Antonio en "La Intervención Estructural en Monumentos Históricos. El caso de la Reconstrucción de la Catedral de Arequipa" Art. 3.

refuerzos de acero y concreto que cambiaría el sistema estructural del edificio. En ambos casos el monumento pierde valor histórico ya sea por destrucción sísmica o por cambios sustanciales en su condición de material.

"Los códigos vigentes de diseño sísmico están basados en los siguientes conceptos: "

- *"Sismicidad del lugar"*
- *"Respuesta del suelo"*
- *"Uso de la edificación"*
- *"Tiempo de vida útil"*
- *"Características de los materiales de construcción"*
- *"Estado del arte del análisis y diseño"*
- *"Economía del país" ⁽⁵⁶⁾*

En el caso de monumentos históricos la aplicación de estos códigos es infundada por las siguientes razones:

- *"Las estructuras de edificios históricos difieren sustancialmente de las actuales en cuanto a características mecánicas y respuesta sísmica".*
- *"Poseen ya una cierta debilidad específica, producto del deterioro causado por el paso del tiempo y usualmente, falta de ductilidad y de continuidad estructural. Contrario al proceso de diseño moderno, donde el ingeniero estructural decide, basado en su propia convicción y criterio, el refuerzo necesario, en el caso de edificios históricos, la decisión es compartida entre el ingeniero estructural, el arquitecto de conservación y el historiador. " ⁽⁵⁷⁾*

2.6. Intervención Estructural

2.6.1. Consideraciones para las intervenciones estructurales

⁵⁶ Torrealva Daniel y Blanco Antonio en "La Intervención Estructural en Monumentos Históricos. El caso de la Reconstrucción de la Catedral de Arequipa" Art. 3.

⁵⁷ Torrealva Daniel y Blanco Antonio en "La Intervención Estructural en Monumentos Históricos. El caso de la Reconstrucción de la Catedral de Arequipa" Art. 3.

Al realizar una intervención se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Estudios y evaluaciones que consideren las características y valores históricos de los edificios a intervenir como el entorno que los rodea, como se menciona:

"Toda intervención deberá estar basada en estudios y evaluaciones adecuados. Los problemas deberán ser resueltos en función de las condiciones y necesidades pertinentes, respetando los valores estéticos e históricos, así como la integridad física de la estructura o del sitio de carácter histórico" (58)

"Cualquier intervención material en una estructura vernácula debe ser precedida de un completo análisis de su forma y organización, antes de comenzar los trabajos. Esta documentación debe localizarse en un archivo de acceso público." (59)

"Las intervenciones contemporáneas en edificios, conjuntos y asentamientos vernáculos deben respetar sus valores culturales y su carácter tradicional" (60)

- *Se debe intervenir la estructura solo cuando el caso lo justifica y no intervenir arbitrariamente. Asimismo, se debe de determinar los alcances de la intervención. Como los refiere Saez de Buruaga.*

"La tendencia es intervenir lo menos posible en una obra, conscientes de la peligrosidad que entraña cualquier intervención, por mínima o pequeña que parezca: por ello la actuación se limita a los daños concretos y sólo se ejecuta cuando resulta imprescindible"

"Definir claramente el alcance de nuestra intervención: se debe de conocer a priori el punto al que queremos llegar, bien con un tratamiento de conservación o si llevaremos esta conservación hasta una total restauración, previa consideración de diversos parámetros como el interés histórico, cultural, estético, sociológico de la obra y su valor económico"

- Identificar las causas de deterioro para tomar las medidas correctivas. Al respecto el mismo autor señala lo siguiente:

⁵⁸ Principios que deben regir la conservación de las estructuras históricas en madera. (1999). Ratificada por la 12 Asamblea General del ICOMOS celebrada en México del 17 al 24 de Octubre de 1999. Art. 4.

⁵⁹ Carta del patrimonio vernáculo construido, 1999, pág.4

⁶⁰ Carta del patrimonio vernáculo construido, 1999, pág.3

"Lo realmente importante en todo tratamiento es asegurar una conservación, mediante el control de los agentes externos e internos que han provocado el deterioro para minimizar el proceso de degradación en primer lugar, con la aplicación de los tratamientos correctores y estabilizando el objeto de nuestra intervención" (⁶¹).

Toda propuesta de intervención deberá:

- *"Utilizar métodos y técnicas tradicionales"*
- *"Ser técnicamente reversible, si es posible" o*
- *"Al menos, no estorbar o impedir los trabajos de conservación, que pudieran ser ulteriormente necesarios" y*
- *"No impedir el acceso, en el, futuro, a las informaciones incorporadas en la estructura"(⁶²)*

2.6.2. Criterios de la intervención

Gaetano Miarelli Mariani cuatro criterios que orientan el trabajo para asegurar el bien cultural durante la intervención:

- a) *"El criterio de la intervención mínima".*
- b) *"El criterio del respeto de la autenticidad".*
- c) *"El criterio de la evidente diferenciación entre lo existente y lo restaurado".*
- d) *"La posibilidad, al menos en teoría, de la reversibilidad en la intervención" (⁶³).*

2.6.3. Clasificación de las intervenciones

⁶¹ Saez de Buruaga Isabel: INTRODUCCIÓN A LAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS en Fernández Muñoz Angel Luís (Director) Restauración Arquitectónica. Universidad de Valladolid, 1992. Pág.302.

⁶² Principios que deben regir la conservación de las estructuras históricas en madera.(1999) Ratificada por la 12 Asamblea General del ICOMOS celebrada en México del 17 al 24 de Octubre de 1999. Art. 5.

⁶³ MIARELLI MARIANI, Gaetano; "Historia de los Criterios de Intervención en el Patrimonio Arquitectónico", en Monumentos y Proyectos. Jornadas sobre Criterios de intervención en el Patrimonio Arquitectónico. Ministerio de Cultura, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Madrid, 1990. Pág. 20.

"INMEDIATAS: para prevenir el daño a las personas ".

"URGENTES: para prevenir el deterioro acelerado ".

"NECESARIAS: para mantener el edificio en 'condición estable a prueba de replicas sísmicas, agua y viento".

"DESEABLES: para rehabilitar o mejorar el edificio, incluyendo su resistencia Sísmica."

"DE OBSERVACIÓN: para adquirir mayor información y establecer un diagnóstico correcto" (⁶⁴).

2.6.4. Fases de la intervención

Las características propias de los monumentos históricos exigen que la intervención se realice en fases parecidas a las que se aplican en el tratamiento médico de un paciente:

- Anamnesia, es la reunión de datos, relativos a un paciente, que comprenden antecedentes
- Diagnósis, es el procedimiento por el cual se identifica una enfermedad y sus causas
- Terapia, es el conjunto de medios de cualquier clase cuya finalidad es la curación o el alivio de las enfermedades.
- Control, es el proceso de monitorear al paciente.

Para una intervención estructural se puede hacer una analogía con las fases de un tratamiento médico para un paciente como lo permite la Carta Internacional:

- *"Búsqueda de datos reveladores e información;*

⁶⁴ Feilden, Sir Bernard M. en "Entre Dos Terremotos. Los Bienes Culturales en Zonas Sísmicas". Lima, 1991, Pág. 33.

- *"Determinación de las causas de deterioro y degradación;*
- *"Elección de las medidas correctoras, y*
- *"Control de la eficacia de las intervenciones". (65)*

1. Búsqueda de datos

Las Cartas internacionales señalan:

Antes de realizar cualquier intervención, el estado de la estructura y de sus elementos deberá ser cuidadosamente documentado, al igual que todos los materiales utilizados en los tratamientos, conforme al artículo 16 de la Carta de Venecia y los Principios de ICOMOS para el Registro documental de los Monumentos, Conjuntos arquitectónicos y sitios culturales. Toda la documentación pertinente, incluyendo las muestras características de materiales superfluos y de elementos extraídos de la estructura, así como toda la información concerniente a las técnicas y maneras de hacer tradicionales, deberá ser compilada, catalogada, depositada en lugar seguro y resultar accesible cuando resulte necesario. La documentación deberá explicitar también las razones específicas que hayan motivado la selección de los materiales y métodos utilizados para los trabajos de conservación. (66)

La carta de Washington considera que:

"Se levantará un acta, rigurosamente documentada, de las condiciones del área"
(67)

"Es indispensable determinar cuáles son las causas de los daños y la degradación, y después, evaluar el grado de seguridad que dichas estructuras ofrecen" (68).

2. Diagnóstico

⁶⁵ Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del Patrimonio Arquitectónico. Art. 1.6 www.esicomos.org.

⁶⁶ PRINCIPIOS QUE DEBEN REGIR LA CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS HISTÓRICAS EN MADERA, 1999, Art. 1.

⁶⁷ Carta de Washington, 1987, Art. 5.

⁶⁸ Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del Patrimonio Arquitectónico www.esicomos.org Art. 2.6.

Para esta fase de la Intervención estructural las Cartas Internacionales sugieren que el diagnóstico se apoye en los siguientes aspectos:

"El diagnóstico debe apoyarse en métodos de investigación histórica de carácter cualitativo y cuantitativo; los primeros, han de basarse principalmente en la observación de los daños estructurales y la degradación material, así como en la investigación histórica y arqueológica propiamente dicha, y los segundos, fundamentalmente en pruebas de los materiales y la estructura, en la supervisión continua de los datos y en el análisis estructural. " (⁶⁹).

Antes de tomar la decisión de llevar a cabo una intervención que afecte a las estructuras, es indispensable determinar cuáles son las causas de los daños y la degradación, y después, evaluar el grado de seguridad que dichas estructuras ofrecen (⁷⁰).

En la que constituye la última fase de la diagnosis, y en la que se determina la necesidad de aplicar un tratamiento, se deben estudiar conjuntamente las conclusiones de los análisis cualitativos y cuantitativos: la observación directa, la investigación histórica, el análisis estructural y, en su caso, los resultados experimentales y las pruebas que se hayan realizado. (⁷¹)

3. Medidas correctoras y control

La Carta Internacional sugiere que para intervención estructural las medidas correctoras y control debe tener considerar los siguientes aspectos:

- "1. La terapia debe estar dirigida a las raíces del problema más que a los síntomas.*
- 2. La mejor terapia es la aplicación de medidas de mantenimiento de índole preventiva.*
- 3. La evaluación de la seguridad y un buen entendimiento del significado de la estructura deben constituir las bases de las medidas de conservación y consolidación.*

⁶⁹ Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del Patrimonio Arquitectónico, 2003, Art. 2.5 www.esicomos.org.

⁷⁰ Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del Patrimonio Arquitectónico, 2003, Art. 2.6 www.esicomos.org.

⁷¹ Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del Patrimonio Arquitectónico, 2003, Art. 2.7 www.esicomos.org.

4. *No debe emprenderse acción alguna sin haber comprobado antes que resulta indispensable.*
5. *Cada intervención debe ser proporcional a los objetivos de seguridad previamente establecidos, y limitarse al mínimo indispensable para garantizar la seguridad y la perdurabilidad del bien con el menor daño posible a los valores del patrimonio.*
6. *El proyecto de intervención deberá basarse en una comprensión clara de la clase de factores que causaron el daño y la degradación, así como de los que hayan de tenerse en cuenta para analizar la estructura tras la intervención, puesto que el proyecto debe realizarse en función de todos ellos.*
7. *La elección entre técnicas “tradicionales” e “innovadoras” debe sopesarse caso por caso, dando siempre preferencia a las que produzcan un efecto de invasión menor y resulten más compatibles con los valores del patrimonio cultural, sin olvidar nunca cumplir las exigencias impuestas por la seguridad y la perdurabilidad.*
8. *En ocasiones, la dificultad de evaluar el grado real de seguridad y los posibles resultados positivos de las intervenciones puede hacer recomendable emplear un “método de observación” consistente, por ejemplo, en una actuación escalonada que se inicie con una intervención de baja intensidad, de tal forma que permita ir adoptando una serie de medidas complementarias o correctoras.*
9. *Siempre que sea posible, las medidas que se adopten deben ser “reversibles”, es decir, que se puedan eliminar y sustituir por otras más adecuadas y acordes a los conocimientos que se vayan adquiriendo. En el caso de que las intervenciones practicadas no sean completamente reversibles, al menos no deberán limitar la posible ejecución de otras posteriores.*
10. *Deben determinarse todas las características de los materiales (especialmente cuando son nuevos) que vayan a utilizarse en una obra de restauración, así como su compatibilidad con los existentes. En ese estudio deben incluirse los impactos a largo plazo, a fin de evitar efectos 'secundarios no deseables.*
11. *No deben destruirse los elementos diferenciadores que caracterizaban a la edificación y su entorno en su estado original o en el correspondiente a las etapas más antiguas.*

12. *Cada intervención debe respetar, en la medida de lo posible, el concepto, las técnicas y los valores históricos de la configuración primigenia de la estructura, así como de sus etapas más tempranas, y debe dejar evidencias que puedan ser reconocidas en el futuro.*
13. *La intervención debe responder a un plan integral de conjunto que tenga debidamente en cuenta los diferentes aspectos de la arquitectura, la estructura, las instalaciones y la funcionalidad*
14. *Deberá evitarse, siempre que sea posible, la eliminación o alteración de cualquier material de naturaleza histórica, o de elementos que presenten rasgos arquitectónicos de carácter distintivo.*
15. *Las estructuras arquitectónicas deterioradas deben ser reparadas, y no sustituidas, siempre que resulte factible.*
16. *Deberán mantenerse las imperfecciones v alteraciones que se hayan convertido en parte de la historia de la edificación, siempre que no atenten contra las exigencias de la seguridad.*
17. *Sólo se debe recurrir a la alternativa de desmontar y volver a montar los elementos cuando así lo exija la propia naturaleza de los materiales y siempre que su conservación por cualquier otro medio sea imposible o incluso perjudicial.*
18. *Los sistemas de protección provisional utilizados durante la intervención deben servir a su propósito y función sin causar perjuicios a los valores patrimoniales.*
19. *Cualquier propuesta de intervención debe ir acompañada de un programa de control que, en la medida de lo posible, deberá llevarse a cabo mientras se ejecuta la obra.*
20. *No deben autorizarse aquellas medidas que no sean susceptibles de control en el transcurso de su ejecución.*
21. *Durante la intervención, y después de ésta, deben efectuarse unas comprobaciones y una supervisión que permitan cerciorarse de la eficacia de los resultados.*

22. *Todas las actividades de comprobación y supervisión deben registrarse documentalmente y conservarse como parte de la historia de la construcción” (72)*

2.6.5 Medidas urgentes

Se entiende por medidas urgentes los acontecimientos abruptos que puedan dañar los monumentos históricos, dentro de este tipo de acontecimientos se puede mencionar a los sismos. Al respecto a la Carta Internacional se refiere de la siguiente manera:

“No deben emprenderse actuaciones sin sopesar antes sus posibles beneficios y perjuicios sobre el patrimonio arquitectónico, excepto cuando se requieran medidas urgentes de protección para evitar la ruina inminente de las estructuras (por ejemplo, tras los daños causados por un sismo); no obstante, se tratará de evitar que tales medidas urgentes produzcan una modificación irreversible de las estructuras”.(73)

2.6.6. Materiales y técnicas modernas

Entre los problemas que se presentan cuando se quiere realizar una intervención estructural es la elección adecuada de los materiales y técnicas para su aplicación en la restauración.

2.6.6.1 Elección de Materiales

Las Cartas Internacionales recomiendan que las técnicas y materiales modernos utilizadas en las intervenciones estructurales como son el concreto armado, los refuerzos estructurales en acero *“deben ser escogidos y utilizados con la mayor prudencia, y solamente en los casos en que la perdurabilidad y el comportamiento*

⁷² Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del Patrimonio Arquitectónico. Art. 3 www.esicomos.org

⁷³ Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del Patrimonio Arquitectónico. Art. 1.7. www.esicomos.org

estructural de los materiales y de las técnicas de construcción hayan sido probados satisfactoriamente". (74)

La razón mas frecuente para recurrir a las técnicas modernas es la necesidad de un incremento drástico en la resistencia de la estructura que solo puede lograrse con materiales más eficientes que los originales.

2.6.6.2 Características de la intervención

Se han fijado tres características fundamentales de intervención de refuerzo estructural con materiales distintos a los originales:

1. **La Compatibilidad** entre el comportamiento de la nueva estructura y la vieja desde el punto de vista de respuesta ante agentes atmosféricos, como la temperatura, y desde el punto de vista estructural, sobre todo en cuanto a la rigidez. Es frecuente que la inserción de nuevos elementos de gran rigidez atraiga una porción elevada de las cargas aplicadas, y cambie drásticamente las condiciones de esfuerzos en los elementos existentes.
2. **La Durabilidad** a un plazo mayor del que se exige en los edificios comunes; para algunos materiales modernos no se cuenta con una comprobación de su capacidad para mantener sus propiedades durante siglos o se requiere de una protección y mantenimiento mayor que para ciertos materiales tradicionales.
3. **La Reversibilidad** es una característica que se ha promovido mucho en las intervenciones con materiales modernos. El criterio es que debería ser factible removerlos nuevos elementos y modificar la solución si en el futuro se encuentra otra mas eficiente, o si la adoptada muestra signos de ser inadecuada. Desde el punto de vista práctico la condición de reversibilidad es muy difícil de lograr en muchos casos por lo cual debe de ser considerada como un requisito estricto solo para monumentos de importancia excepcional (75).

Asimismo, la Carta de Cracovia considera las mismas recomendaciones.

⁷⁴ Principios que deben regir la conservación de las estructuras históricas en madera. (1999). Ratificada por la 12 Asamblea General del ICOMOS celebrada en México del 17 al 24 de Octubre de 1999. Art 13

⁷⁵ Meli Roberto, Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos. Fundación ICA, México D.F, Primera Edición, pág. 144.

“La intervención elegida debe respetar la función original y asegurar la compatibilidad con los materiales y las estructuras existentes, así como con los valores arquitectónicos. Cualquier material y tecnología nuevos deben ser probados rigurosamente, comparados y adecuados a la necesidad real de la conservación. Cuando la aplicación “in situ” de nuevas tecnologías puede ser relevante para el mantenimiento de la fábrica original, estas deben ser continuamente controladas teniendo en cuenta los resultados obtenidos, su comportamiento posterior y la posibilidad de una eventual reversibilidad.

Se deberá estimular el conocimiento de los materiales tradicionales y de sus antiguas técnicas así como de su apropiado mantenimiento en el contexto de nuestra sociedad contemporánea, siendo ellos mismos componentes importantes del patrimonio cultural” (⁷⁶).

Entendiéndose por reversibilidad al *“principio sobre el que el conservador debe ser categórico. Esta palabra significa que un método de conservación debe poder invertirse si ocurre algo inesperado, de manera que el objeto pueda recuperar su estado inicial sin ningún daño”. (⁷⁷)*

José Antonio Terán Bonilla, dice que: “con frecuencia, entre los arquitectos restauradores ha sido común recurrir a ciertos recetarios para seleccionar el o los materiales y/o tratamientos que solucionen un determinado problema. Sin embargo, esta práctica tan generalizada ha traído consecuencias nocivas y ha perjudicando a los bienes culturales inmuebles, pues a menudo se escogen y aplican los tratamientos sin que haya un análisis o cuestionamiento de los pros y contras en el empleo de los mismos para cada caso en particular, así como por no consultar o solicitar asesoría a los especialistas en ciencia de los materiales.”

La intervención de todos estos especialistas en la conservación del patrimonio arquitectónico es vital, pues *“por medio del método científico, ellos estudiarán, investigarán, y analizarán los materiales (tanto constructivos como los que se pretenden emplear en la restauración de un monumento) en aspectos como: la naturaleza de los mismos, su composición química y mineralógica; origen, transformación, alteraciones y agentes que producen el deterioro. Además, tomarán*

⁷⁶ Carta de Cracovia, 2000, Art. 10

⁷⁷ Torraca, Giorgio, “Materias Sintéticas empleadas en la Conservación de Bienes Culturales” en: ‘La Conservación de los Bienes Culturales’, UNESCO, París. 1969 (Museos y Monumentos. XI) Pág. 325.

en cuenta los procedimientos para protegerlos y consolidarlos, las fallas de los materiales, su datación, etc.”, así como la compatibilidad que hay entre los materiales que constituyen al edificio y los que se utilizarán en su restauración (⁷⁸).

2.6.7. Procedimientos de Intervención en Edificios Históricos

Sir Bernard M. Fielden, para realizar una adecuada intervención recomienda el procedimiento siguiente:

1. *Analizar los “valores” del edificio, entre los cuales se encuentran los de identidad social, espirituales-religiosos, simbólicos, arquitectónicos; artísticos, urbanísticos, económicos, políticos, etc.*
2. *Analizar el sistema estructural. Estudiar las reparaciones y alteraciones hechas en el pasado.*
3. *Hacer un levantamiento detallado de todos los defectos y daños visibles.*
4. *Revisar las causas de deterioro.*
5. *Un equipo multidisciplinario de ingenieros de suelos, de materiales y estructurales, arquitectos de conservación e historiadores debe inspeccionar el edificio conjuntamente.*
6. *Considerar el uso actual y potencial del edificio.*
7. *Plantear técnicas que permitan incrementar la resistencia a la tensión sin alterar la dinámica del sistema estructural.*
8. *Plantear varias alternativas tomando en cuenta la factibilidad técnica y económica.*
9. *La mejor intervención es la mínima necesaria para responder a un riesgo aceptable”. (⁷⁹)*

⁷⁸ Terán Bonilla, José Antonio, Consideraciones que deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica. Revista Conserva N°8, 2004, http://www.dibam.cl/dinamicas/DocAdjunto_631.pdf.

⁷⁹ Feilden, Sir Bernard M. en “Entre Dos Terremotos. Los Bienes Culturales en Zonas Sísmicas”. Lima, 1991, Pág. 45, 46.

Torrealva Dávila Daniel, y Vargas Neumann, para la Intervención estructural en un edificio histórico que ha sufrido daños en un terremoto, recomiendan el procedimiento siguiente:

- Analizar a la estructura en su forma arquitectónica original mediante un modelo matemático, el modelo matemático debe de considerar las características del suelo bajo la cimentación, las fuerzas sísmicas que deben ser determinadas de manera razonable, realizar un análisis elástico del modelo realizado, encontrando las zonas de concentración de esfuerzos más críticos.
- Se debe de comparar las zonas de concentración de esfuerzos críticos con la resistencia de los materiales más antiguos de la edificación.
- De la comparación se puede tomar la decisión de mejorar el material que conforma la edificación, mejorar la configuración arquitectónica o adicionar un reforzamiento compatible que pueda ir ubicado en el interior o en el exterior de la edificación.”⁽⁸⁰⁾

2.6.8. Principio estructural que deben guiar la intervención estructural en edificios históricos.

El edificio mientras no haya colapsado es posible su recuperación. Esto significa que se debe asegurar que la edificación puede absorber la energía sísmica y disiparla. Para lograr el objetivo se puede optar los siguientes procedimientos, señaladas por los Ings. Torrealva y Blanco:

1. *Incrementar la resistencia elástica del edificio mediante la inclusión de elementos estructurales cuyo módulo de elasticidad sea compatible con el del material original, ya que de lo contrario se puede generar comportamientos dinámicos distintos.*
2. *Incrementar la ductilidad del edificio. En el caso de las construcciones masivas de mampostería puede ser un objetivo difícil de lograr.*
3. *Asegurar la estabilidad del edificio en su etapa post fisuración. Esto significa que la disipación de energía ocurrirá por fricción entre las partes fisuradas pero asegurando que permanezcan unidas entre sí.*⁽⁸¹⁾

⁸⁰ Daniel Torrealva, Julio Vargas Neumann en “STRUCTURAL ENGINEERING ISSUES FOR THE RECONSTRUCTION AND RESTORATION OF BAM” ítem 4.2.

Los mismos autores señalan que se debe optar por aquel procedimiento que mejor respete la conservación del monumento histórico. De los tres procedimientos los más factibles de aplicar son el primero y el tercero.

“Otro aspecto importante es que la intervención preferentemente, debe ser reversible: esto permite que se pueda monitorear el efecto de la intervención se pueda corregir, reforzar o revertir. Las intervenciones irreversibles comprometen totalmente y por anticipado la supervivencia del edificio con una sola técnica producto del conocimiento presente, sin tener en consideración que nuestra tarea es preservar el monumento para las siguientes generaciones, que con nuevas tecnologías pueden realizar futuras intervenciones de mejor calidad.

Finalmente, la tecnología apropiada de intervención se basa en una comprensión intuitiva-cualitativa del comportamiento sísmico de los edificios históricos: tal como lo hicieron los constructores del pasado”.⁽⁸²⁾

2.7. Peculiaridades de las edificaciones históricas para la evaluación estructural

En las intervenciones estructurales se debe tomar en cuenta que no es lo mismo intervenir en edificaciones modernas y en edificaciones históricas, debido a que se debe considerar la compatibilidad de los materiales a utilizar en la intervención, así como en el caso de las intervenciones en edificios históricos que todavía se encuentran en una fase exploratoria en comparación con las intervenciones en edificaciones modernas donde el proceso de evaluación y posterior reforzamiento cuenta con procedimientos tecnológicos comprobados analítica y experimentalmente, aunque no en todos los casos. En el XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil, 2003 se hace referencia a lo siguiente:

“Las edificaciones históricas representan un reto muy particular para la Ingeniería actual. Mientras que para las edificaciones modernas, el proceso de evaluación y posterior reforzamiento cuenta con procedimientos tecnológicos comprobados

⁸¹ Torrealva, Daniel y Blanco, Antonio en “La intervención estructural en monumentos históricos, el caso de la reconstrucción de la catedral de Arequipa” Art. 4.

⁸² Torrealva, Daniel & Blanco, Antonio en “La intervención estructural en monumentos históricos, el caso de la reconstrucción de la catedral de Arequipa” Rev. ACI-Perú, Pág. 101.

analítica y experimentalmente; aunque no en todos los casos, en las edificaciones históricas buena parte de estos procesos se encuentran todavía en una fase de exploración o de empirismo. En muchos casos, la condición de patrimonio monumental de estos edificios limita la intervención ingenieril con los métodos comunes a los edificios modernos. Actualmente, la posibilidad de plantear métodos modernos de intervención estructural debe tomar en cuenta la necesidad de un control posterior del desempeño estructural, la compatibilidad entre los materiales existentes y los nuevos, así como la reversibilidad de la intervención es decir, debe considerarse el posible cambio de la intervención por otra mejor, de acuerdo al avance tecnológico y del conocimiento”⁽⁸³⁾.

Los monumentos históricos tienen comportamiento y características diferentes a las edificaciones contemporáneas, esto dificulta la tarea de analizar, evaluar e interpretar los resultados de nuestra evaluación, para reducir estos problemas hay tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- **En Información**

“Un aspecto importante a tomar en cuenta es la falta de información sobre las construcciones existentes. En algunos casos existen planos de arquitectura, o de replanteo. En general, los planos estructurales no existen. Tanto el replanteo geométrico como estructural se hace necesario, para la llevar a cabo la evaluación de las edificaciones. También se debe hacer notar la poca información acerca del comportamiento de las edificaciones en eventos sísmicos, asimismo sobre los daños causados por estos eventos. Posibles evidencias de daños causados por estos eventos habrían sido cubiertas por reforzamientos estructurales o por simples pintados o tarrajeos que por lo general no son reportados.

- **En Los Materiales de Construcción**

En general los materiales de construcción indican de alguna forma el periodo de construcción así como la localidad donde se ubica la edificación. Se puede

⁸³ Carlos Zavala Toledo, Luis Vásquez Chicata, Rafael Salinas Basualdo, Ricardo Proafio Tataje, Guillermo Huaco Cárdenas: EXPERIENCIAS RECIENTES DE VALUACIÓN ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES HISTÓRICAS. XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil - Iquitos, 2003.

encontrar una gran variedad de materiales estructurales en una sola edificación, no solo en construcciones de la misma época, sino también en modificaciones posteriores a la edificación inicial. El conocimiento de las propiedades mecánicas de los materiales como las relaciones de esfuerzo-deformación, flujo plástico, rango de esfuerzos admisibles, etc. es escaso. Las labores de auscultación para la extracción de muestras son importantes para una asignación adecuada de las propiedades mecánicas de estos.

- **En Las Conexiones Estructurales**

Un aspecto importante son las conexiones de los elementos estructurales en especial cuando se trata de distintos materiales. Se pueden encontrar columnas de acero apoyadas sobre muros de albañilería, vigas de acero apoyados en columnas de mampostería, entramados de madera apoyadas sobre muros sin viga collar. En cuanto a la cimentación, se puede encontrar algunas veces que están apoyadas sobre estructuras de construcciones anteriores, con sótanos de muros gruesos de piedra u otro material, con sistemas de alcantarillado, así como posible existencia de catacumbas.

- **En el Análisis y Reforzamiento**

El análisis y en general el modelamiento juega un rol importante en la evaluación de estas edificaciones. Algunas particularidades y sobretodo la complejidad de algunas conexiones y propiedades de los materiales conllevan a una dificultad en el modelamiento de las estructuras. Por ejemplo: definición de conexiones rígidas o semirígidas, excentricidad de las conexiones, conexiones entre elementos de distinto material, elementos con materiales con baja o nula capacidad a la tracción, y condiciones de apoyo como el grado de empotramiento. En cuanto a la interpretación de los resultados, es importante el conocimiento de los rangos de deformabilidad en función a los daños posibles en los conjuntos estructurales así como del comportamiento estructural de toda la edificación.

- **En los Procedimientos de Reforzamiento**

Un aspecto importante se refiere a los procedimientos de reforzamiento en caso de ser necesario. La condición de patrimonio histórico reduce las alternativas, limitando la intervención ingenieril sobretodo en los elementos que se consideran con un mayor valor cultural o histórico. Estas limitaciones a su vez representan un reto a la ingeniería que implica la exploración de otras opciones que permitan reducir la vulnerabilidad de las edificaciones históricas⁽⁸⁴⁾.



⁸⁴ Carlos Zavala Toledo, Luís Vázquez Chicata, Rafael Salinas Basualdo, Ricardo Proafio Tataje, Guillermo Huaco cárdenas.
“EXPERIENCIAS RECIENTES DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES HISTÓRICAS” en XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil – Iquitos 2003.

CAPÍTULO 3

MATERIALES USADOS PARA LA RESTAURACIÓN DE MONUMENTOS HISTÓRICOS DE ADOBE DE LA ZONA DELCUSCO

Los materiales tradicionales más utilizados en restauración en monumentos históricos de la zona del Cusco serán descritos a continuación.

3.1 Adobe.

El término adobe deriva del árabe “at-tob” que significa ladrillo de tierra secado al sol. Es una unidad de albañilería tradicional, constituida por tierra, arena y paja. Se utilizada en las construcción de muros.

El adobe precolombino se elaboraba por lo general, utilizando tierra mezclada con paja entera sin cortar que se colocaba en forma de espiral, como indica el cronista Garcilaso de la Vega: los Incas hacían los adobes tan largos como querían que fuese el espesor de la pared. Se han encontrado adobes que varían entre 45 centímetros y 1.10 metros de longitud, de 10 a 29 centímetros de ancho y de 6 a 12 centímetros de altura (Figura 3.1.). Durante la Colonia, el adobe cambia en su composición, ya que se le agrega estiércol de ganado, se coloca la paja cortada y se disminuye la cantidad de grava. Las dimensiones en la sierra por lo general son de 45 a 61 centímetros de longitud, de 19 a 30 centímetros de ancho y entre 10 a 16 centímetros de altura. La resistencia a la compresión que se podría considerar para la zona del Cusco, proviene de muestras tomadas de la Iglesia de San Jerónimo de la ciudad del Cusco. Estas resistencias a compresión van de 10.98 kg/cm² a 14.87Kg/cm²

(¹⁶⁹).

¹⁶⁹ Samanez Argumedo, Roberto, La restauración de estructuras de adobe en los monumentos históricos de la región andina del Perú: **tecnología apropiada en la conservación del patrimonio cultural**, Oficina de asuntos culturales COFIDE, Lima, 1983, pág. 32.



Figura 3.1. De izquierda a derecha adobe Inca de la ciudad del Cusco: siglo XVI con dimensiones 0.50 x 0.15 x 0.10m, siglos XV- XVI con dimensiones 1.10 x 0.15 x 0.10m, siglo XVI con dimensiones 0.85 x 0.15 x 0.10m.

3.1.2. Selección de la cantera

Para seleccionar las canteras se realiza un reconocimiento de la zona circundante al monumento a restaurar en un radio fijado por las facilidades de transporte.

Las informaciones de los pobladores acerca de los posibles lugares donde se pueda obtener el material son tomados en cuenta para su selección.

3.1.3. Fabricación del adobe

- Se coloca la tierra cernida con agua, para luego hacer una mezcla que debe dejarse aglutinar de un día para otro. Al día siguiente se agrega la paja entera, se pisa y voltea el barro y se deja por un día más.
- Sobre el terreno seleccionado para moldear los adobes se coloca una capa fina de arena para evitar que éstos peguen al terreno. Los moldes de madera se sumergen previamente en agua durante toda una noche.
- Una vez cumplidos todos los plazos señalados se hace el moldeo de los adobes comprimiendo fuertemente el barro en las cajas, usando los pies. Con una regla se

alisa la superficie y antes de sacar el molde se coloca sobre esta superficie del adobe paja cortada para evitar que se agrieta al secar. Los adobes alineados en hileras se dejan secar al sol durante cinco días, al cabo de los cuales deben voltearse apoyándolos sobre uno de sus lados más alargados. Al cabo de 15 días deben voltearse nuevamente, parándolos verticalmente sobre uno de los lados más cortos.

- Luego de esa operación se dejar secar por treinta días al sol, por lo que se fabrican en la época más seca del año (Junio-Septiembre).
- Pasando ese período se pueden almacenar bajo techo o emplearlos en la construcción.

3.2. Piedra

Es utilizada en los cimientos y sobrecimentación de los muros, también como material decorativo en portadas, arquerías, enchape de muros y pisos. Por lo general las piedras usadas son las que se encuentran cercanas a la zona donde el monumento histórico. Para unirlos se emplean morteros de cal o barro.

3.3. Morteros

Dentro de la zona del Cusco los tipos de mortero más utilizados en restauración son los siguientes:

3.3.1. Mortero de barro

Los morteros de barro o tierra tienen como aglomerante principal a la arcilla de un suelo.

El mortero de barro es de la misma calidad del material utilizado para la elaboración del adobe.

Preparación del mortero de barro

- Realizan el tamizado del suelo con el fin de eliminar las piedras grandes y materiales extraños.
- Humedecen la tierra totalmente y hacen dormir (permanecer en reposo) de 1 a 2 días antes de mezclar con la paja.

- Mezclar el barro con la paja de una forma uniformen, la paja es cortadas en tiras de 10cm a 15cm de longitud.
- El barro para las juntas tienen paja para evitar que el mortero se raje cuando este seco.

El material resultante es utilizado para asentar las unidades de albañilería de adobe de los muros.

3.3.2. Mortero de cal

El tipo de cal mas utilizado como aglomerante es la cal apagada. El procedimiento utilizado en la zona de Cusco en restauración para obtener la cal apagada es el siguiente:

- El apagado de la cal viva se practica en un hoyo excavado en el terreno o dentro de una batea de madera.
- Mientras el albañil añade agua, remueve constantemente la mezcla.
- Después cubre con agua el producto obtenido y lo estaciona un mínimo de 48 horas.

Con la cal apagada, se hace la mezcla, argamasa o mortero en la siguiente proporción: cal: arena en proporción 1:3 mas un 20 % de cemento para ayudar al fraguado.

El material resultante es usado para asentar las piedras de los sobrecimientos, cimientos y fijar baldosas o azulejos.

3.3. Teja

Está constituida por una pasta de arcilla, con una adición proporcional de arena. Su forma es arqueada obedeciendo a los moldes y diseño, sus dimensiones son 0.49m de largo y ancho de 0.20m en la parte más ancha y 0.16m en la parte más angosta. Aproximadamente su peso es de 2.70 kg. Las tejas forman la cobertura sujetadas, las cuales son asentadas con una torta de barro.

CAPÍTULO 4

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE LOS MONUMENTOS HISTÓRICOS RELIGIOSOS

4.1 Cimentación (Anexo 1: Lamina 1)

La cimentación, tienen una profundidad que varía de 0.70m a 1.75 m. promedio, el ancho es aproximadamente igual al ancho del muro. La cimentación está hecha con piedra grande (andesita) unida con mortero de barro.

La mayoría de los monumentos religiosos coloniales, presentan cimentaciones con las características anteriormente descritas, tanto en altura, ancho y materiales conformantes.

4.2 Sobrecimiento (Anexo 1: Lamina 1)

El sobrecimiento es de piedra con mortero de barro, su altura es variable que en algunos casos carece de sobrecimiento. El ancho es el mismo ancho del muro.

4.3. Muros (Anexo 1: Lamina 1)

Los muros son de abobe con un ancho de 1.00 a 1.80 m. y en algunos casos presentan muros dobles que llegan a un ancho de 2.50 m. Su altura varía de acuerdo a los ambientes. Los monumentos también presentan contrafuertes de la misma altura de los muros.

4.4. Cobertura (Anexo 1: Lamina 2 y 3)

Las coberturas están formadas por vigas y tijerales de madera que constituyen el sistema par y nudillo, la cual está cubierta por tejas con torta de barro.

CAPÍTULO 5

TIPOLOGÍA ARQUITECTÓNICA

La fuente de información fue obtenida de los expedientes técnicos de restauración de monumentos religiosos de adobe del Instituto Nacional de Cultura del Cusco y la verificación insitu.

5.1 Configuración de la planta

La tipología de los monumentos religiosos se caracteriza por una estructura de cajón con una Nave única rectangular alargada con una sola nave, cuyos ambientes principales están diferenciados por niveles y alturas. Los ambientes auxiliares están adosados a los muros laterales (Figura.2).

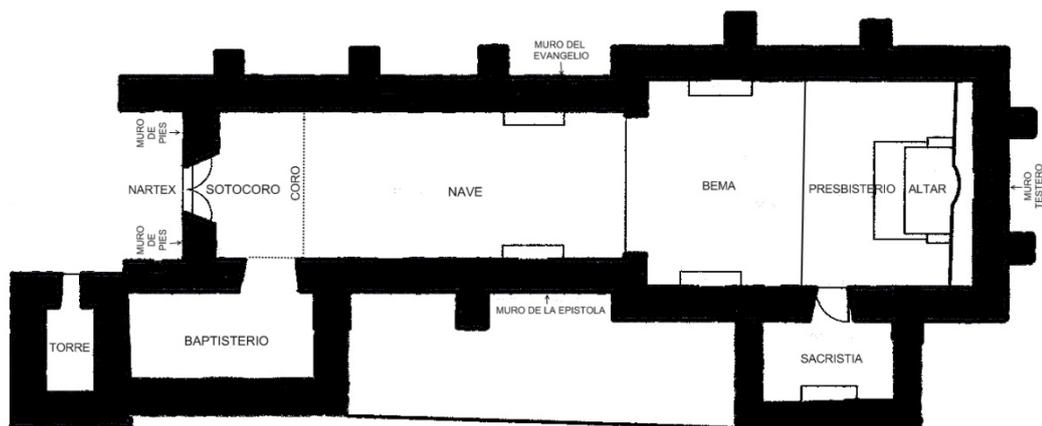


Figura. 5.1 Configuración en planta de las iglesias

5.2 Parte exterior

EL ATRIO PRINCIPAL

Es un espacio abierto semipúblico que precede al acceso principal del monumento, es decir, es el espacio de transición entre la plaza pública y lo sagrado del monumento.

FACHADA PRINCIPAL – (SECTOR MURO PIES)

Correspondiente a la ubicada en el sector orientado hacia el espacio público con características de plaza; cuyas características volumétrica permiten resaltar el sector del acceso. En ésta se perciben visualmente tres planos diferentes: en el primer plano se aprecia el cubo correspondiente a la Torre – Campanario de forma piramidal que se sobre eleva en el paisaje conservando su composición formal, pudiendo apreciarse a nivel del cuerpo de campanas dos vanos simétricamente distribuidos; en el segundo plano se aprecia la prolongación de los muros longitudinales de la nave que dan origen a un pequeño espacio receptivo semiabierto que a manera de Nártex que resalta la importancia del acceso, en el tercero se encuentra el muro de pies, en el que está ubicada la Portada Principal que constituye el único ingreso desde el exterior a la iglesia.

SECTOR MURO DE LA EPÍSTOLA

En este se perciben visualmente cuatro planos diferentes; en el primer plano se aprecia el cubo correspondiente a la Torre-Campanario de forma piramidal, que en algunos casos presenta a nivel del cuerpo de campanas un vano ubicado en el sector medio del volumen; en el segundo plano los volúmenes correspondientes al Baptisterio y la Sacristía; en el tercer plano se encuentra el muro que corresponde a la Nave; finalmente, el cuarto plano corresponde el sector de la Bema y parte del Presbiterio.

SECTOR MURO TESTERO

Su composición es más simple, está constituidos únicamente por dos planos diferentes; en el primer plano los dos únicos contrafuertes distribuidos simétricamente en el muro, el segundo plano corresponde al muro lateral de la Sacristía.

En una vista lejana hacia la parte posterior de esta fachada se aprecia el cubo correspondiente a la Torre – Campanario de forma piramidal que se sobre eleva en el paisaje, pudiendo apreciarse a nivel del cuerpo de campanas dos vanos simétricamente distribuidos al igual que en la fachada principal.

SECTOR MURO DEL EVANGELIO

Su composición volumétrica es la mas sencilla, en esta se presenta un acentuado desarrollo longitudinal que esta atenuado por la presencia de contrafuertes, los cuales están distribuidos simétricamente entre el muro testero y el muro de pies, cabe destacar también en esta fachada la presencia de un receso entre al presbiterio y la nave, las fenestraciones en la nave son muy escasas hacia este frente solo se tienen dos ventanas de desarrollo vertical similares a la elevación opuesta, tanto en dimensiones como en relación a la carpintería.

Hacia la parte posterior de esta fachada se aprecia al costado del volumen principal de la iglesia el cubo correspondiente a la Torre – Campanario de forma piramidal que se sobre eleva en el paisaje conservando su composición formal, pudiendo apreciarse a nivel del cuerpo de campanas un vano ubicado en el sector medio del volumen al igual que en la fachada opuesta.

5.3 Parte interior

EL NARTEX:

Este ambiente constituye el espacio de transición entre el Atrio y la misma Iglesia; está ubicado a continuación del atrio y desde donde se accede a través de un pórtico ubicado en el muro de pies.

EL SOTOCORO:

Este ambiente constituye el espacio de recepción de la Iglesia misma, a partir del cual se inicia la distribución a los diferentes ambientes; está ubicado a continuación del Nártex desde donde se accede a través de un pórtico ubicado en el muro de pies.

El piso ésta conformado por un acabado de losetas de piedra en la mayoría de los caso en forma de damero.

LA NAVE:

Conjuntamente con la Bema y el Presbiterio constituyen el ambiente principal en torno al cual se desarrolla el monumento; esta integrada por un amplio ambiente de doble altura con planta rectangular alargada que se prolonga hacia la Bema y el Presbiterio, presenta como único elemento que determina la delimitación virtual entre los dos primeros ambientes; dos pilastras o estribos que conjuntamente con el cambio de niveles delimitan virtualmente los dos ambientes, a partir de cuyos capiteles o arranques se encuentran las dovelas basales (salmeres) y algunas de las dovelas que dan origen al Arco Triunfal. Es también a partir de este elemento que se establece a nivel de cobertura la diferencia de alturas entre la Nave y la Bema.

El piso de la nave se encuentra al mismo nivel que el del Sotocoro (acceso), cuenta igualmente con losetas de piedra que se prolonga hasta el sector de la Bema.

En el sector próximo al Arco Triunfal se ubican los altares con sus respectivos bancos y hornacinas que se encuentran en el muro de adobe y presentan el remate en arco de medio punto, distribuidos frente a frente simétricamente opuestos. Tanto en el banco del altar como en la hornacina que corresponde al sector de la Epístola presenta pinturas murales.

La cobertura esta compuesta por el sistema estructural en madera de par y nudillo, encañado y revestido con yeso en los faldones interiores, presentando también tres juegos de tirantes pareados de madera y ménsulas con molduras y pintura; la cobertura es de teja asentada sobre mortero de barro y paja.

LA BEMA:

Se encuentra a continuación de la Nave y corresponde al sector a partir del Arco Triunfal, donde se presenta la variación de características: en la sección de la planta ensanchándose hasta en 2.00 m, cambiando de nivel mediante un peldaño de 0.10 m. respecto a la Nave. Presenta el mismo acabado de pisos con losetas de piedra, que concluye en este espacio, estableciendo un límite con el Presbiterio que se define inclusive con una balaustrada de madera que los separa virtualmente.

En este espacio también, en el sector próximo al Arco Triunfal es usual encontrar dos altares con sus respectivos bancos y hornacinas.

Sobre el sector de la epístola presentan un vano de ventana a diferente altura, que permite la iluminación y ventilación de la sacristía, el mismo que no cuenta con cerramiento alguno.

Al igual que en el espacio que le antecede la cobertura esta compuesta por el sistema estructural en madera de par y nudillo, encañado y revestido con yeso en los faldones interiores, presentando también un juego de tirantes pareados de madera y ménsulas con molduras y pintura; la cobertura es de teja asentada sobre mortero de barro y paja.

EL PRESBITERIO:

Este constituye la parte final del ambiente principal también de doble altura, presenta un cambio de nivel mediante un peldaño de 0.20 m respecto al espacio anterior; el tratamiento del piso es con madera machihembrada cuyo límite con el anterior se establece a partir de la balaustrada de madera; este espacio se prolonga hasta el muro testero.

En este sector se aprecia claramente dos niveles diferentes de piso: en el primero a partir de la balaustrada se aprecia sobre el muro de la epístola el ingreso a la sacristía, mediante un vano abocinado y de muy poca altura que cuenta con una puerta improvisada; a continuación una ventana también abocinada de dimensiones similares que la de la Nave; en el muro del evangelio (al frente), existe una ventana de similares características cuyo eje está desfasado respecto a la anterior.

A continuación en el segundo nivel, al medio del espacio se aprecia una mesa a manera de Ara improvisada cuyo sector se sobreeleva 0.10 m.; a continuación el Altar Mayor compuesto por el Retablo Mayor.

Al igual que en el espacio que le antecede la cobertura esta compuesta por el sistema estructural en madera de par y nudillo, encañado y revestido con yeso en los faldones interiores, presentando también un juego de tirantes pareados de madera y ménsulas con molduras y pintura; la cobertura es de teja asentada sobre mortero de barro y paja.

EL BAPTISTERIO:

Espacio que se encuentra adosado al muro de la epístola, al costado del Sotocoro desde el cual se accede; presentan un piso de losetas de piedra. En algunos casos en este ambiente se ubican las gradas que servían de acceso al coro.

LA SACRISTÍA:

Esta constituida por un ambiente de forma rectangular adosada al muro de la epístola, a este ambiente se accede desde el Presbiterio a través de una pequeña puerta de vano abocinado. En el muro paralelo al muro de la epístola existe una hornacina cuya concepción fue para la colocación de alguna una imagen, el piso de este ambiente puede ser de tierra o de losas de piedra, la cubierta es a dos aguas con estructura de madera en el sistema de par y nudillo encañado y con cobertura de teja asentada sobre mortero de barro y paja no presenta revestimiento en los faldones interiores.

EL CORO

Esta ubicado en el segundo nivel encima del Sotocoro; está delimitado entre los muros de la epístola, de pies y del evangelio, hacia la misma Iglesia presenta como cerramiento la balaustrada de madera con balaustres torneados que lo separa de la Nave en el segundo nivel, proporcionando una visual completa de todo el Monumento. Se encuentra sobre un entrepiso de vigas de madera que están empotradas en los muros longitudinales de la Iglesia.

Se accede a este espacio a través del Baptisterio (sector de la epístola) mediante la escalera en madera, esta llega a un espacio tipo descanso en el que se encuentra la pequeña puerta de ingreso de similares características que la de la Portada Principal.

En el sector del muro de pies se encuentra aproximadamente a la mitad de su longitud un vano en arco de medio punto con una ventana ubicada a media altura.

Sus paredes pueden o no llevar revestimiento. La cobertura esta compuesta por el sistema estructural en madera de par y nudillo, encañado y revestido con yeso en los faldones interiores; la cobertura es de teja asentada sobre mortero de barro y paja.

LA TORRE - CAMPANARIO

Se encuentra adosada al muro de la iglesia a través del baptisterio, aunque cuenta con una estructura completamente independiente; la estructura correspondiente a la Torre – Campanario tiene la forma de una pirámide trunca, su estructura sobresale en el paisaje. En la fachada principal, está ubicada delante y costado de todo el monumento, la torre - campanario se constituye en el elemento vertical que rompe la monotonía volumétrica del conjunto, es íntegramente construida en adobe.

Está constituida por dos cuerpos, cuya definición se establece mediante la diferencia en el tratamiento de sus muros. El primer cuerpo denominado cuerpo base, que presentan paños casi ciegos, que en algunos casos se puede encontrar un ingreso a la torre; el segundo denominado cuerpo de campanas, en este se aprecian ventanas arcadas que se encuentran simétricamente distribuidas frente a frente.

Las escaleras de acceso al campanario son de madera o adobe asentado con mortero de barro.

En el segundo cuerpo de menor sección que se caracteriza por la existencia de vanos contiguos en arco de medio punto que están orientados hacia cada uno de los lados de la pirámide trunca; se puede apreciar la existencia de campanas, colocadas una hacia la Fachada Principal y la otra hacia la Fachada Lateral. La cobertura es de teja cerámica con caída a cuatro aguas (tipo cola de pato).

LA COBERTURA

La cobertura de todo el monumento presenta diferentes niveles y esta compuesta por el sistema estructural en madera de par y nudillo, encañado y revestido con yeso en los faldones interiores; la cobertura es de teja asentada sobre mortero de barro y paja. La Torre-Campanario tienen el mismo sistema pero con una cobertura independiente del resto del monumento, esta es a cuatro aguas presentando en su sección mayor una pequeña cumbre.

A continuación se muestran fotografías acerca de la configuración tipológica de las iglesias hechas de adobe de la región del Cusco (Figura 5.2 – 5.9).



Figura 5.2. Configuración Típica: Iglesia de Mark'jo – Anta, Cusco.



Figura 5.3. Iglesia Santa María Magdalena de Taray-Cusco, Vista frontal.



Figura 5.4. Iglesia Virgen Inmaculada Concepción-Anta-Cusco, vista lateral.



Figura 5.5. Iglesia Santa María Magdalena de Taray-Cusco, vista interior (Nave, Presbiterio y Altar).



Figura 5.6. Iglesia Virgen Inmaculada Concepción-Anta-Cusco, vista interior (Nave, Presbiterio y Altar).

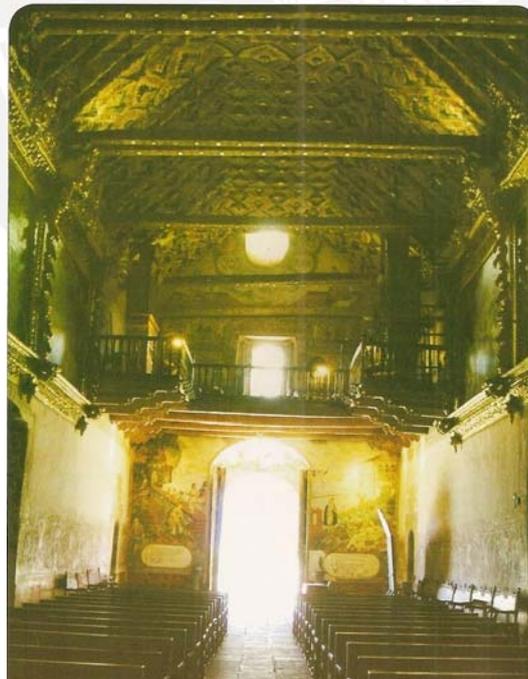


Figura 5.7. Iglesia San Pedro Apóstol Andahuaylillas-Cusco, vista interior (Sotocoro y Coro).



Figura 5.8. Iglesia Santa María Magdalena de Taray-Cusco, vista interior de la cobertura (sistema par y nudillo).



Figura 5.9. Iglesia Santa María Magdalena de Taray-Cusco, vista interior ambientes (Bautisterio).

CAPÍTULO 6

TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS APLICADOS EN LA RESTAURACIÓN DE MONUMENTOS HISTÓRICOS DE ADOBE EN LA ZONA DEL CUSCO

6.1 Antecedentes históricos de las técnicas aplicadas en la restauración.

A finales del siglo XVIII, a partir del proceso político de la Revolución Francesa, se comienza a plantear en Francia la necesidad de conservar y restaurar los edificios antiguos. Como lo ha señalado Ceschi (1970), a raíz de los sucesos de la Revolución y la destrucción de edificaciones y monumentos, se produce lo que se podría considerar el primer antecedente en cuanto a la acción oficial en este campo. Por lo que en consecuencia se empieza a buscar técnicas para lograr este cometido.

La aparición de técnicas que cumplan con los principios de la restauración aparecen en el siglo XX con los acuerdos hechos en las cartas internacionales sobre la Conservación y Restauración.

En el Perú, una fecha importante en la configuración urbana del Cusco es el [31 de marzo](#) de [1650](#), cuando un fuerte [terremoto](#) sacude la ciudad y la deja prácticamente en ruinas. Iglesias como [La Compañía](#), la Merced, Santa Catalina, San Blas y San Sebastián, así como el seminario San Antonio Abad y el Hospital de Naturales quedaron destruidos, en tanto otras sufrieron serios daños. La reconstrucción estuvo a cargo de los “alarifes o maestros” que era un profesional en el arte de la albañilería de la época, cuyos conocimientos los adquirían a través de un proceso de formación junto a un instructor con experiencia en la materia.

El [21 de mayo](#) de [1950](#), un terremoto de igual fuerza destructora que el de 300 años atrás, provoca serios daños en el Cusco monumental y deja en ruinas 3.000 viviendas, mucho se hizo después del sismo para restaurar los monumentos afectados, pero, desgraciadamente, también hubo una fiebre modernizadora (demolición de casas en mal estado, ensanchamiento de calles, etc.) que llevó a que se perdieran importantes monumentos arquitectónicos y a que el centro histórico del Cusco sufriera una seria descaracterización.

Pero no es hasta después de 1970 con el terremoto que azotó el departamento de Ancash, que se empieza a realizar estudios e investigaciones en viviendas de adobe para encontrar técnicas de refuerzo sísmico, así como también encontrar materiales que mitiguen los efectos de la humedad. Posteriormente estas técnicas fueron aplicadas en diferentes monumentos históricos de adobe.

6.2 Principales técnicas

Las técnicas de restauración de los monumentos históricos fueron obtenidas de la revisión bibliográfica, y registrados de los trabajos en campo que están en proceso de restauración, los que se señalan a continuación:

6.2.1. Técnicas de reparación o consolidación

Se emplean los materiales y técnicas originales o nuevas, limitándose a reparar la lesión sin modificar el modo de trabajo, generalmente es aplicada a daños locales. Con el objetivo de dar solidez a un elemento que la ha perdido o las está perdiendo.

6.2.2. Técnicas de reestructuración con refuerzos estructurales

Se modifica la estructura a través de refuerzos con materiales diferentes a los originales de la estructura, con la finalidad de darle un mejor comportamiento frente a sollicitaciones externas como pueden ser su peso propio y sismos.

6.3 Procedimientos aplicados en la restauración

Las intervenciones de restauración en los monumentos de adobe se describen a continuación

- A.** Apuntalamiento de muros, techos y control permanente de las deformaciones (testigos) mientras dure el proceso de restauración.

- B.** Reconstrucción de cimientos y sobrecimientos por las dos caras de los muros en forma alternada y logrando una traba total en los dos lados intervenidos. El trabajo se hace por tramos alternados no mayores de un metro evitando una excavación

continua, que propiciaría la inclinación del muro.

El procedimiento de reconstrucción de cimientos y sobrecimientos se describe a continuación (Anexo 2: Lámina 4):

Procedimiento reconstructivo de la cimentación:

Parte A externa (Anexo 2: Lámina 5)

- 1) Excavar 1.00m de ancho, 1.00m de profundidad y hacia el interior hasta la mitad del espesor de la cimentación, finalmente retirar la mampostería de piedra.
- 2) Apuntalar con rollizos de madera de eucalipto (parte superior).
Pañetear los tres lados de la excavación.
- 3) Colocar una base de mortero de cemento de $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ de un espesor de 2"
- 4) Asentar las piedras grandes de 8" a 10" (previamente limpiadas y humedecidas con agua), dejando espacios entre piedra y piedra para llenar con mortero de cemento
- 5) Realizado el paso 3, llenar con mortero de cemento un espesor de 2" y asentar nuevamente las piedras grandes, hasta completar la altura excavada.

Este trabajo se realizará en jornada completa es decir excavar y llenar 1, 2 y 3 luego excavar y llenar 4, 5, y 6 así sucesivamente en cada capa.

Para el contacto con la parte interna dejar escalones de piedra con cierta inclinación para tener un entramado adecuado.

Parte B externa (Anexo 2: Lámina 6)

- 1) Excavar 1.00m de ancho, 1.00m de profundidad y hacia el interior hasta la mitad del espesor de la cimentación, finalmente retirar la mampostería de piedra.
- 2) Apuntalar con rollizos de madera de eucalipto (parte superior).
Pañetear los tres lados de la excavación.
- 3) Colocar una base de mortero de cemento de $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ de un espesor de 2".

4) Asentar las piedras grandes de 8" a 10" (previamente limpiadas y humedecidas con agua) dejando espacios entre piedra y piedra para llenar con mortero de cemento.

5) Realizada el paso 3 llenar con mortero de cemento un espesor de 2" y asentar nuevamente las piedras grandes hasta completar la altura excavada.

Este trabajo se realizará en jornada completa es decir excavar y llenar 7, 8 y 9, luego excavar y llenar 11, 12, y 13 así sucesivamente en cada capa.

Para el contacto con la parte interna dejar escalones de piedra con cierta inclinación para tener un entramado adecuado.

La parte interna C y D se realizara de la misma manera que la parte externa.

Procedimiento reconstructivo del sobrecimiento

Parte E externa (Anexo 2: Lámina 7)

1) Excavar 1.00m de ancho, 1.00m de profundidad y hacia el interior hasta la mitad del espesor del la sobrecimentación, finalmente retirar la mampostería de piedra.

2) Apuntalar con rollizos de madera de eucalipto (parte superior).
Pañetear los tres lados de la excavación.

3) Colocar una base de mortero de cemento de $f'c=175$ Kg/cm² de un espesor de 2"

4) Asentar las piedras grandes de 8" a 10" (previamente limpiadas y remojadas con agua) dejando espacios entre piedra y piedra para llenar con mortero de cemento.

5) Realizo el paso 3, llenar con mortero de cemento un espero de 2" y asentar nuevamente las piedras grandes hasta completar la altura excavada.

Este trabajo se realizará en jornada completa es decir excavar y llenar 1, 2 3, y 4, luego excavar y llenar 5, 6, y 7 así sucesivamente en cada capa.

Para el contacto con la parte interna dejar escalones de piedra con cierta inclinación para el entramado adecuado.

Parte F externa (Anexo 2: Lámina 8)

- 1) Excavar un ancho de 1.00m, una profundidad de 1.00m y hacia el interior hasta la mitad del espesor de la sobrecimentación y retirar la mampostería de piedra.
- 2) Apuntalar con rollizos de madera de eucalipto (parte superior).
Pañetear los tres lados de la excavación.
- 3) Colocar una base de mortero de cemento de $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ de un espesor de 2".
- 4) Asentar las piedras grandes de 8" a 10" (previamente limpiadas y humedecidas con agua) dejando espacios entre piedra y piedra para llenar con mortero de cemento.
- 5) Realizar el paso 3 llenar con mortero de cemento un espesor de 2" y asentar nuevamente las piedras grandes hasta completar la altura.

Este trabajo se realizará en jornada completa es decir excavar y llenar 8, 9 y 10, luego excavar y llenar 11, 12, y 13 así sucesivamente en cada capa.

Para el contacto con la parte interna dejar escalones de piedra con cierta inclinación para tener un entramado adecuado.

La parte interna G y H se realizará de la misma manera que la parte externa.

C. Reconstrucción en muros de adobe, para reparar las fisuras y lesiones que presenten los muros debe procederse previamente a intervenir en la causa del daño, sea ésta debido a empujes transversales, a falta de arriostramiento o al asentamiento de la cimentación, por citar algunos casos. Se retiran los adobes lesionados colocando tacos de madera, reemplazándolos por otros nuevos, haciendo una especie de costura en el sector dañado. Es recomendable hacer como máximo dos hiladas diarias para evitar el aplastamiento del mortero. (Anexo 2: Lámina 26)

D. Los refuerzos en muros son los siguientes:

- Colocación de llaves de amarre, se utilizan debido a que los encuentros entre muros son las zonas más críticas. Estos son elementos que trabajan a tracción debidamente anclados.

Por lo general las llaves deben llevar encima el peso de por lo menos, dos metros de altura de muro de adobe y éstas se intercalan verticalmente cada 1.50 ó 2.00 m. En los muros perpendiculares se colocan dos piezas paralelas de madera aserrada a lo largo de los muros, cruzándose y trabándose a media madera, colocando luego los adobes hasta que las llaves queden perdidas en los muros.

Existen diferentes tipos de llaves según su configuración:

- Llave en “L” (Anexo 2: Lámina 9, 10 y 11).
- Llave “T” (Anexo 2: Lámina 12, 13 y 14).
- Llave en “U” (Anexo 2: Lámina 15, 16 y 17).
- Llave lineal (Anexo 2: Lámina 18, 19 y 20).
- Vigas soleras son estructuras que tienen una configuración similar a la de las llaves de madera, cuentan con largueros, travesaños y uniones a media madera, la diferencia radica en que las vigas collar van instaladas a lo largo de todos lo muro rodeando la estructura. Son comúnmente usados para reforzar los muros de la torre-campanario de los monumentos religiosos (Anexo 2: Lámina 21, 22 y 23).

Estas llaves y vigas collar se anclan al muro con estacas de madera de 2” siguiendo el siguiente procedimiento (Anexo 2: Lámina 24)

- 1) Hacer un agujero de 0.60m de profundidad y un diámetro de 3”.
- 2) Se rellena el agujero con mortero de barro.
- 3) Se clava una estaca de 2” x 0.75m. y se sujeta al larguero y travesaño con alambre N°8 tortoleado.

Los muros que no serán desmontados, la colocación de llaves se hace excavando las caras de los muros hasta dejar las piezas en el lugar previsto, rellenando luego los espacios entre los adobes y la madera con mortero de barro, para que ésta quede comprimida.

E. También se hace uso de tensores metálicos horizontales para reforzar los muros de adobe. Estos refuerzos son usualmente de un diámetro $\frac{3}{4}$ ” los cuales atraviesan

perpendicularmente los dos muros opuestos de un ambiente y van anclados a los extremos a través de una placa de madera de 1" x 1" y una tuerca metálica. (Anexo 2: Lámina 25).

F. La reconstrucción de la cobertura se hace respetando la configuración arquitectónica original del sistema par y nudillo adicionado un tratamiento y protección de sus elementos para garantizar la funcionalidad de la estructura.

Se presenta una muestra fotográfica de los procedimientos de restauración de monumentos históricos de adobe usados en la región del Cusco (Anexo 3: Figura 6.1-6.9).

6.4. Compatibilidad del adobe con los materiales usados en técnicas de restauración

Actualmente, se está viviendo un momento singular de la tecnología constructiva. Por un lado, la aparición de nuevas técnicas y los nuevos materiales que se incorporan al cambio general y progresivo del sector de la construcción; por el otro, el desconocimiento y la desconfianza hacia las viejas tecnologías es cada vez mayor y predomina una irracional confianza en los nuevos materiales que no están constatados suficientemente como para introducirlos en edificios históricos. Los nuevos materiales se deben utilizar con prudencia y sabiduría.

En el caso de los monumentos de adobe se debe tomar en cuenta la compatibilidad y reversibilidad de los materiales usados en la restauración debido a que la tierra es un material cuya resistencia a la tracción es mínima y por lo tanto es muy frágil al tratar de combinarla con otros materiales de refuerzo más resistentes.

6.4.1. Compatibilidad del adobe con la madera

La madera es un material anisotrópico, liviano, flexible, de baja densidad y de fácil trabajabilidad. Entre sus propiedades tiene una alta resistencia a la compresión, baja resistencia a la tracción y moderada resistencia a la cizalladura. Además por ser fibrosa, de dureza superior a la del adobe, y que su superficie permite cierta adherencia con la tierra lo cual hace que trabaje bien con el adobe en conjunto. Por lo tanto, se considera que la madera es un material compatible con el adobe.

Esta compatibilidad fue demostrada por los diferentes ensayos realizados por instituciones como la Pontificia Universidad Católica del Perú con resultados satisfactorios.

6.4.2. Compatibilidad del adobe con acero

Los tensores de acero son usados como refuerzos horizontales y verticales de los muros. Esta técnica es reconocida como una solución adecuada y además cumple con el requisito de ser reversible. Un inconveniente para la colocación de estos refuerzos es la pérdida de tensión al transcurrir el tiempo por la relajación del acero. Una alternativa moderna de la utilización del acero como refuerzo en los muros es la propuesta por Leroy Tolles, Edna E. Kimbro, Willam S. Gell.

En los monumentos históricos de Cusco solo han sido utilizados refuerzos de acero horizontales superiores en los muros los cuales además de evitar el volteo del muro debido a las cargas del techo y/o algún evento sísmico garantizan también una continuidad en el plano, lo que evita que los segmentos de muro que forman las fisuras, se salgan del plano del mismo.

6.4.3. Compatibilidad del adobe con concreto armado

A partir de su aparición se genera una confianza en que los refuerzos con concreto armado proporcionarán la resistencia y la seguridad a la estructura, omitiendo, en algunos casos, la posibilidad de una restauración más coherente. Por esto es importante tener presente el concepto de que el concreto armado es un material homogéneo, isótropo, mientras que los edificios de mampostería son heterogéneos, anisótropos. A pesar de estas diferencias, con excesiva facilidad se sigue recurriendo al concreto armado, cuya efectividad y coexistencia en materia de restauración es en algunas ocasiones dudosa.

En muchas ocasiones, el concreto armado ha presentado incompatibilidades físicas, químicas y mecánicas con los materiales tradicionales como el adobe usado en los monumentos históricos. También su uso ha presentado una difícil reversibilidad.

Específicamente se comprobó que las incompatibilidades mecánicas en el caso de zonas no sísmicas, se presentan en un período a largo plazo. En cambio en zonas sísmicas, la introducción de refuerzos de concreto armado ha modificado sustancialmente el comportamiento estructural original debido a que posee módulo de elasticidad y rigidez sustancialmente diferente del adobe, lo que ocasiona incompatibilidad para absorber los movimientos sísmicos de manera adecuada.

Otra incompatibilidad que se presenta es por la contracción de fraguado del concreto armado que puede hacer que se pierda la conexión adobe-concreto armado.

6.5. Comportamiento de los monumentos históricos con técnicas de restauración usadas en la región del Cusco

Después de sismo de [21 de mayo](#) de [1950](#) que azotó la ciudad del Cusco, se realizaron numerosas restauraciones de los monumentos históricos. Se presenta una muestra fotográfica (Anexo 4: Figura 6.10 – 6.42.) de algunos monumentos en los que se utilizaron técnicas de restauración habitualmente empleadas en la región del Cusco, las cuales hasta el momento del estudio se han comportado bien.

Se presenta un resumen de los eventos sísmicos que se han producidos en el departamento de Cusco desde el año 1581 hasta el 2009 (Tablas 6.1a. y 6.1b.) que han sufrido los monumentos históricos. Es apropiado mencionar que algunos de monumentos han sido restaurados antes del sismo de 1986 (VII MM), por lo tanto han tenido un buen comportamiento frente a un sismo violento. También, es pertinente mencionar que en los últimos años (2000-2009) se han producido sismos de intensidades menores a III en la escala de Mercalli Modificada.

Tabla 6.1a. RESUMEN DE EVENTOS SÍSMICOS DEPARTAMENTO CUSCO (1581-1994)

FECHA	LUGAR	INTENSIDAD Esc. Mercalli	EPICENTRO	OBSERVACION ES
1581	Yanaoca	-	-	Sismo
1590	Cusco	-	-	
1650	Cusco	7.2 ^a	Lat. Sur 13.	Terremoto
17/09/1707	Ccapi - Panuro	-	Cusco	Sismo
1746	Paruro	-	Lucre	Sismo
05/05/1938	Urcos- Acomayo	VI MM	Acopia	Sismo
10/07/1870	Chumbivilcas	-	Chumbivil	Sismo
27/03/1870	Chumbivilcas-	-	Cusco	Sismo
1905	Andahuaylillas	-	-	Sismo
1931	Tinta	-	sismo	

05/03/1933	Acopta-Acomayo	VI MM	-	Sismo
23/06/1939	Pomacanchi -	VII MM	-	Sismo
1941	Cusco		-	Sismo
30/01/1943	Yanaoca y	-	Canas	Sismo
03/10/1947	Canas	Moderada	Anta	Sismo
1950	Cusco	VII	Long. W	Terremoto
26/02/1952	Cusco - Paruro	VMM.	Lat. Sur	Sismo
07/01/1955	Yanaoca	III-IVMM.	-	Sismo
08/01/1955	Yanaoca	II MM.	-	Sismo
20/02/1955	Yanaoca	III-IVMM.	-	Sismo
08/05/1965	Acos - Urcos	VI MM.	Acomay	Sismo
1986	Cusco	VII	Long. W	Sismo violento
1994	Andahuaylillas	V	Lat	sismo

Fuente: Elaborado en base a datos del Instituto Geofísico del Perú, E

Tabla 6.1b. RESUMEN DE EVENTOS SÍSMICOS DEPARTAMENTO CUSCO (1996-2009)

FECHA	Profund. km	Mag. Mb Esc. Richt	INTENSIDAD Esc. Mercalli Modificada	EPICENTRO
10/03/1996	45	3.5	II Cusco	5Km al W. de la ciudad de Cusco
27/05/1998		4.8	II Cusco	Cusco
27/11/1999	160	5.2	IV Cusco	Cusco
23/05/2003	47	4.7	III - IV Acomayo III Cusco	88 km al suroeste de Acomayo CUSCO
25/05/2003	89	4.5	II Cusco	6 km al suroeste de Cusco
08/08/2003	10	4.6	IV Capacmarca III - IV Mara III Urcos, Lucre II - III Cusco	3 km al noroeste de Capacmarca
08/08/2003	27	4.5	II-III Cusco	23 km al sureste de Urcos
06/03/2005	181	4.5	II - III Sicuani	Yanaoca Cusco
09/08/2006	33	5.2	IV Yauri II Cusco	Yauri-Cusco
23/11/2006			V Sanka II Cusco	Sanka-Cusco
15/02/2009	33	3.9	II-III Paruro	26 kilómetros al noreste

			Il Cusco	de la ciudad de Cusco
--	--	--	----------	-----------------------

Fuente: Instituto Geofísico del Perú

CAPÍTULO 7

CASO DE ESTUDIO IGLESIA MARK'JO EN ANTA-CUSCO

La iglesia Mark'jo ha sido intervenida entre el año 2006 y 2008, por el Instituto Nacional de Cultura del Cusco. Si bien es cierto que esta Iglesia es tomada como el caso de estudio, las acciones que se han realizado en el presente estudio fue registrar y evaluar los sistemas y técnicas de refuerzo estructural utilizados en el proceso de intervención realizado por el INC.

7.1 Información general

7.1.1. Ubicación

La Iglesia de Mark'jo se encuentra ubicada en la plaza principal de la comunidad campesina del mismo nombre en el distrito de Anta, provincia de Anta y el Departamento de Cusco. La provincia de Anta esta ubicada al Noreste de la ciudad del Cusco, en el sector denominado como Pampa de Anta.

Geodésicamente en el Sistema de Proyección Universal Transversa Mercator (U.T.M.) está ubicado en la zona 18, dentro del área de las siguientes Coordenadas Geográficas: 804. 527 abscisa Este, 8 '511, 888 Coordenada Norte.

7.1.2. Altitud

Se encuentra a una altitud de 3,322 m.s.n.m.

7.1.3. Condición de la iglesia Mark'jo

La iglesia Mark'jo, ha sido declarada como Patrimonio Cultural de la Nación, mediante la Resolución Directoral Nacional. N° 316 – 06, de fecha de 22 de Marzo del 2006.

7.1.4 Entorno Urbano

Es un espacio abierto, con características de plaza en donde se ubican las entidades más importantes para la comunidad campesina de Mark'jo como el Centro o Casa

Comunal, el Centro Educativo Inicial, el Módulo de Transformación y otras. Este espacio también se utiliza para reuniones y asambleas de la comunidad.

7.1.5 Antigüedad

Se desconoce la fecha de edificación de la iglesia de Mark'jo, debido a la falta de documentos al respecto. Sin embargo, se tiene la certeza, que en 1690 ya existía como lo indica el párroco de la Doctrina de Anta. También se menciona que su antigüedad debió de estar ligada a la formación de las haciendas y la habilitación de la estancia en la que se ubicaban los indígenas para dar atención a dichas propiedades, En este caso, en la estancia de Mark'jo que se ubicaba entre dos haciendas del mismo nombre, se habría edificado la iglesia para que los habitantes pudieran asistir a un recinto religioso, en el mismo lugar de trabajo sin necesidad de ausentarse.

7.1.6. Cronología del Monumento

Época Prehispánica,

Ayllu ancestral de Mark'jo, alrededor de la iglesia han sido hallados vestigios arqueológicos de ocupación del intermedio tardío.

En 1572,

Francisco Toledo incide en la reducción de las poblaciones indígenas, incluida probablemente la de Mark'jo

En 1690,

La iglesia de Mark'jo ya se hallaba construida, referido por el párroco del templo de Anta que se encontraba en la Estancia de Indios del mismo nombre, entre dos haciendas que tomaban el nombre Mark'jo.

En 1779,

En un inventario de dicha iglesia se menciona la existencia de una Cofradía del Niño Jesús.

En 1793,

El inventario de dicha iglesia refiere:

- El retablo del altar mayor hecho en madera tallada sin dora.
- En el cuerpo de la iglesia, en el lado del Evangelio un arco, en él, un altar en donde descansa la imagen de la Virgen del Rosario y un Santo Cristo.
- En uno de los muros de la epístola se encuentra un altar del Santo Cristo de adobes.
- El Coro con balaustres sobre tirantes con una ventana hacia la plaza.
- La Sacristía.
- La torre de adobes, cubierta de tejas con cuatro campanas regulares.

En 1798

Otro inventario, señala que la Iglesia estaba advocada al Dulce Nombre de Jesús.

En 1873,

La iglesia figura como reedificada, coincidiendo con las características que luce actualmente, no obstante en el transcurso del tiempo debió ser intervenida tanto para el mantenimiento de su techo como en algunos aspectos concernientes al interior.

En 1972

En la torre se aprecia una inscripción en una de las campanas con la fecha 1972, que debe corresponder a alguna intervención efectuada en la iglesia y/o torre en dicha época.

En 2004,

Fue reconstruido el baptisterio, así como se hicieron trabajos de mantenimiento de la torre.

7.1.7. Descripción del monumento antes de la restauración

La Iglesia se encuentra como un elemento aislado dentro del entorno paisajístico, presentaba a su alrededor elementos de definición de su entorno muy precarios, no podía incluso definirse los límites exactos que corresponden al entorno inmediato y a

la propiedad del Monumento Histórico en sí (áreas libres); por lo que se estableció que no se tenía definida con precisión la extensión de su propiedad. A simple vista se apreciaba el deterioro del Monumento.

Al efectuar la evaluación más profunda de su estructura se estableció que gran parte de las causa del deterioro se debió a la procedencia u origen del suelo donde se encuentra asentado el mencionado Monumento Histórico, debido a la existencia de una Napa Freática muy superficial así como la composición estratigráfica del mismo suelo, lo que venía originando el comportamiento y fallas que presenta la estructura. Inclusive en el Sector de la Epístola se presentó la pérdida de plomada de uno de los muros. También se halló que las profundidades de cimentación variaban en toda la estructura del monumento, se pudo establecer que estas variaciones eran debidas las diferentes intervenciones a las que fue sometido el Monumento.

Esta apreciación también tiene relación con el deterioro que se evidenciaba en la estructura de sus muros, donde se apreciaba además la utilización de elementos procedentes de diversa épocas de la historia, características de composición, y resistencia de los materiales así como determinaba la variedad de intervenciones que había sufrido el Monumento a través de los años. Se estableció que la estructura de la Sacristía es reciente y que probablemente no correspondía al espacio original.

En lo que se refiere a la cobertura, se afirma que esta en algún momento ha sido modificada debido a que se produjo un aplastamiento del Retablo Mayor, que inclusive hizo peligrar su integridad. Así como por las características y condiciones en que se encontró algunos de los elementos como en el caso de la Sacristía donde se apreció lo reciente de su cobertura.

El sector que presentaba mayor deterioro era el Baptisterio, donde se había perdido evidencias de vanos, alturas de edificación, ancho de muros así como el sistema de armado de su cobertura. En este sector existe un muro nuevo que corresponde a la intervención de Obra de Emergencia realizada en el año 2,004 que fue efectuada para brindar seguridad y protección al monumento así como los trabajos de reconstrucción efectuados en la estructura de la Torre.

También se pudo observar la poca altura de sobrecimientos en todo el monumento.

En cuanto al entorno se ha determinado que sobre la fachada sur de la Torre – Campanario existía uno de los pies del arco que permitía el acceso al espacio abierto

tipo Plaza que en ese entonces definía el espacio abierto que vinculaba a los dos caseríos de las Haciendas de Mark'jo Grande y Mark'jo Chico.

Las fachadas Norte y Este están destinados a terrenos de cultivo que contaba con una zanja que provisionalmente servía tanto de delimitación del área agrícola y como zanja de drenaje, para evacuación de aguas, pero que no contaba con ningún tipo de tratamiento.

7.1.8. Intervenciones anteriores

Del monumento en general

La Iglesia anteriormente ha sufrido modificaciones drásticas que se mencionan a continuación:

- Modificación de los niveles de la cobertura, lo que se apreciaba en el aplastamiento que venía sufriendo el Retablo Mayor.
- La evidencia de la sustitución casi integral por tramos de los adobes que constituyen la estructura principal en los muros.
- La modificación de los contrafuertes, posiblemente por el desplome que se presenta en el Muro de la Epístola, que ha sido reforzado habiéndose construido un contrafuerte de mayor dimensión, ejecutado sin mayor criterio técnico por los comuneros, que contribuyó a su desplome.
- Respecto al Arco Triunfal, la época de intervención y las razones por las cuales se efectuó dicha acción, se desconocen.

Del área intervenida.

- El retejado es llevado a cabo cada año, a fin de conservar la Iglesia con el mantenimiento adecuado.

- En el sector de la epístola también se había perdido las estructuras del Baptisterio, así como de la Sacristía; cuya restitución de su cobertura se efectuó en el año 2003, por parte de los comuneros.
- El año 2004, el baptisterio aún no contaba con estructura, levantándose una estructura nueva, de dimensiones más cortas, con la finalidad de brindar seguridad ante robos a la Iglesia.
- El mismo año 2004, fue llevado a cabo trabajos de mantenimiento en la torre de la Iglesia, con asesoramiento del INC-Cusco.
- Otra intervención en el 2004, efectuada por el INC-Cusco fue la liberación de los revestimientos de la Iglesia, fecha desde la cual aparentemente no ha recibido ninguna otra intervención posterior; habiendo quedado la Iglesia en abandono *hecho que había incrementado el proceso de deterioro de gran parte de su estructura.*

7.2. Evaluación del estado pre-restauración

7.2.1 Diagnóstico

La presente información fue obtenida del Expediente Técnico del Proyecto Integral de Restauración y Puesta en Valor de la Iglesia Mark'jo - Anta, INC – Cusco - 2006.

7.2.1.1 Patología del monumento

Lesiones del sector de intervención

La iglesia de Mark'jo presenta lesiones muy severas que son las que han determinado las condiciones actuales del Monumento, que se detallan a continuación:

FACHADAS:

- La cimentación no cuenta con un mismo nivel de fundación, que dificultan el comportamiento uniforme de sus elementos.
- Los elementos líticos que conforman la cimentación se encuentran expuestos a la intemperie, lo que viene originando la disgregación de estos, así como se aprecia la absorción de la humedad por capilaridad.

- Los adobes de las primeras hiladas tienen evidencia de erosión, así como la presencia de humedad en este sector.
- Los paramentos carecen de tratamiento y acabados que le sirva de protección tanto de las precipitaciones pluviales, así como de los nidos de insectos que depredan sobre todo el muro testero.
- Los aleros con que cuenta la cobertura de la Iglesia no son los adecuados para la protección sobre todo en el sector de los contrafuertes.

INTERIOR:

- La cimentación del muro que corresponde al sector sur del Monumento Histórico, se ha establecido que la cimentación del Muro de la Epístola ha perdido estabilidad, el mismo que se está desplazando paulatinamente hacia el interior.
- Los muros longitudinales que corresponden a la Nave han perdido plomada, apreciando también que el Muro de la Epístola ha perdido estabilidad, el mismo que se está desplazando hacia el interior.
- Los muros en general presentan fisuras.
- Los bancos de los altares solamente cuentan con revestimiento; corriendo un serio riesgo de desplome el sector de la epístola que pone en peligro la existencia de las únicas evidencias de pintura mural en el Monumento.
- Las estructuras de la cobertura son de madera de sección muy delgada y presentan en algunos casos serias deflexiones poniendo en peligro la estabilidad del conjunto.

7.2.1.2 Causas del deterioro en el área de intervención

El origen y procedencia del suelo en que se encuentra asentado el Monumento, ha sido el factor determinante para originar su deterioro, lo que se encuentra agravado por lo siguiente:

Cimientos :

- La proximidad a los terrenos de cultivo que origina la presencia de humedad.

- Los cimientos son de piedra y barro, lo que permite la absorción de la humedad por capilaridad, originando el disgregamiento del mortero y ocasionando el deterioro de los muros.
- La variación en la profundidad de la cimentación, ocasiona un comportamiento heterogéneo de la estructura.

Sobrecimientos :

- Los sobrecimientos se encontraban sin protección alguna, sumado a esto la calidad del material (piedra caliza), venia originando su erosión y pérdida de los elementos al igual que el mortero.
- En general no cuentan con elementos que diferencien la cimentación y la sobrecimentación. También se aprecia la poca altura de los sobrecimientos, esto adicionado al mortero de barro que no permite la protección y ligazon adecuada de los materiales

Muros :

- En efecto, la falta de homogeneidad de los elementos y los factores citados en los párrafos anteriores; no permiten un comportamiento uniforme de la estructura ocasionando inestabilidad.
- No cuenta con revestimiento ni con ningún tipo de protección; frente a agentes externos que los deteriora, originando la erosión de sus elementos.

Cobertura y Pisos :

- No cuenta con revestimiento ni con ningún tipo de protección; frente a agentes externos que deteriora sus elementos.

7.3. Propiedades de los materiales

Se tomaron especímenes representativos de adobe de dos iglesias, Mark'jo e Inmaculada Concepción de Anta de la región Cusco, los cuales fueron ensayados en número de cinco por cada iglesia en el laboratorio de estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú. La resistencia a compresión es 13.10 kg/cm^2 y una humedad de 3.83% para la iglesia de Mark'jo. La resistencia a compresión es 28.49 kg/cm^2 y una humedad de 1.94% para la iglesia Inmaculada Concepción de Anta. Entonces la resistencia a compresión de las unidades de los adobes varía según el lugar donde se fabricaron debido a que se hace uso del material cercano al

monumento para su fabricación. Para el caso de estudio la resistencia es de $13\text{Kg}/\text{cm}^2$ mientras que el adobe original del monumento tiene una resistencia a compresión de $12\text{Kg}/\text{cm}^2$ siendo estas resistencias a compresión similares, lo cual nos indica que el nuevo material es compatible con el material original del monumento (Anexo 5).

7.4. Descripción estructural

Planta

La iglesia de Mark'jo tiene una configuración de planta de forma rectangular conformada por una sola nave y una sola torre.

La planta presenta un cambio en la luz libre de 4.80 m a 7.20 m entre la Nave y la Bema.

Cimentación

Tiene una cimentación corrida de piedra (andesita) con un ancho que varía desde 1.80m en la superficie a 2.00m en el terreno de fundación. Tiene una profundidad de 1.60m. El mortero utilizado es de $f'c = 175 \text{ kg./cm}^2$ en una proporción de cemento al 10%, arena gruesa, arena fina y cal en proporción de 1:3.

Sobrecimentación

Sobrecimentación de piedra (andesita) con una altura de 1.50m y el mismo espesor del muro 1.20m. El mortero utilizado es de $f'c = 175 \text{ kg./cm}^2$ en una proporción de cemento al 10%, arena gruesa, arena fina y cal en proporción de 1:3.

Muros

Todos los muros son de adobe con espesor de 1.20m.

La altura es diferente según los ambientes como se indica a continuación:

- En la torre 9.35 m
- En la bema y presbiterio 5.20m
- En el sotocoro y nave 4.70m

- En la sacristía 3.65m
- En el baptisterio 2.35m.

Contrafuertes

Son de 1.00m de largo y 1.00m de espesor, su altura es la misma del muro que esta arriostrando.

Techo

El techo es inclinado, formado por una estructura de madera rolliza de eucalipto de 6" de diámetro usando el sistema par y nudillo espaciada cada 0.60m. Se apoya en el muro a través de una viga de madera (arrocabe) de 0.15x0.15m que es instalada a lo largo de todo el muro. Las uniones entre los elementos de madera son clavadas y amarradas con cuerdas confeccionadas a base de cuero de animales (vacunos) debidamente tratados.

La cobertura es una superficie de cañas que se cubren con tejas andinas asentadas en una torta de barro de 2".

Llaves de madera

Las llaves son de madera rolliza de 6" colocadas a 2.30m de altura en ambientes de la iglesia a partir del nivel del piso terminado. Esta estructura esta conformada por dos largueros que están unidos a través de piezas de madera llamadas travesaños o separadores que mantienen la distancia constante entre los largueros. Las uniones se hacen a media madera y clavadas con clavos de 6" y aseguradas con alambre #8.

Los muros cuentan con llaves en "L" en las esquinas, "T" en los encuentros con los contrafuertes.

Viga collar

La configuración estructural de la viga collar es similar a la de las vigas collar con la diferencia que esta instalada a lo largo de los cuatro muros que conforman la torre. Esta viga collar es de rolliza de 6" colocada a 6.40m en la torre a partir del nivel del piso terminado.

7.5. Análisis Estructural de la Iglesia de Mark'jo

Se usó el método de elementos finitos a través del Software SAP2000 para analizar la estructura. Las características de los materiales que se usaron para el modelo en elementos finitos se muestran en el Cuadro 7.1.

Cuadro 7.1. Características de materiales

MATERIAL	E(ton/m ²)	Poisson
Adobe	17000	0.2
Madera (eucalipto)	770000	0.02

7.5.1. Fuerzas aplicadas a la estructura

7.5.1.1 Acciones estáticas

Las fuerzas aplicadas son las generadas por el peso propio de los muros y los elementos que conforman la cobertura liviana. Los pesos propios se muestran en el Cuadro 7.2.

Cuadro 7.2 Pesos de los materiales de la iglesia Mark'jo

CARGAS DE MATERIALES	
MADERA EUCALIPTO	740 kg/m ³
YESO	25 Kg/m ²
ADOBE	1600 Kg/m ³
COBERTURA: Teja andina sobre torta de barro	160 Kg/m ²

7.5.1.2 Acciones dinámicas

Si bien es cierto que la norma sismo resistente considera un coeficiente sísmico de 0.30g, en el análisis se hizo uso de un factor $R=1.5$ debido a que se considera disipación de energía por la fisuras que se produzcan en la estructura y por la fricción entre sus elementos, entonces se hizo uso de un coeficiente sísmico de 0.20 g. (Figura 7.1.).

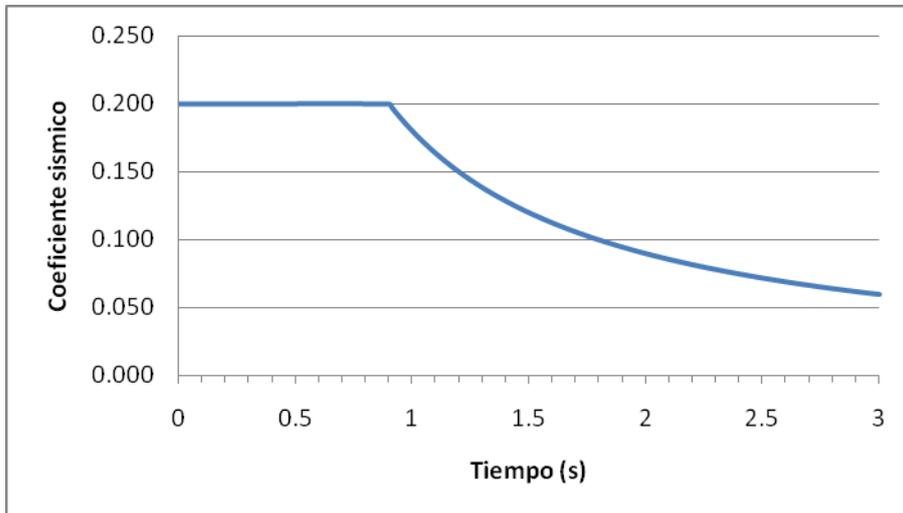


Figura 7.1. Espectro para el análisis dinámico.

7.5.2. Modelos matemáticos.

El análisis de la nave y torre se realizó por separado debido a que esta última se encuentra aislada del resto de la estructura.

Las masas de los muros son asignadas de manera distribuida en todo su espesor, y las masas de la cobertura se concentran en la unión de los elementos estructurales de la cobertura con los muros.

Los modelos son los siguientes:

- a. Primer Modelo: La torre sin considerar la viga collar de madera (7.2.a).
- b. Segundo Modelo: La torre con viga collar de madera (7.2.b).
- c. Tercer Modelo: La nave sin considerar llaves de madera (7.2.c).
- d. Cuarto Modelo: La nave con llaves de madera (7.2.d)

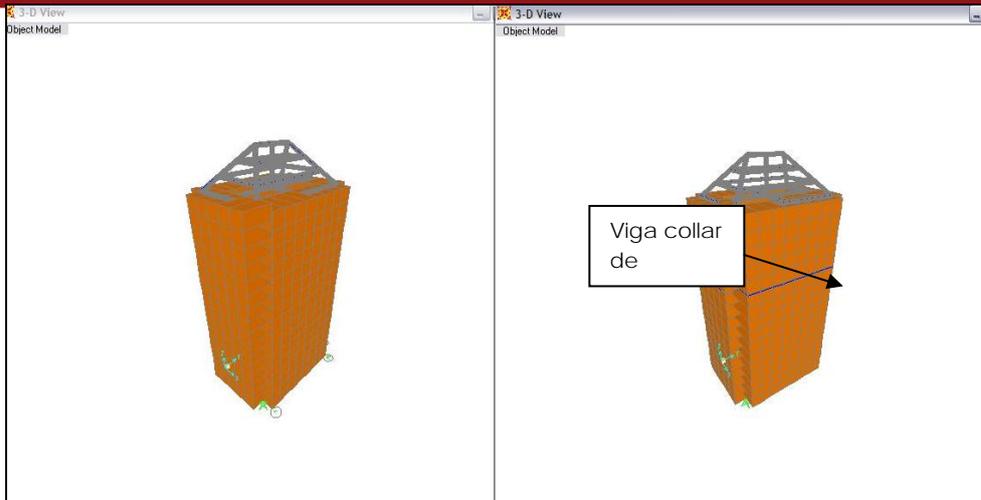


Figura 7.2a. Modelo de la Torre en elementos finitos sin viga collar de madera.

Figura 7.2b. Modelo de la Torre en elementos finitos con viga collar de madera.

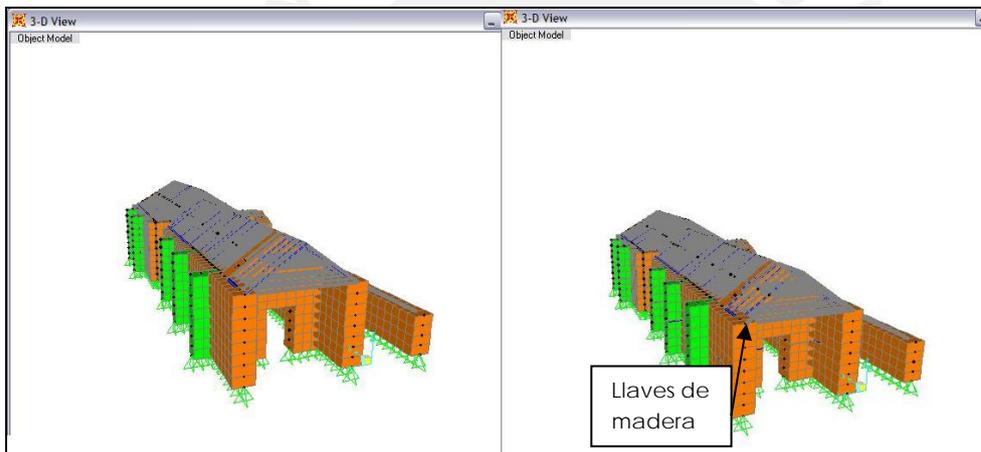


Figura 7.2c. Modelo del Nave en elementos finitos sin llaves de madera.

Figura 7.2d. Modelo de la Nave en elementos finitos con llaves de madera

7.5.3 Análisis y comparación de los periodos de vibración de la estructura.

En los cuadros 7.3 y 7.4 se muestran los resultados el análisis modal de la estructura de la torre y nave respectivamente.

Cuadro 7.3. Periodos de vibración de la Torre

Modo	Modelo de la Torre sin llaves			Modelo de la Torre con llaves		
	T	% de masa efectiva		T	% de masa efectiva	
		X	Y		X	Y
1	0.513	70.098	0.000	0.512	70.137	0
2	0.386	70.098	68.226	0.385	70.137	68.2788
3	0.208	70.098	68.226	0.205	70.137	68.2788
4	0.142	90.056	68.226	0.142	90.131	68.2788
5	0.117	90.056	89.755	0.117	90.131	89.7737
6	0.116	90.056	89.755	0.116	90.131	89.7737
7	0.114	90.056	89.755	0.091	90.131	89.7737
8	0.087	90.056	89.755	0.080	90.131	89.7737
9	0.082	90.056	89.755	0.068	93.068	89.7737
10	0.069	92.984	89.755	0.068	93.068	89.7737
11	0.066	92.984	89.755	0.063	93.068	89.7737
12	0.063	92.984	89.755	0.062	93.068	89.7737

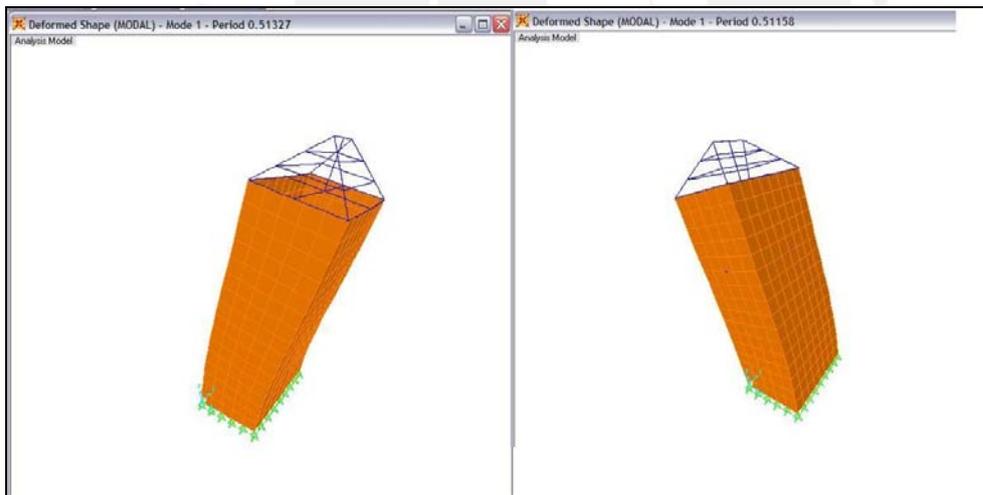


Fig. 7.3a. Modelo de la Torre sin considerar las llaves de madera

Fig. 7.3b. Modelo de la Torre considerando llaves de madera

En el Cuadro 7.3, al comparar los periodos fundamentales de los dos modelos realizados para la torre se puede observar que el modelo sin llaves de madera es ligeramente mas flexible que el modelo con llaves de madera, la diferencia es del 0.20%. El primer modo de vibración para el primer y segundo modelo de la torre

tienen una masa efectiva de 70.10% y 70.14% de la masa total respectivamente, lo que indica su importancia en la respuesta.

En la Fig. 7.3a y 7.3b se puede observar que en primer modo de vibración para ambos modelos de la torre se tiene traslaciones en la dirección de sus muros más cortos (X-X). En los modos siguientes se tienen traslaciones considerables en ambas direcciones.

Cuadro 7.4. Periodos de vibración de la Nave

Modo	Modelo de la Nave sin llaves			Modelo del Nave con llaves		
	T	% de masa efectiva		T	% de masa efectiva	
		X	Y		X	Y
1	0.471	0.003	32.408	0.461	0.004	32.823
2	0.341	0.020	52.708	0.327	0.020	34.317
3	0.334	0.046	52.907	0.305	10.220	34.317
4	0.310	10.192	52.910	0.294	10.220	55.219
5	0.258	10.264	61.269	0.251	10.253	62.120
6	0.249	15.998	61.269	0.229	16.325	62.120
7	0.218	28.451	61.286	0.202	28.332	62.147
8	0.202	28.660	63.514	0.197	28.673	65.364
9	0.185	28.660	69.974	0.177	28.673	71.966
10	0.180	28.824	76.731	0.167	28.676	77.597
11	0.161	28.828	77.268	0.153	29.107	77.597

12	0.160	30.211	77.268	0.147	29.962	77.678
----	-------	--------	--------	-------	--------	--------

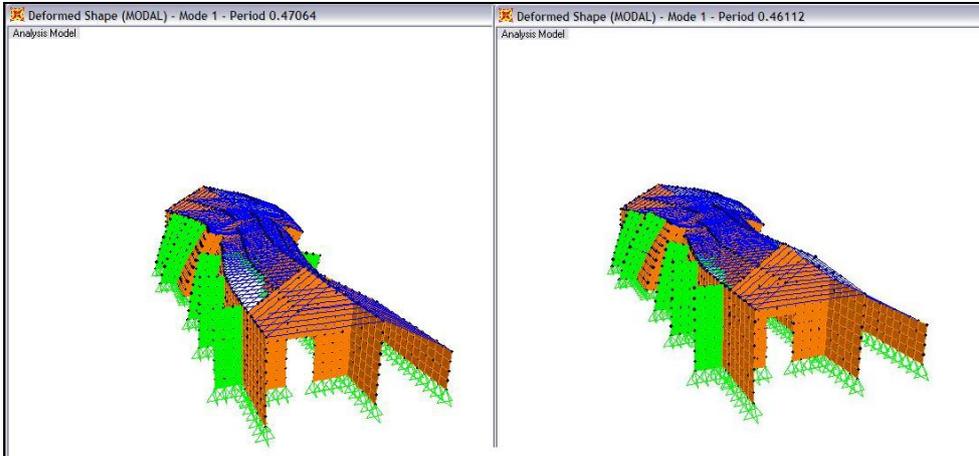


Fig. 7.4a. Modelo de la Nave sin considerar las llaves de madera

Fig. 7.4b. Modelo del la Nave considerando llaves de madera

En el Cuadro 7.4, al comparar los periodos fundamentales de los dos modelos realizados para la nave se puede observar que el modelo sin llaves de madera es ligeramente mas flexible que el modelo con llaves de madera, la diferencia es del 1.95%. El primer modo de vibración para el primer y segundo modelo de la torre tienen una masa efectiva de 32.41% y 32.82% de la masa total respectivamente, lo que indica su importancia en la respuesta.

En la Fig. 7.4a y 7.4b se puede observar que en primer modo de vibración para ambos modelos de la nave se tiene traslaciones en la dirección longitudinal Y-Y, donde las mayores traslaciones se dan en la bema y sacristía. De la misma manera esta tendencia se mantiene hasta el tercer modo. En los modos siguientes se tienen traslaciones considerables en ambas direcciones..

Los modelos realizados para la iglesia de Mark'jo, se diferencian de una estructura de concreto armado con diafragma rígido, la cual tiene traslaciones predominantes para cada una de sus direcciones.

Del análisis se desprende que la inclusión de llaves de madera en el modelo no rigidiza significativamente la estructura.

También se puede observar que el modelo de la torre es más flexible que el de la nave por lo cual se podría decir que la primera estructura en fallar sería la torre.

7.5.4. Esbeltez de los muros de la Iglesia de Mark'jo

El muro M18 tiene una altura de 2.35m

El muro M11 y M13 tienen una altura de 3.65 m.

Los muros M1, M2, M3, M12, M15, M16 y M17 tienen una altura de 4.70m.

Los muros M4, M5, M6, M7, M8, M9, M10 y M14 tienen una altura de 5.20m

Los muros de la torre M19, M20, M21 y M22 tienen una altura de 9.35m

Contrafuertes CF1, CF2, CF3, CF4, CF5, CF6, CF7 y CF8.

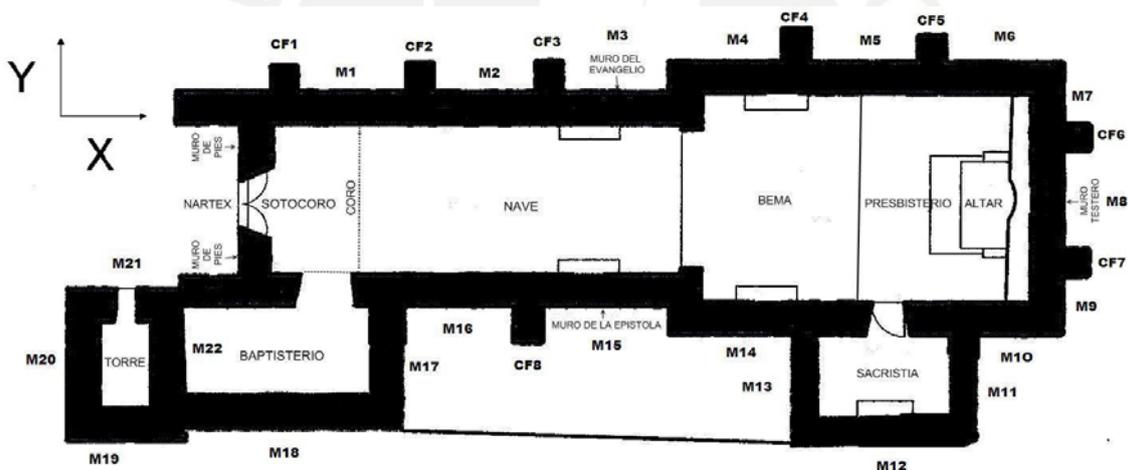


Figura 7.5. Identificación de muros.

Cuadro 7.5. Esbeltez de los muros de la Iglesia de Mark'jo

Altura	Espesor	Esbeltez(SL)	Clasificación*
2.35	1.2	1.96	Gueso
3.65	1.2	3.04	Gueso
4.70	1.2	3.92	Gueso
5.20	1.2	4.33	Gueso
9.35	1.2	7.79	Moderado

*Clasificación de Tolles et: gruesos $SL < 6$; moderados, $6 < SL < 8$; y delgados, $SL > 8$

La esbeltez de los muros se encuentra entre 1.96 y 7.79 ubicándose dentro de la clasificación de Tolles et. entre gruesos y moderados. Esta clasificación es importante porque *“las paredes delgadas de adobe pueden resultar inestables tan pronto como se forman las fisuras a través de las paredes. Sin embargo, una pared gruesa de adobe está lejos de perder estabilidad después que la primera fisura se desarrolla”*.

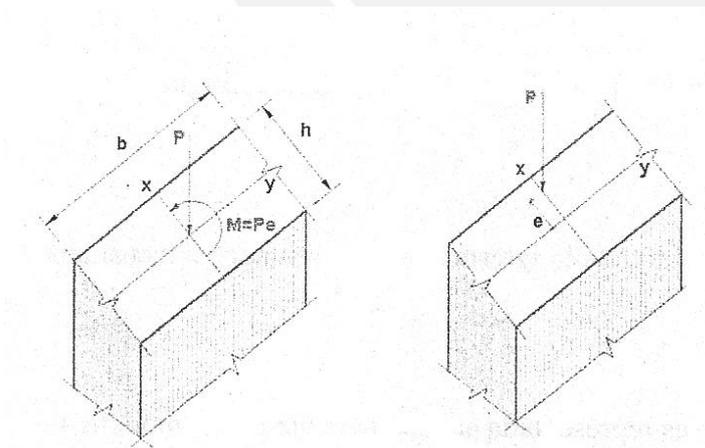
7.5.5. Esfuerzos de compresión en los muros de adobe

7.5.5.1. Resistencia de los muros de adobe de la Iglesia de Mark'jo.

Como los muros de adobe no tienen capacidad de resistir esfuerzos de tracción entonces, se tiene que verificar si los muros al ser sometidos a sollicitaciones sísmicas alcanzarían estos niveles de esfuerzos.

a. Toda la sección en compresión

Para que no se presente esfuerzos de tracción la carga debe de tener una excentricidad de $h/6$, que es el límite del tercio central (Figura 7.6.)



Donde:

H= Espesor del muro

b= ancho del muro (1m)

P= Carga axial

M= Momento

e= Excentricidad

Figura 7.6. Carga excéntrica sobre el muro $e < h/6$

Los esfuerzos para los muros se hallaran mediante la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{P}{A} + \frac{(Pey)Y}{I}$$

b. Parte de la sección en compresión

Cuando la carga actúa fuera del tercio central, se presentan esfuerzos de tracción en el muro a lado opuesto de la excentricidad. Si el esfuerzo máximo debido a la carga P no excede el esfuerzo admisible del adobe, no se espera que existan tracciones en el muro. Para lo cual el centro de gravedad de la distribución triangular de esfuerzos debe de coincidir con el punto de acción de la carga P (Figura 7.7.)

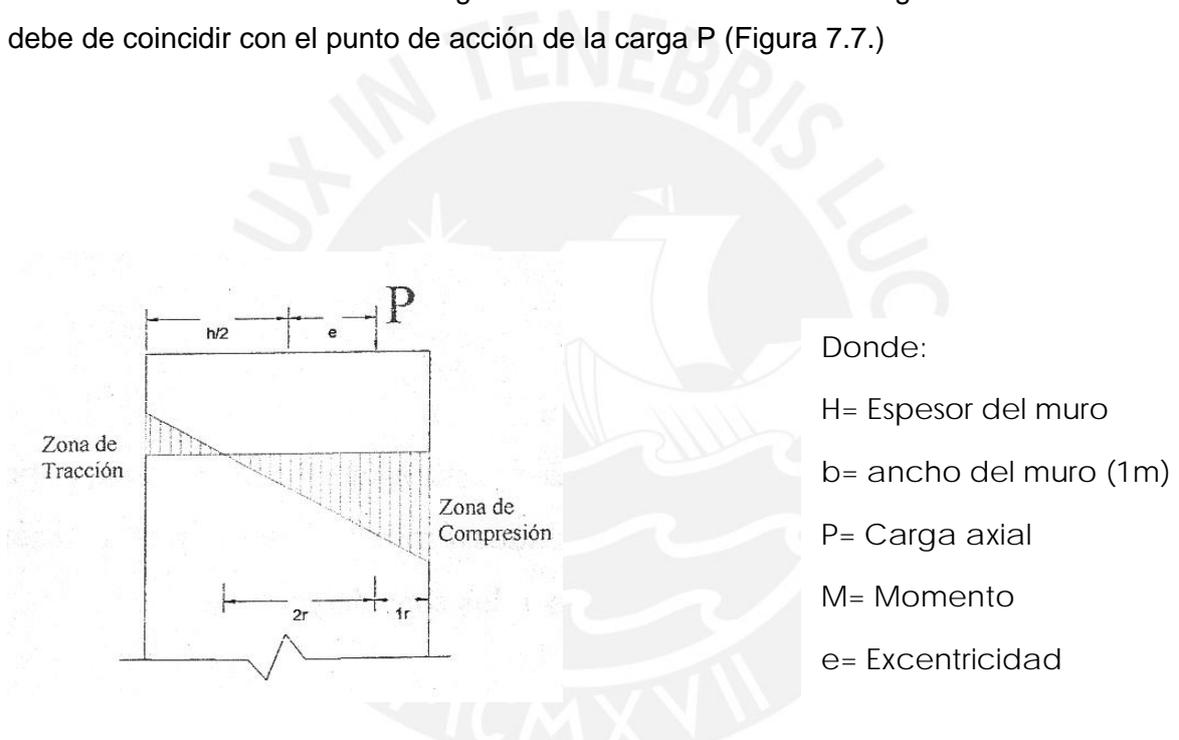


Figura 7.7. Carga excéntrica sobre el muro $e > h/6$

Los esfuerzos para los muros se hallaran mediante la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{2P}{3b(\frac{h}{2} - e)}$$

7.5.5.2. Verificación de esfuerzos de compresión de los muros de adobe de la Iglesia Mark'jo bajo cargas de gravedad.

La verificación de los esfuerzos de compresión de los muros se hará a rotura, por lo cual para obtener la resistencia a compresión de axial de las pilas, se ha extrapolado de los ensayos realizados en el estudio “Comportamiento a carga lateral cíclica de muros de adobe confinados” ⁽⁸⁶⁾ un factor de 2.00 el cual afecta a la resistencia a compresión de la unidad ensayada para la iglesia Mark'jo, obteniéndose como resultado 6.50 kg/cm² (13/2 kg/cm²).

En el Cuadros 7.6 y 7.7 se presenta el resultado del análisis de los muros y contrafuertes por cargas de gravedad.

Cuadro 7.6. Verificación de esfuerzos de compresión de los muros de adobe de la Iglesia Mark'jo bajo cargas de gravedad

Muro	P (ton/m)	h (m)	kg/cm ²
M1	12.128	1.20	1.01
M2	11.371	1.20	0.95
M3	13.266	1.20	1.11
M4	11.889	1.20	0.99
M5	12.224	1.20	1.02
M6	11.827	1.20	0.99
M10	12.600	1.20	1.05
M12	7.918	1.20	0.66

⁸⁶ Pehovaz Richard. (2003). Comportamiento a Carga Lateral Cíclica de Muros de Adobe Confinados. Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú.

M14	12.838	1.20	1.07
M15	12.823	1.20	1.07
M16	11.962	1.20	1.00
M18	5.165	1.20	0.43
M19	17.801	1.20	1.48
M21	17.787	1.20	1.48
M7	11.859	1.20	0.99
M8	11.607	1.20	0.97
M9	12.282	1.20	1.02
M11	8.425	1.20	0.70
M13	8.428	1.20	0.70
M17	7.566	1.20	0.63
M20	17.744	1.20	1.48
M22	17.741	1.20	1.48

Cuadro 7.7. Verificación de esfuerzos de compresión de los contrafuertes de adobe de la Iglesia Mark'jo bajo cargas de gravedad

Muro	P (ton/m)	h (m)	1 kg/cm ²
CF1	7.52	1.0	0.75
CF2	7.52	1.0	0.75
CF3	7.52	1.0	0.75
CF4	7.52	1.0	0.75
CF5	7.52	1.0	0.75
CF6	8.32	1.0	0.83
CF7	8.32	1.0	0.83
CF8	7.52	1.0	0.75

En el Cuadros 7.6 y 7.7, muestra que tanto los muros como los contrafuertes de la iglesia están en compresión frente a cargas de gravedad y que los esfuerzos de compresión que se producen no exceden 6.50 kg/cm².

7.5.5.3 Verificación esfuerzos de compresión de los muros de adobe de la Iglesia Mark'jo para un sismo de 0.2g.

Se consideró un espectro de respuesta con un coeficiente sísmico 0.2g.

Cuadro 7.8 Verificación esfuerzos de compresión de los muros de adobe de la Nave para un sismo de 0.2g en dirección X-X

	Muro	P (ton/m)	M (tonxm/m)	h (m)	e (m)	condición e=h/6	1 kg/cm ²	2 kg/cm ²
Muros en dirección X-X	M1	11.495	0.051	1.2	0.004	0.2	0.98	0.94
	M2	11.143	0.061	1.2	0.006	0.2	0.95	0.90
	M3	12.578	0.014	1.2	0.001	0.2	1.05	1.04
	M4	11.608	0.026	1.2	0.002	0.2	0.98	0.96
	M5	12.032	0.026	1.2	0.002	0.2	1.01	0.99
	M6	11.532	0.101	1.2	0.009	0.2	1.00	0.92
	M10	12.507	0.069	1.2	0.006	0.2	1.07	1.01
	M12	7.72	0.034	1.2	0.004	0.2	0.66	0.63
	M14	12.968	0.043	1.2	0.003	0.2	1.10	1.06
	M15	12.646	0.028	1.2	0.002	0.2	1.07	1.04
	M16	11.951	0.026	1.2	0.002	0.2	1.01	0.98
M18	5.175	0.102	1.2	0.020	0.2	0.47	0.39	
Muros en dirección Y-Y	M7	11.442	3.625	1.2	0.317	0.2	2.46	-0.56
	M8	11.188	4.332	1.2	0.387	0.2	2.74	-0.87
	M9	11.583	2.039	1.2	0.176	0.2	1.81	0.12
	M11	8.279	1.166	1.2	0.141	0.2	1.18	0.20
	M13	7.932	0.838	1.2	0.106	0.2	1.01	0.31
	M17	6.535	1.380	1.2	0.211	0.2	1.12	-0.03

Cuadro 7.9 Verificación esfuerzos de compresión de los muros de adobe de la Torre para un sismo de 0.2g en dirección X-X

	Muro	P (ton/m)	M (tonxm/m)	h (m)	e (m)	condición e=h/6	1 kg/cm ²	2 kg/cm ²
Muros en dirección X-X	M19	19.077	0.063	1.2	0.0033	0.2	1.62	1.56
	M21	19.059	0.042	1.2	0.0022	0.2	1.61	1.57
Muros en dirección Y-Y	M20	23.009	5.568	1.2	0.242	0.2	4.24	-0.40
	M22	23.007	5.578	1.2	0.2424	0.2	4.24	-0.40

Cuadro 7.10 Verificación esfuerzos de compresión de los contrafuertes de adobe para un sismo de 0.2g en dirección X-X

	Muro	P (ton/m)	M (tonxm/m)	h (m)	e (m)	condición e=h/6	1 kg/cm ²	2 kg/cm ²
Muros en dirección Y-Y	CF1	10.432	1.389	1.0	0.133	0.17	1.88	0.21
	CF2	10.828	1.401	1.0	0.067	0.17	1.52	0.65
	CF3	10.771	1.419	1.0	0.132	0.17	1.93	0.23
	CF4	11.039	1.421	1.0	0.129	0.17	1.96	0.25
	CF5	10.112	1.467	1.0	0.145	0.17	1.89	0.13
	CF8	9.965	1.490	1.0	0.150	0.17	1.89	0.10
Muros en dirección X-X	CF6	9.551	1.623	1.0	0.170	0.17	1.93	-0.02
	CF7	9.560	1.625	1.0	0.170	0.17	1.93	-0.02

Cuadro 7.11. Verificación esfuerzos de compresión de los muros de adobe de la Nave para un sismo de 0.2g en dirección Y-Y

	Muro	P (ton/m)	M	h (m)	e (m)	condición e=h/6	1 kg/cm ²	2 kg/cm ²
--	------	--------------	---	----------	----------	--------------------	-------------------------	-------------------------

			(tonxm/m)					
Muros en dirección X-X	M1	12.224	0.430	1.2	0.035	0.2	1.20	0.84
	M2	11.014	1.357	1.2	0.123	0.2	1.48	0.35
	M3	11.984	1.266	1.2	0.106	0.2	1.53	0.47
	M4	11.436	2.818	1.2	0.246	0.2	2.13	-0.22
	M5	13.849	1.950	1.2	0.141	0.2	1.97	0.34
	M6	10.846	2.100	1.2	0.194	0.2	1.78	0.03
	M10	11.259	1.783	1.2	0.158	0.2	1.68	0.20
	M12	7.850	0.414	1.2	0.053	0.2	0.83	0.48
	M14	14.070	3.219	1.2	0.229	0.2	2.51	-0.17
	M15	12.957	1.368	1.2	0.106	0.2	1.65	0.51
	M16	12.760	1.572	1.2	0.123	0.2	1.72	0.41
Muros en dirección Y-Y	M18	5.322	1.967	1.2	0.370	0.2	1.26	-0.38
	M7	10.191	0.042	1.2	0.004	0.2	0.87	0.83
	M8	11.492	0.041	1.2	0.004	0.2	0.97	0.94
	M9	10.491	0.043	1.2	0.004	0.2	0.89	0.86
	M11	8.339	0.044	1.2	0.005	0.2	0.71	0.68
	M13	8.050	0.046	1.2	0.006	0.2	0.69	0.65
M17	5.737	0.028	1.2	0.005	0.2	0.49	0.47	

Cuadro 7.12. Verificación esfuerzos de compresión de los muros de adobe de la Torre para un sismo de 0.2g en dirección Y-Y

	Muro	P (ton/m)	M (tonxm/m)	h (m)	e (m)	condición e=h/6	1 kg/cm ²	2 kg/cm ²
Muros en dirección X-X	M19	22.781	5.262	1.2	0.231	0.2	4.09	-0.29
	M21	22.782	5.263	1.2	0.231	0.2	4.09	-0.29
Muros en dirección Y-Y	M20	18.789	0.030	1.2	0.001	0.2	1.58	1.55
	M22	18.865	0.031	1.2	0.002	0.2	1.59	1.56

Cuadro 7.13. Verificación esfuerzos de compresión de los Contrafuertes de adobe para un sismo de 0.2g en dirección Y-Y

	Muro	P (ton/m)	M (tonxm/m)	h (m)	e (m)	condición e=h/6	1 kg/cm ²	2 kg/cm ²
Muros en dirección Y-Y	CF1	9.910	1.375	1.0	0.139	0.17	1.82	0.17
	CF2	9.787	1.349	1.0	0.138	0.17	1.79	0.17
	CF3	10.232	1.498	1.0	0.146	0.17	1.92	0.12
	CF4	10.487	1.501	1.0	0.143	0.17	1.95	0.15
	CF5	9.606	1.467	1.0	0.153	0.17	1.84	0.08
	CF8	9.467	1.402	1.0	0.148	0.17	1.79	0.11
Muros en dirección X-X	CF6	10.124	1.117	1.0	0.110	0.17	1.68	0.34
	CF7	10.134	1.113	1.0	0.110	0.17	1.68	0.35

En los cuadros 7.8 - 7.13 se observan que los valores de los esfuerzos de compresión en los muros producidos tanto para las cargas de gravedad como en el de sismo, en ningún caso son mayores que 6.50kg/cm², por lo que no llegarían a colapsar. Asimismo, en la torre se presentan los mayores esfuerzos tanto para cargas de gravedad como para sismo.

Además, en los muros:

- M4 y M14, M19 y M21 para el sismo en la dirección X-X
- M7 y M8, M20 Y M22 para el sismo en la dirección Y-Y

Se presentan excentricidades mayores a 0.20m (h/6), esto indica que se producirán esfuerzos de tracción (negativos) por lo cual tendrían que ser reforzados.

7.5.6. Verificación esfuerzos de corte de los muros de adobe de la Iglesia Mark'jo para un sismo de 0.2g.

La verificación de los esfuerzos de corte tanto en los muros y contrafuertes de adobe se hará considerando la 0.25 kg/cm² de resistencia a corte de los muros de a adobe.

En el Cuadros 7.14 y 7.17 se presenta el resultado del análisis de los muros y contrafuertes por cargas de gravedad.

Cuadro 7.14. Verificación esfuerzos de corte de los muros y contrafuertes de adobe de la Nave para un sismo de 0.2g en dirección X-X

	Muro	L (m)	h (m)	V kg/cm ²	Vm kg/cm ²
Muros en dirección X-X	M1	3.80	1.20	0.0906	0.250
	M2	3.50	1.20	0.0913	0.250
	M3	3.75	1.20	0.0911	0.250
	M4	3.30	1.20	0.0799	0.250
	M5	3.70	1.20	0.0805	0.250
	M6	3.50	1.20	0.0804	0.250
	M10	2.25	1.20	0.0873	0.250
	M12	5.25	1.20	0.1930	0.250
	M14	3.60	1.20	0.0876	0.250
	M15	4.40	1.20	0.0886	0.250
	M16	3.80	1.20	0.0889	0.250
Contrafuertes dirección X-X	CF6	1.00	1.00	0.135	0.250
	CF7	1.00	1.00	0.135	0.250

Cuadro 7.15. Verificación esfuerzos de corte de los muros de adobe de la Torre para un sismo de 0.2g en dirección X-X

	Muro	L (m)	h (m)	V kg/cm ²	Vm kg/cm ²
Muros en dirección X- X	M19	2.30	1.20	0.245	0.250
	M21	2.30	1.20	0.245	0.250

Cuadro 7.16. Verificación esfuerzos de corte de los muros y contrafuertes de adobe de la Nave para un sismo de 0.2g en dirección Y-Y

	Muro	L (m)	h (m)	V kg/cm ²	V _m kg/cm ²
Muros en dirección X-X	M7	1.50	1.20	0.179	0.250
	M8	3.45	1.20	0.186	0.250
	M9	1.50	1.20	0.179	0.250
	M11	3.20	1.20	0.160	0.250
	M13	3.20	1.20	0.165	0.250
	M17	3.80	1.20	0.201	0.250
	M20	4.15	1.20	0.238	0.250
Contrafuertes dirección Y-Y	M22	4.15	1.20	0.238	0.250
	CF1	1.00	1.00	0.187	0.250
	CF2	1.00	1.00	0.116	0.250
	CF3	1.00	1.00	0.210	0.250
	CF4	1.00	1.00	0.233	0.250
	CF5	1.00	1.00	0.238	0.250
	CF8	1.00	1.00	0.239	0.250

Cuadro 7.17. Verificación esfuerzos de corte de los muros de adobe de la Torre para un sismo de 0.2g en dirección Y-Y

	Muro	L (m)	h (m)	V kg/cm ²	V _m kg/cm ²
Contrafuertes dirección Y-Y	M20	4.15	1.20	0.238	0.250
	M22	4.15	1.20	0.238	0.250

En los Cuadros 7.14 y 7.17 se observan que los valores de los esfuerzos de corte en los muros y contrafuertes, todos están por debajo del esfuerzo admisible de corte del

adobe de $0.25\text{Kg}/\text{cm}^2$. En el caso de que los esfuerzos sean mayores, el muro llegaría a colapsar.

7.6. Intervención estructural aplicada en la iglesia de Mark'jo

Para el desarrollo del presente ítem se ha tomado en cuenta la información del expediente técnico, y la observación en campo.

7.6.1. Reconstrucción de la Cimentación

En los sectores donde se ha perdido la cimentación se ha efectuado la reconstrucción de las cimentaciones hasta 1.60m de profundidad en todo el monumento. La dimensión a nivel de la base de cimentación es 2.00m con zarpas en ambos lados de la cimentación con un ancho mínimo de 0.30 m. de tal manera que la cimentación tenga la forma de un tronco cónico trapezoidal ensanchado en su base.

Para la reconstrucción de la cimentación, se utilizó piedras grandes de 8" a 10" (previamente limpiadas y humedecidas) con un mortero de cemento $f'c = 175\text{kg}/\text{cm}^2$. El vaciado de la mezcla fue continuo para la mejor ligazón con las piedras, realizando el chuceo adecuadamente y cuidando de que cada piedra este rodeada de la mezcla. El curado se hizo tres veces al día durante 7 días.

El trabajo se realizó por tramos alternados no mayores de un metro evitando la excavación continua que ocasionaría el asentamiento e inclinación del muro; generando su agrietamiento.

7.6.2. Sobrecimiento

Los sobrecimientos se han reconstruido en toda el área del monumento debido a que eran insuficientes en su altura o carecían de estos, además, esta sobrecimentación estaban constituida por mampostería de piedra unidas con mortero de barro. Esta reconstrucción se realizó hasta alcanzar una altura de 1.50m y un espesor de 1.20m en todo el monumento.

Los materiales usados y el procedimiento fueron los mismos usados en el caso de la reconstrucción de los cimientos, piedras grandes de 8" a 10" (previamente limpiadas y humedecidas) con un mortero de cemento de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$. El vaciado de la mezcla fue continuo para la mejor ligazón con las piedras, realizando el chuceo adecuadamente y cuidando de que cada piedra este rodeada de la mezcla. El curado se hizo tres veces al día durante 7 días.

7.6.3. Reconstrucción de los muros de adobe

Se emplearon adobes nuevos de 0.60 x 0.30 x 0.15 m. con el fin de reemplazar los fisurados, erosionados o intemperizados, utilizando un mortero de la misma calidad que la utilizada para la elaboración de los adobes. Además, se incluyó paja en una proporción del 30% en volumen. La reconstrucción se realizó siguiendo los dentados del muro para una mejor traba y adherencia, esto se hizo adobe por adobe, acuñando con elementos sólidos con pedazos de teja o piedras pequeñas. Los adobes fueron asentados de manera que el mortero de barro rellene íntegramente al adobe previamente humedecido, no se colocaron más de 5 hiladas por día para evitar agrietamientos y expulsión del mortero en las partes bajas (sobrepeso).

La reconstrucción se efectuó por uno o ambos lados del muro dependiendo del estado de deterioro en que se encontraba, llegando solamente hasta la mitad de la sección de muro por cada lado y en una longitud de 1.00m garantizando las trabas necesarias. Estos trabajos se efectuaron en el muro del evangelio, presbiterio, la epístola, muro testero y muro de pies.

7.6.4. Instalación de refuerzos estructurales de madera

7.6.4.1 Instalación de llaves de madera

Debido al mal estado en que se encuentra los muros de la estructura del monumento se tuvo que desmontar todos los muros hasta 2.30m de altura a partir del nivel de piso terminado, a esa altura se colocaron las llaves de madera rolliza de eucalipto de 6". Esta estructura se colocó a cada lado del muro donde la el larguero exterior se enlaza con el larguero interior mediante travesaños de madera seca rolliza azuelada de 6"x 6"

que les sirven de arriostre. Las uniones entre los elementos que conforman las llaves son a media madera y clavadas con clavos de 6" y aseguradas con alambre de #8. También se colocaron estacas de anclaje de madera de 2" x 0.75m, clavadas al muro en los encuentros entre largueros y travesaños hasta una profundidad de 0.6m y amarradas con alambre #8.

- Llaves de madera en "L"

Esta llave esta formada por dos cuerpos con longitudes de 2.50m medidos desde la cara interior del muro. Los travesaños espaciados a cada 1.00m de cara a cara.

Este tipo de llaves se colaron en la esquina formada por el muro Testero y el muro del Evangelio, en la esquina formada por el muro de la Epístola y el muro Testero, también en las dos equinas ubicadas entre la nave y la Bema.

- Llaves de madera en "T"

Esta llave esta formada por dos cuerpos, el primer cuerpo con longitud de 1.50m a ambos lados, medidos desde la cara interior del muro, mientras que el segundo cuerpo recorre toda la longitud del contrafuerte. Los travesaños espaciados a cada 1.00m de cara a cara. Este tipo de llaves se colaron en los contrafuertes y en el muro de pies.

- Llaves de madera en "U"

Esta llave esta formada por tres cuerpos, el primer y tercer cuerpo con longitudes de 1.50m medidos desde la cara interior del muro, mientras que el segundo cuerpo recorre toda la longitud del muro. Los travesaños espaciados a cada 1.00m de cara a cara. Este tipo de llaves se colocaron en los muros de la Sacristía.

7.6.4.2 Viga collar

Para colocar la viga collar de madera en los muros de la torre se tuvo que desmontar hasta una altura de dos tercios de su altura total, esta viga collar esta apoyada en los muros de la torre sobre una superficie uniforme. La viga collar es de madera de eucalipto labrada y tratada de 6" x 6" de sección. Los empalmes son a media madera aseguradas con clavo de 6" y amarradas con alambre #8. Además se colocaron estacas de anclaje de madera de 2"x0.75, clavadas al muro hasta una profundidad de 0.60m y amarradas con alambre #8.

7.6.5. Restitución de estructuras del techo

7.6.5.1. Restitución de par y nudillo

Para la restitución del armado del techo se respeto la configuración estructural y arquitectónica original usando el sistema estructural de par y nudillo, estos elementos están hechos de rollizos de madera de eucalipto 6" tratada con chemaderil en tres capas. En el espacio entre los pares se ha colocando piezas de madera a modo de cuñas para que refuercen el trabajo en conjunto de pares y sobrepares. Los nudillos son madera de 4".

En la selección de los rollizos se ha considerado que estos estén secos y rectos para evitar su deflexión.

Las conexiones entre los elementos del sistema par y nudillo fueron amarradas con tiento de cuero de res previamente tratada y humedecida

7.6.5.2. Restitución de sobrepares

Ha sido necesaria la restitución integral de los sobrepares en toda la iglesia así como en la torre. Los sobrepares se hicieron de madera de eucalipto de 6" de sección, instalados en todos los casos sobre los aleros, el extremo superior se instaló sobre la hilera a su vez apoyada en las estructuras de par y nudillo, su espaciamiento es de 0.60m. Cada elemento del sobrepares han sido fijado con clavos y amarrados con tiento de cuero de res previamente tratada y humedecida.

7.6.5.3. Restitución de tirantes

Las vigas tirantes han sido restituidas en su totalidad. Están hechas de madera de eucalipto rolliza de 10" tratada con chemaderil en tres capas. Los tirantes están apoyados a su vez en ménsulas de madera tratada (en el contacto con el muro de adobe).

7.6.5.4. Viga arrocabe

Las vigas arrocabe que reciben las cargas de los pares, sobrepares y el peso del techo fueron restituidas en su totalidad.

Este trabajo se realizó nivelando la superficie de la cabecera de los muros para luego colocar los arrocabes, utilizando madera eucalipto de 8" x 8" de sección tratada con chemaderil en tres capas, los empalmes entre elementos son a media madera clavados, asimismo se colocaron estacas de anclaje de madera, perpendiculares y clavadas al muro, tortoleadas al arrocabe con alambre #8 a cada 2.00m y hacia el exterior, para impedir su desplazamiento por el empuje de los pares de la estructura del techo.

7.6.5.5. Restitución de canes

La restitución de los canes se realizó en su totalidad en los aleros de todas las cubiertas de la iglesia y de la torre, en la que se emplearon madera tornillo de 2" x 3" de sección y un volado de 0.70m con una moldura similar a las evidencias encontradas en elementos originales. Los canes son empotrados en el muro y clavados a los arrocabes. Su espaciamiento es de 0.60m de eje a eje.

7.6.6. Restitución de cobertura de teja

Las tejas del techo fueron restituidas en su totalidad tanto en la iglesia como en la torre. Previamente se colocó un encarrizado que fue sujeto a las estructuras del techo con alambre #16 y clavos de 2". Sobre el encarrizado se puso una torta de barro de 2" de espesor sobre la cual se asentaron las tejas tipo andinas.

En las cumbreras, fueron consolidadas con mortero de cal-cemento, teniendo cuidado que este acabado sea solo lo necesario sin sobrecargar material.

Anexo 6: Planos de Arquitectura de la Iglesia de Mark'jo (Lámina 27 – 30)

Anexo 7: Fotografías del Proceso de restauración de la Iglesia de Mark'jo (Figura 7.8 – 7.30.)

7.7. Propuesta alternativa para la Intervención estructural

7.7.1 En la torre del campanario

Según los resultados del análisis cuantitativo con modelos matemáticos, la estructura de la torre del campanario es la primera parte del monumento en colapsar.

Para evitar este colapso se debe recurrir a los conceptos básicos de resistencia de materiales haciendo uso de tensores de acero que incremente la compresión en la torre, evitando incrementar masa en la torre.

El sistema de tensores de acero deben de ser instalados en la parte interna y a lo largo de toda la altura de las cuatro esquinas de la torre, cuyos extremos inferiores estarán fijados al terreno con anclajes de concreto o metálicos. Los extremos superiores estarán fijados a la parte superior de la torre a través de una plataforma de madera.

Para tener una referencia de la fuerza de tensado, se hizo un análisis estático de los muros de la torre, entonces se le aplicó una fuerza sísmica del 20% de su peso. El análisis dio como resultado, que la fuerza de tensado necesaria para evitar la aparición de esfuerzos negativos en los muros de la torre es de 12.30ton para cada tensor, la misma que produce un esfuerzo de compresión en la base del muro de 2.60kg/cm^2

El proceso de tensado se debe realizar con el uso de gatas hidráulicas, o con templadores. Es oportuno mencionar que se debe tener cuidado con la fuerza de

tensado debido a que esta puede hacer que los esfuerzos de compresión sean mayores a la resistencia a compresión de los muros. (Anexo 8: Lámina 31).

También recomienda hacer una junta sísmica entre la torre y nave, la separación mínima que se podría tomar como referencia es la de la norma sismoresistente que es de 3.00cm.

7.7.2. En los muros

El análisis dinámico muestra que algunos muros requieren ser reforzados para lo cual se emplearía refuerzo verticales de acero. Esto se hace con la finalidad de eliminar los esfuerzos de tensión y desplomes que se producirían durante un evento sísmico.

Se plantea dos alternativas para el refuerzo vertical para los muros:

Primera alternativa son las varillas centrales de muro las cuales van embutidas en orificios de un diámetro mayor al de la varillas, relleno el espacio sobrante con resina epóxica. Las varillas van sujetas a las vigas de montaje para la cobertura.

Segunda alternativa es el uso tirantes verticales que van a ambos lados del muro, las cuales se conectan en la base del muro a través de un tubo de plástico y a lo largo de toda la altura del muro lo hacen a través de amarres de nylon. Se debe tener cuidado durante sus instalación cuando hay la presencia de pinturas murales. (Figura 7.32.).

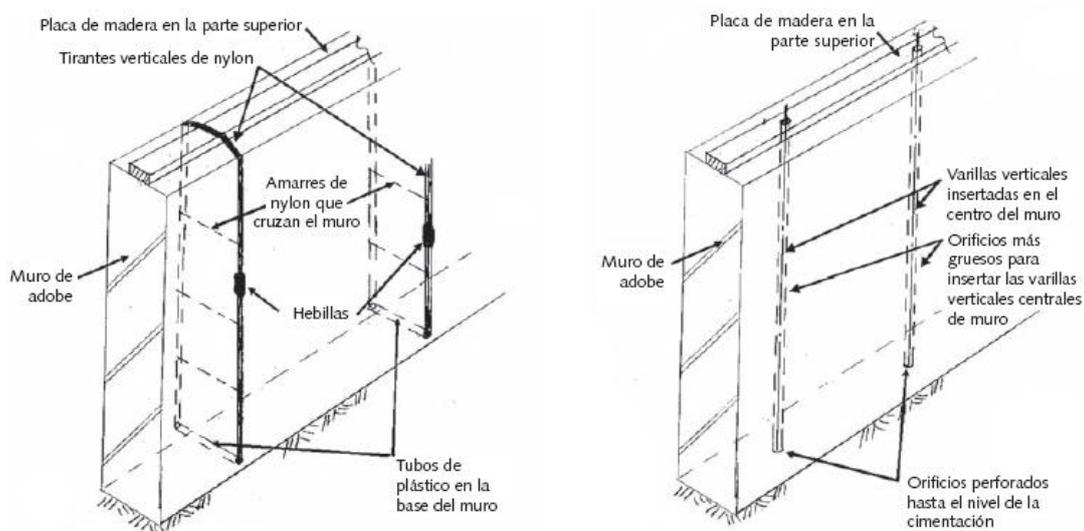


Figura 7.32. Izquierda: Refuerzo con tirantes y amarres que atraviesan un muro de adobe. Derecha: Refuerzo con varillas verticales insertadas en el centro de un muro de adobe.

Otra alternativa de refuerzo para los muros es mediante malla de acero o geomallas de plástico y con un recubrimiento de mortero de barro o de cal y arena. Esta alternativa solo se debe ser aplicada a los muros que no posean pinturas murales ya que requiere intervenir la totalidad del área del muro (Figura 7.33)

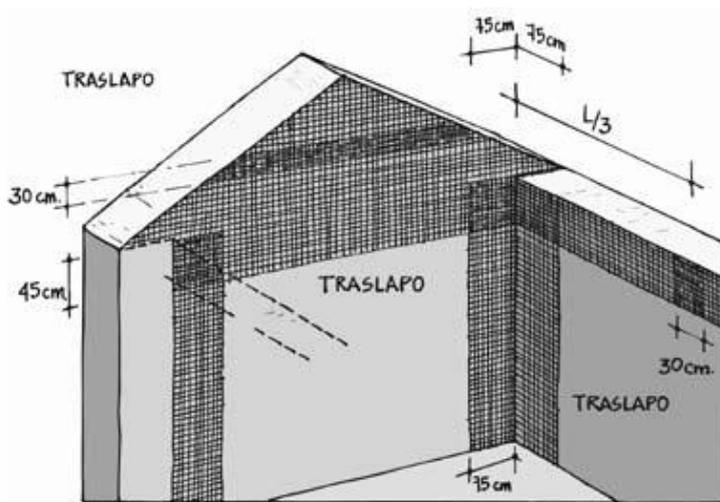


Figura 7.33. Refuerzo con mallas de acero.

7.7.3. Para mitigar el problema de asentamientos de la cimentación

Las características de la zona donde se ubica la iglesia hacen posible que la humedad de las lluvias y terrenos de cultivo afecten el terreno de fundación de la cimentación produciendo asentamientos. Entonces, es necesario que la obra cuente con un sistema de sub-drenaje y cunetas laterales, para recibir las aguas pluviales y ser evacuadas a una distancia que no comprometan la estabilidad del terreno de fundación.

Para enfrentar este problema se debe colocar sub-drenajes en base a un material granular tipo filtros y tuberías cribadas $\phi=6"$ en los contornos del perímetro de la iglesia de Mark'jo, para hacer que el agua de las precipitaciones pluviales, procedentes de las colindancias (terreno de cultivo) sea interceptadas por este sistema de sub-drenaje y

de esta manera evitar que estas aguas se filtren hacia la cimentación y puedan ocasionar daños a dicha estructura.

(Anexo 8: Lámina 32)

7.7.4. Para mitigar los problemas de erosión en la cobertura

Para evitar la erosión debida al intemperismo por el paso del tiempo se recomienda utilizar un recubrimiento de torta de barro estabilizado con asfalto en proporción suelo:arena:asfalto de 1vol:0.4vol:0.1vol + 2vol de paja suelta (Luis Zegarra Cisqueros. “Estudio relacionado con la bóveda de la iglesia San Sebastián).



CONCLUSIONES

Las conclusiones más importantes del estudio, se describen a continuación:

- El refuerzo estructural mas utilizado para los muros adobe de los monumentos históricos en al región del Cusco son las llaves de madera rolliza y vigas collar.
- El sistema par y nudillo empleado en el techo es de uso histórico, al cual solo se le agrega un sistema de protección en base a un encarrizado y un recubrimiento de yeso frente a gentes externos.

- En la cimentación y sobrecimentación de un monumento histórico de adobe se empleaba un mortero de barro, el cual con las técnicas de restauración actuales han sido remplazados por morteros de cemento o cal.

- En el estudio de la Iglesia de Mark'jo
 - Del análisis de los modelos matemáticos con y sin viga collar de madera, la estructura de la torre del campanario es la primera parte del monumento en colapsar en ambos casos. Para evitar el colapso, una alternativa podría ser el uso de tensores de acero que incremente la compresión en la torre, evitando incrementar la masa en la torre.

 - La inclusión de llaves y viga collar de madera en el modelo no rigidiza significativamente la estructura.

 - Bajo cargas de gravedad, tanto los muros como los contrafuertes de la iglesia no van presentar fallas por compresión.

 - Para un sismo 0.2g. la iglesia no va ha presentar fallas por compresión en los muros, debido a que los esfuerzos encontrados son menores 6.50 kg/cm^2 (rotura). Asimismo, en algunos muros se van ha producir esfuerzos de tracción, debido a la excentricidad de la carga que es mayor a $1/6$ de su espesor.

- Las estructuras correspondientes a monumentos históricos no pueden analizarse estructuralmente como si fuesen edificios modernos, ya que se componen de otros materiales y su comportamiento es distinto frente a los sismos.

- Dichas estructuras tienen poca ductilidad frente a las acciones sísmicas, y por otro lado gran masa, lo que las hace vulnerables a sismos severos.

- Para la restauración de monumentos históricos se deben aplicar las cartas de conservación y restauración, y no así los reglamentos de construcción.

- Es posible utilizar nuevos materiales para poder reforzar estos monumentos, pero siempre teniendo cuidado de no alterar el comportamiento inicial, ni poner en riesgo la autenticidad del monumento desde el punto de vista arquitectónico e histórico.
- De los ensayos realizados a las muestras de adobe se concluye que dependiendo del lugar donde se ubica el monumento histórico la resistencia a la compresión de los adobes varía debido a que para su fabricación se usa el material cercano a la zona.
- Es importante señalar, que los monumentos históricos de adobe deben contar con un sistema de drenaje superficial, y sub drenaje para evitar los usuales problemas de humedad que se presentan en este tipo de construcciones.
- Las técnicas de restauración utilizadas para monumentos históricos de adobe en la región del Cusco hasta el momento del estudio, tienen un comportamiento adecuado frente a los diferentes eventos sísmicos que se han presentado.

RECOMENDACIONES

- Prestar especial atención al comportamiento de los modelos en elementos finitos, debido a que pueden tener errores en las conexiones por el gran número de elementos que componen el modelo, dando resultados poco confiables.
- En la interpretación de la información histórica se debe tener especial cuidado, debido a que con frecuencia la información obtenida es elaborada por profesionales de disciplinas diferentes a la ingeniería.
- Los materiales utilizados para la restauración deben ser compatibles con los materiales originales de los monumentos.
- Se debe evitar el uso del concreto armado como material de refuerzo, debido a que posee módulo de elasticidad y rigidez sustancialmente diferente del adobe, lo que ocasiona incompatibilidad para absorber los movimientos sísmicos de manera

adecuada. Además, se debe de tener en cuenta que es un material cuyo uso no es reversible.

- Es recomendable hacer uso de tensores de acero en la torre de la iglesia, para evitar el colapso.
- Es conveniente que los adobes y el mortero a utilizar en las obras de restauración, sean ensayados en compresión para garantizar que sean compatibles con el material existente.
- Los monumentos históricos de adobe deben contar con un sistema adecuado de drenajes y prevención de humedad que tome en consideración las aguas pluviales de los techos, la humedad del subsuelo, y aguas de escorrentía superficial o sub-superficiales.



BIBLIOGRAFIA

- Bazan Enrique; Padilla Marciano; Meli Roberto. (1980). Seguridad de Casa de Adobe ante Sismos-Estudios Analíticos, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Chara Z, Luis. (1992). Arquitectura Religiosa Española en la Ciudad del Cusco de los Siglos XVI-XVII. Colegio de Arquitectos del Perú Lima, Perú.

- Comité Internacional de ICOMOS Sobre la Madera. (1999). Principios que deben regir la conservación de las estructuras históricas en madera. México.
- Fernández Angel. (1992). Restauración Arquitectónica. Publicaciones de la Universidad de Valladolid. Valladolid, España.
- Fielden, Sir Bernard. "Entre dos terremotos. (1991). Los bienes culturales en zonas sísmicas. Publicación ICCROM y Getty Conservation Institute. Lima, Perú.
- Gutiérrez Ramón. (1987). Arquitectura Virreynal en Cusco y su Región. Cusco, Perú.
- ICOMOS. (2003). Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del Patrimonio Arquitectónico. www.esicomos.org.
- Lovón Romer. (2006). Intervención Estructural en un Monumento Histórico de Adobe. Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú.
- Magadan Marcelo. (2000). Edificios Históricos: Cuestiones a tener en cuenta a la hora de su restauración. Buenos Aires, Argentina.
<http://www.construir.com/econsult/eonstrur/nro60/document/edificio.htm>
- Meli Roberto. (1998). Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos. Fundación ICA. Primera Edición. México D.F.
- Samanez A, Roberto. (1983). La Restauración de Estructuras de Adobe en los Monumentos Históricos de la Región Andina del Perú: Tecnología Apropiada en la Conservación del Patrimonio Cultural. Oficina de Asuntos culturales COFIDE. Lima, Perú.

- Pehovaz Richard. (2003). Comportamiento a Carga Lateral Cíclica de Muros de Adobe Confinados. Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú.
- Terán B, José Antonio. (2004). Consideraciones que Se Deben Tenerse en Cuenta para La Restauración Arquitectónica. Revista Conserva N°8. Chile. http://www.dibam.cl/dinamicas/DocAdjunto_631.pdf
- Terán B, José Antonio. 2004. Consideraciones que se Deben Tenerse en Cuenta para la Restauración Arquitectónica. Revista Conserva N°8. Chile. http://www.dibam.cl/dinamicas/DocAdjunto_631.pdf
- Tolles E. Leroy. (2000). Seismic Stabilization of Historic Adobe structures – Final Report of The Getty Seismic Adobe Project. The Getty Conservation Institute, Los Angeles, USA.
- Tolles E. Leroy; Edna E. Kimbro; William S. Ginell, (2005). Guías de Planeamiento e Ingeniería para la Estabilización Sismorresistente de Estructuras Históricas de adobe. The Getty Conservation Institute, Los Angeles, USA.
- Torrealva Daniel. (2003). Caracterización de Daños en Construcciones de Adobe. PUCP. Lima, Perú.
- Torrealva Daniel, Vargas Neumann Julio. 2005. Structural Engineering Issues for The Reconstruction and Restoration of Bam. Seminario Internacional Arquitectura, Construcción y Conservación de Edificaciones de Tierra en Áreas Sísmicas. Lima.
- Torrealva Dávila Daniel y Vargas Neuman Julio en "Impacto del Sismo del 23 de Junio en el Casco Monumental de Arequipa".

- Torrealva, Daniel; Blanco, Antonio. (2002). La intervención Estructural en Monumentos Históricos: El Caso de la Reconstrucción de la Catedral de Arequipa. Rev. ACI-Perú. Lima, Perú.
- UNESCO. (1969). La Conservación de los Bienes Culturales. París, Francia.
- Zavala T. Carlos y otros, (2003, Experiencias Recientes de Evaluación Estructural de Edificaciones Históricas. XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil – Iquitos.

Cartas Internacionales de Conservación y Restauración.

www.esicomos.org:

- Carta de Atenas, 1931.
- Carta de Burra.
- Carta de Cracovia 2000, Art. 6
- Carta de Venecia 1964, Art. 12.
- Carta de Washington, 1987, Art. 2.
- Carta del Patrimonio Vernáculo construido, 1999, pág.4
- Carta Europea del Patrimonio Arquitectónico, 1975, Art. 7.
- Principios para el Análisis, Conservación y Restauración de las Estructuras del Patrimonio Arquitectónico, 2003.
- Principios que Deben Regir la Conservación de las Estructuras Históricas en Madera, 1999.

Archivos del Instituto Nacional de Cultura del Cusco.

- Instituto Nacional de Cultura del Cusco. (2006). Expediente Técnico: Restauración y Puesta en Valor del la Iglesia de Mark'jo de Anta. Cusco, Perú.
- Instituto Nacional de Cultura del Cusco. (2006). Expediente Técnico: Restauración y Puesta en Valor del Templo de la Virgen Inmaculada Concepción de Anta. Cusco, Perú.

Archivos de Instituto Geofísico del Perú

- Sismos Ocurridos en El Perú Durante El Año 1996 con Magnitud Mayor o Igual A 4.5 Grados Escala De Richter..
- Sismos Ocurridos en El Perú Durante El Año 1998 con Magnitud Mayor o Igual A 4.5 Grados Escala De Richter.
- Sismos Ocurridos en El Perú Durante El Año 1999 con Magnitud Mayor o Igual A 4.5 Grados Escala De Richter.
- Sismos Ocurridos en El Perú Durante El Año 2003 con Magnitud Mayor o Igual A 4.5 Grados Escala De Richter.
- Sismos Ocurridos en El Perú Durante El Año 2005 con Magnitud Mayor o Igual A 4.5 Grados Escala De Richter.
- Sismos Ocurridos en El Perú Durante El Año 2006 con Magnitud Mayor o Igual A 4.5 Grados Escala De Richter.
- Últimos Sismos Ocurridos en el Perú Durante hasta Febrero del 2009.

































