

M

Proyecto Regional de Patrimonio Cultural  
y Desarrollo PNUD/UNESCO



Centro Internacional de Estudios  
para la Conservación y la Restauración  
de los Bienes Culturales



ICCR/OM

# el adobe

SIMPOSIO INTERNACIONAL  
Y CURSO - TALLER  
SOBRE CONSERVACION DEL ADOBE

Informe final y ponencias principales

Lima - Cusco (Perú)

XIX

G

71

BIBLIOTHEQUE

LIBRARY

ICCROM

# el adobe

## SIMPOSIO INTERNACIONAL Y CURSO-TALLER SOBRE CONSERVACION DEL ADobe

Informes finales y ponencias presentadas

1970 - Cuernavaca (México)  
114-119-120



CONSEJO INTERNACIONAL DE ESTUDIOS  
DE LA CONSERVACION DE LA CULTURA  
Y MONUMENTOS HISTORICOS



COMITÉ INTERNACIONAL DE ESTUDIOS  
DE LA CONSERVACION DE LA CULTURA  
Y MONUMENTOS HISTORICOS

CONSEJO INTERNACIONAL DE ESTUDIOS  
DE LA CONSERVACION DE LA CULTURA  
Y MONUMENTOS HISTORICOS

CONSEJO INTERNACIONAL DE ESTUDIOS  
DE LA CONSERVACION DE LA CULTURA  
Y MONUMENTOS HISTORICOS

© Proyecto Regional de Patrimonio Cultural  
y Desarrollo PNUD/UNESCO  
Casilla 4480  
Lima 100, Perú

ICCROM  
13 Via di S. Michele  
00153 Roma, Italia

# el adobe

## SIMPOSIO INTERNACIONAL Y CURSO - TALLER SOBRE CONSERVACION DEL ADOBE

Informe final y ponencias principales

Lima - Cusco (Perú)

10-22/9/83



*Organizado por:*

PROYECTO REGIONAL DE PATRIMONIO CULTURAL  
Y DESARROLLO PNUD/UNESCO



CENTRO INTERNACIONAL DE ESTUDIOS  
PARA LA CONSERVACION Y LA RESTAURACION  
DE LOS BIENES CULTURALES (ICCROM-Roma)



*En colaboración con:*

Instituto Nacional de Cultura del Perú

Convención Mundial del Patrimonio Cultural y Natural  
de la UNESCO



Proyecto Nacional de Patrimonio Cultural Perú PNUD/UNESCO

Fundación Ford

Consejo Internacional para Monumentos y Sitios (ICOMOS)

Instituto Italo Latinoamericano (IILA)

# el abode

SIMPÓSIO INTERNACIONAL  
Y CURSO - TALLER  
SOBRE CONSERVACION DEL ALGEBRE

Informes, tesis y trabajos científicos

(Caja - Caixa 1706)  
19-33500



Comité de

PROYECTO REGIONAL DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO



CENTRO INTERNACIONAL DE ESTUDIOS

DE INVESTIGACIONES Y LA RESTAURACION DE MONUMENTOS HISTÓRICOS (CICORH)

32224

Elaborado por

Centro Internacional de Estudios de Investigaciones y la Restauración de Monumentos Históricos (CICORH)

Centro Internacional de Estudios de Investigaciones y la Restauración de Monumentos Históricos (CICORH)

Centro Internacional de Estudios de Investigaciones y la Restauración de Monumentos Históricos (CICORH)

Centro Internacional de Estudios de Investigaciones y la Restauración de Monumentos Históricos (CICORH)

Centro Internacional de Estudios de Investigaciones y la Restauración de Monumentos Históricos (CICORH)

Centro Internacional de Estudios de Investigaciones y la Restauración de Monumentos Históricos (CICORH)

Centro Internacional de Estudios de Investigaciones y la Restauración de Monumentos Históricos (CICORH)

Centro Internacional de Estudios de Investigaciones y la Restauración de Monumentos Históricos (CICORH)

Centro Internacional de Estudios de Investigaciones y la Restauración de Monumentos Históricos (CICORH)

Presentación		Caracterización del adobe como material de construcción. Técnicas de preservación	
<i>Cevat Erder</i>	7		
<i>Sylvio Mutal</i>	9	• <i>Giacomo Chiari</i>	33
Introducción	13	Notas sobre la manufactura del bloque de adobe para la restauración de la arquitectura de tierra	
Introducción al uso histórico de materiales de barro para construcción. Caso estudiado: Mesopotamia		• <i>Alejandro Alva Balderrama</i>	
• <i>André Stevens</i>	21	<i>Jeanne Marie Teutonico</i>	45
Conservación y utilización de los Centros Históricos y de los monumentos		Construcción en adobe. Ejemplos de restauración	
<i>Franca Helg</i>	29	• <i>Sergio Rojo</i>	61



Evaluación de fallas estructurales y monitoreo de movimientos estructurales en construcciones y ruinas de adobe		Técnicas de tierra cruda ('banco') utilizadas en Mali	
• <i>Todd Rutenbeck</i>	67	• <i>Nianti Bouaré</i>	123
La conservación de los edificios de adobe: cómo examinar y evaluar el deterioro		La protección y conservación de la ciudad de Tlaxcala, México	
• <i>Anthony Crosby</i>	71	• <i>Gilberto Reyes Zepeda</i>	127
Terremotos y estructuras de tierra		El monumento nacional de Tumacacori	
• <i>Julio Vargas Neumann</i>	75	• <i>Paul Mc Henry, Jr.</i>	129
Investigación sobre el efecto a largo plazo del uso de un consolidante a base de silicato de etilo para el adobe		Adaptación de edificios y monumentos de adobe a nuevo uso	
• <i>Seymour Z. Lewin</i> <i>Paul Schwartzbaum</i>	83	• <i>Roberto Samanez Argumedo</i>	133
La conservación de estructuras y decoraciones de adobe en Chan-Chan		Protección y conservación de los conjuntos históricos de barro	
• <i>Ricardo Morales Gamarra</i>	109	• <i>Jacques Verité</i>	139
Un estudio de las 'viharas' de adobe de Sri Lanka		Conclusiones y recomendaciones	145
• <i>Ashley de Vos</i>	117	Conferencistas	149
		Participantes	150
		Observadores	152

En el ámbito internacional, la preocupación por la conservación del adobe tiene una historia breve. Hace apenas algo más de un decenio que se empezó a trabajar en este campo y le debemos la iniciación de estos trabajos al Profesor Pietro Gazzola.

El Profesor Gazzola, quien fue Presidente del ICOMOS y miembro del Consejo del ICCROM, así como también Profesor de los Cursos de Conservación Arquitectónica en ICCROM, llegó a la conclusión —luego de haber viajado extensamente y de haber observado de primera mano la situación en muchos países del mundo —de que la cooperación en el plano internacional era la mejor manera de luchar eficazmente contra el deterioro de las estructuras de adobe.

Al comienzo, muy justamente, se puso el énfasis en la investigación y en los proyectos de campo. El primer proyecto empezó en 1968, cuando ICCROM participó en la investigación emprendida entonces en Iraq

en cooperación con el Institut Royal du Patrimoine Artistique de Bruselas, el Instituto de Mineralogía y Arqueología de la Universidad de Turín y el Instituto Italo-Iraquí de Bagdad. El resultado de estas investigaciones llevó a la elaboración de una serie de cuestionarios cuyo propósito era identificar los problemas básicos y definir las características generales de las distintas regiones, así como también promover una mayor conciencia de la necesidad de estudios para la protección de las estructuras de adobe.

A raíz de estas investigaciones fueron organizados dos Simposios Internacionales sobre el tema (en Yazd, en 1971 y 1976) por el Comité Iranio del ICOMOS.

Dado que el segundo Simposio tenía como objetivo la elaboración de un documento que sirviera para establecer una metodología de estudio para las estructuras de adobe y las ruinas arqueológicas, ICCROM preparó un nuevo cuestionario que fue presentado co-

mo tema principal en la Reunión Regional de Conservación que tuvo lugar en Santa Fe, Nuevo México, en 1977. Como consecuencia de esta Reunión, el cuestionario se adoptó como modelo para la investigación exhaustiva de los usos del adobe como material de construcción. El fin que se perseguía era estimular la experimentación y normalizar los métodos, y se llegó a la conclusión de que la tarea de normalización debía confiarse a las organizaciones y los comités internacionales.

El tercer Simposio, celebrado en Ankara en 1980, dio la oportunidad de revisar los análisis más importantes realizados después de la Reunión de Yazd. Aun cuando se obtuvieron algunos resultados positivos, la mayoría de los problemas quedaba sin solución, especialmente en lo que se refiere a la fiabilidad, a largo plazo, de los métodos de examen. Mientras que los científicos abogaban por continuar las pruebas y la investigación, los conservadores se oponían a los costosos experimentos a largo plazo, en vista del rápido deterioro del material.

Es evidente que no se puede llegar a soluciones definitivas en base a unas pocas reuniones internacionales. Tales reuniones pueden servir tan sólo para orientar futuras investigaciones y sugerir posibles áreas de investigación y de trabajo en el terreno. Así, luego de la segunda reunión de Yazd, se establecieron dos proyectos pilotos, uno en Tuncaköri, Estados Unidos y el otro en el Perú, en Chan Chan.

En 1983 se juzgó necesario realizar un nuevo Simposio Internacional. Este evento, celebrado varios años después de las reuniones de Yazd y Ankara quiso subrayar sobre todo el aspecto de la capacitación y formación. Esto llevó a elegir para esta reunión a expertos que fueran a la vez capacitadores, y a participantes que pudieran integrarse con facilidad en el Curso-Taller. Con estos criterios en mente, el ICCROM, en colaboración con el Proyecto Regional de Patrimonio Cultural —la dimensión cultural del desarrollo y la co-

municación— del PNUD/UNESCO, y el Comité del ICOMOS sobre Adobe, con el apoyo de la Convención del Patrimonio Mundial de la UNESCO y bajo los auspicios del Instituto Nacional de Cultura del Perú, organizó el Simposio Internacional y Curso-Taller sobre la Conservación del Adobe en Lima y Cusco.

Esta reunión, que significó un seguimiento de los Simposios Internacionales anteriores, tuvo como meta ambiciosa la de aumentar el conocimiento acerca de las técnicas y métodos adecuados para la conservación del adobe en aquellos expertos responsables de la conservación del patrimonio cultural.

Debemos recalcar, una vez más, que todo avance en este campo requiere tanto de financiamiento como de auspicio a largo plazo. Esto puede y debe ser provisto por organismos nacionales, mientras que las organizaciones internacionales deben actuar como simples promotores. La continuidad solamente se logrará mediante el esfuerzo y la participación de los organismos nacionales.

La manera como se organizó este Simposio, así como la contribución del Perú al mismo, constituyeron un excelente ejemplo de ello. Esperamos que esto sea indicio de un cambio en este sentido.

Confiamos en que la presente publicación, que incluye las principales ponencias presentadas en el Simposio, será útil para todos aquellos que se preocupan y trabajan por la conservación de los monumentos, sitios y centros históricos de adobe en las distintas regiones del mundo.

*Prof. Dr. Cevat Erder*

Director del ICCROM  
Presidente del Comité Internacional  
sobre el Adobe del ICOMOS

Los monumentos de adobe y la tecnología de la construcción en barro constituyen parte del patrimonio de muchas naciones. El material tierra, empleado por diversos pueblos desde hace más de 10,000 años ha dado lugar a una gran variedad y riqueza de formas arquitectónicas en las distintas regiones del mundo.

Este patrimonio monumental se encuentra hoy seriamente amenazado tanto por los procesos de urbanización, industrialización y penetración tecnológica, como por causas naturales y humanas de deterioro.

Pero el patrimonio cultural de un pueblo comprende más que las zonas monumentales y los centros históricos. La tarea de conservadores y restauradores por tanto será no sólo la de salvar los monumentos y otras construcciones de adobe, sino que deberán rescatar a la vez las técnicas tradicionales y las tecnologías endógenas utilizadas en los distintos países donde se construye con ese material y que están también en peligro de perderse.

El Simposio Curso-Taller sobre Conservación del Adobe, realizado en Lima y Cusco en 1983, que reunió a profesionales de América Latina y el Caribe, Estados Unidos, Africa, Asia y Oriente Medio gracias a la colaboración del Instituto Nacional de Cultura del Perú, del ICCROM, del PNUD, de la Convención del Patrimonio Mundial de la UNESCO, del ICOMOS y de distintas fundaciones públicas y privadas, tales como la Fundación Ford y el IILA, analizó el tema de la construcción en adobe desde una doble perspectiva, la del patrimonio cultural por un lado y la del desarrollo por el otro.

Este coloquio se centró sobre las distintas técnicas de preservación aplicables a los monumentos de adobe, tomando en cuenta tanto el deterioro natural causado por el paso del tiempo como los estragos debidos a los sismos y otros desastres naturales. Luego de estudiar el carácter del adobe como material de construcción y de analizar sus propiedades físicas, químicas y mecánicas se estudió la conservación estructu-

ral de los edificios construidos con este material. Se explicaron técnicas de evaluación de fallas estructurales, de consolidación de bases y reforzamientos de muros, así como las acciones preventivas que deben tomarse en vista de un sismo.

El tratamiento de las superficies pintadas y decoradas en estructuras de adobe se trató detalladamente, ya que muchos monumentos poseen valiosos ejemplos de pinturas murales.

Se discutió igualmente acerca de la adaptación de edificios de adobe a nuevo uso, y se estudiaron diversos ejemplos y formas de construcción en tierra, así como las actitudes existentes frente a la conservación del adobe.

Finalmente se trató de la protección y conservación de ciudades históricas o conjuntos urbanos edificados con este material.

Estos distintos aspectos fueron tratados por arquitectos, historiadores de arte, químicos, ingenieros estructurales y urbanistas que se congregaron en este simposio.

Se tomó muy en cuenta las características especiales del adobe, material frágil que requiere de técnicas de conservación muy distintas a las que se aplican a otros materiales, tales como la madera o la piedra, por ejemplo.

Este Simposio Curso-Taller es comparable al Curso de Conservación de Madera que se realiza en Noruega, o al de Conservación de la Piedra establecido en Venecia. Muchos países del Tercer Mundo se ven afectados por problemas en la preservación de la madera (sobre todo en regiones tropicales) así como en la conservación de la piedra. Se espera, en un futuro cercano, proyectar estos cursos a países del mundo en desarrollo.

Cabe señalar que los dos eventos anteriores sobre conservación del adobe, los seminarios de Yazd y Ankara, se realizaron en países del Tercer Mundo. Este fue el Tercer Simposio organizado en un país en vías de desarrollo.

La conservación del adobe se ubica dentro del contexto global del desarrollo. Es por ello que se organizaron conferencias paralelas al simposio abiertas

al público, donde se trató el uso del adobe en las viviendas contemporáneas.

Uno de los principales problemas en el mundo de hoy es el del déficit de viviendas. Sabemos que de aquí al año 2000, será necesario construir 500 millones de casas para alojar a los habitantes de los países en vías de desarrollo. Este déficit crece continuamente: en la mayoría de las ciudades del Tercer Mundo, por lo menos 25% de la población (y a veces el 50%) vive en tugurios, "chabolas", "barriadas" o refugios improvisados.

La solución para muchos lugares será la de recurrir al adobe. Para que un material de construcción sirva para el hábitat de los más pobres, para que pueda ser utilizado por ellos mismos, tiene que ser barato, fácil de usar y disponible de inmediato.

El adobe reúne todas estas condiciones. Hoy se habla de tecnologías apropiadas: ya es hora de que los planificadores de la vivienda cesen de *alabar* los materiales tradicionales de construcción y se dispongan a *usarlos*. Es necesario, pues, cambiar las actitudes que existen frente a la vivienda de adobe.

Algunos líderes del Tercer Mundo, como Nyerere e Indira Gandhi, han hablado de estos problemas. Dice Nyerere: "La gente... insiste en esperar por un tejado de hojalata y 'tierra europea', es decir, cemento. Si hemos de progresar... tendremos que superar estos bloqueos mentales... La mayoría de la gente no cuenta con los medios para comprar una casa de cemento. Por consiguiente, si no los ayudamos a construir una casa mejorada a partir de los materiales tradicionales... no habremos hecho nada por ayudarlos a vivir en una casa decente".

Indira Gandhi, en una entrevista concedida a Earthscan en 1980, señaló: "todas las nuevas casas... están hechas para consumir energía. Dan calor en verano y frío en invierno. Pero no así nuestras antiguas casas... Debemos fijarnos un poco en la tecnología antigua. *Hay mucha lógica en lo que la gente ha ido creando durante el transcurso de los años*, de acuerdo con su clima, su medio ambiente, su modo de vida. No se puede conservar todo, porque nuestra forma de vivir ha cambiado, pero sí creo que gran parte de ello se puede adaptar y hacer más eficiente".

Habría que recordar también la figura de Hassan Fathy, el arquitecto egipcio que revalorizó la arquitectura de adobe en su país y construyó un pueblo entero de adobe cerca de Luxor, a pesar de las resistencias y las burlas. En 1980, Fathy obtuvo el Premio Aga Khan de arquitectura islámica y hoy se considera su obra como una contribución significativa a la arquitectura contemporánea. Los experimentos de Fathy deberían dar que pensar a nuestras escuelas de arquitectura.

Se habla hoy día mucho también de "cooperación horizontal". Es cierto que no existe una fórmula sencilla para romper la dependencia tecnológica frente a los países desarrollados, pero creemos que el mundo en desarrollo puede y debe beneficiarse de las tecnologías existentes en países que afrontan problemas parecidos. Un mayor intercambio de información es necesario, y muchos proyectos se podrían encarar en conjunto. En el campo del adobe, esta cooperación "sur-sur" es muy pertinente; el Simposio Curso-Taller realizado en Lima así lo demostró. Eventos de esta naturaleza

za fomentan el intercambio de información tecnológica y llevan a compartir experiencias de conservación que pueden luego ser utilizadas en regiones del mundo donde los problemas son similares.

Con esta publicación aspiramos difundir información acerca del adobe, y crear conciencia de la necesidad de preservar y revalorizar tanto los antiguos monumentos y sitios de tierra sin cocer, como las técnicas adecuadas para la construcción con este material.

En vísperas de la próxima reunión sobre el tema, que tendrá lugar en Senegal en 1986, esperamos que sea útil para quienes trabajan en este campo de la conservación.

*Sylvio Mutal*

Asesor Técnico Principal  
y Coordinador Regional  
Proyecto Regional de Patrimonio  
Cultural PNUD/UNESCO



**Simposio Internacional y Curso-Taller  
sobre Conservación del Adobe**

*Lima - Cusco, 10-22 Septiembre 1983*

**Antecedentes**

El Centro Internacional de Estudios sobre Conservación y Restauración de Bienes Culturales (ICCROM), en estrecha asociación con el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS) y la UNESCO, ha organizado en años pasados varios simposios internacionales relacionados con la conservación del adobe.

Luego de los seminarios celebrados en Irán y Turquía, se realizó un Simposio Internacional en Lima y Cusco, Perú, entre el 10 y el 22 de septiembre de 1983. Este evento tuvo un carácter innovador, ya que se trató a la vez de un Curso-Taller de formación de personal.

El Simposio Curso-Taller formaba parte de la serie de cursos organizados desde 1975 por el Proyecto Regional de Patrimonio Cultural y Desarrollo PNUD/

UNESCO en la ciudad de Cusco sobre la Conservación y Restauración de Monumentos Arquitectónicos y Arqueológicos, así como también de Centros y Sitios Históricos.

El Simposio Curso-Taller contó con más de 80 profesores y participantes provenientes de América Latina y el Caribe, Africa, Oriente Medio, Asia, Europa y Estados Unidos, y recibió el apoyo de la Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural de la UNESCO y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, así como también de organismos especializados, gubernamentales y no gubernamentales, interesados en el tema del patrimonio cultural. El evento fue organizado conjuntamente por el ICCROM y el Proyecto Regional de Patrimonio Cultural y Desarrollo PNUD/UNESCO bajo los auspicios del Instituto Nacional de Cultura del Perú.

Los objetivos principales de la reunión fueron:

— Proveer un seguimiento significativo a anteriores simposios sobre la conservación del adobe, de conformidad con las funciones establecidas del ICCROM.

— Reforzar la activa colaboración del ICCROM en programas descentralizados y conjuntos con el Proyecto Regional de Patrimonio Cultural y Desarrollo en América Latina y el Caribe, a fin de cubrir las necesidades de apoyo constante para la formación de especialistas locales en el campo de la conservación del adobe.

— Estimular un mayor intercambio de información acerca de técnicas de conservación del adobe utilizadas en diferentes lugares del mundo, donde el uso de este material aún constituye una tecnología tradicional y endógena, empleada tanto en la construcción actual como en la conservación de monumentos y sitios históricos.

Este intercambio fortalecerá aún más la cooperación horizontal entre países en vías de desarrollo (CTPD).

La divulgación de los métodos y técnicas apropiados para la preservación del material tierra y de las estructuras de barro fue uno de los fines prioritarios del Simposio que, a su vez, constituyó un foro donde especialistas internacionales de disciplinas relacionadas con este campo, presentaron e intercambiaron ideas e información.

## Desarrollo del evento

La reunión fue inaugurada por el entonces Ministro de Educación del Perú, Sr. Patricio Ricketts, quien se dirigió a los participantes y subrayó la importancia de este simposio. Igualmente tomaron la palabra en la sesión inaugural el Dr. Cevat Erder, Director del ICCROM; el Sr. Sylvio Mutal, Asesor Técnico Principal y Coordinador Regional del Proyecto Regional de Patrimonio Cultural y Desarrollo PNUD/UNESCO; el Sr. Eric Perrin, Representante Residente a.i. del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, así como un representante del Instituto Nacional de Cultura del Perú.

El Simposio Curso-Taller trató por extenso, en clases-conferencias que fueron enriquecidas con documentos de trabajo, temas tales como:

— “Conceptos y actitudes en la conservación: introducción al uso histórico de materiales de barro para construcción”.

— “Uso y técnicas de materiales de barro para construcción en el contexto mundial”.

— “Inventario y encuestas de edificios de adobe”.

— “Carácter del adobe como material de barro para construcción; propiedades físicas, químicas y mecánicas; métodos para la caracterización del adobe: técnicas de preservación”.

— “Conservación estructural de arquitectura en barro, evaluación de fallas estructurales, consolidación de bases, reparación de paredes de barro, reforzamiento de albañilería en adobe, prevención de daños por terremotos, evaluación de daños y restauración”.

— “Superficies pintadas y decoradas en estructuras de adobe: descripción, deterioro y tratamiento”.

— “Adaptación de edificios y monumentos de adobe a nuevos usos”.

— “Protección y conservación de ciudades históricas y/o asentamientos urbanos de barro”.

Los temas discutidos giraron en torno a la historia del adobe y su uso, desde la antigüedad hasta el presente, así como también en torno a los problemas de conservación. Se afirmó que la tierra, que constituye el 74% de la corteza terrestre, ha sido utilizada como material de construcción desde hace más de 10,000 años. A. Stevens (Bélgica) disertó sobre la gran variedad de edificios que se han construido con este material a través de la historia. Restos arqueológicos e históricos de Oriente Medio, Egipto, Irán, Asia Central y Norte y Sud América fueron analizados. Franca Helg (Italia-ILIA) y Cevat Erder (ICCROM) intervinieron también en estos debates.

El uso de la tierra y las técnicas de construcción se analizaron también dentro del contexto latinoamericano. Diversas técnicas regionales, tales como la tierra compactada o comprimida (*tapia* y *tapial*) y la *quincha* o *bahareque* fueron examinadas.

Se subrayó que, antes de proceder a cualquier intervención en un edificio, es necesario estudiar las técnicas utilizadas y evaluar las principales causas de deterioro. Los restauradores deberán conocer las dis-

tintas técnicas de restauración y aplicarlas en una secuencia coherente. Los arquitectos Samanez (Perú) y Reyes (México) mostraron ejemplos específicos de restauraciones practicadas en el Cusco, Perú y en Tlaxcala, México. El Sr. Reyes mostró una cartilla publicada en México y que constituye parte de un programa estatal de ayuda para la autoconstrucción.

A. Crosby (EE.UU.) habló de la importancia de inspeccionar los edificios y estructuras de adobe a fin de determinar las causas de deterioro. Las señales de deterioro, tales como la erosión en la base, erosión superficial, rajaduras, pandeo, deslizamiento y desplazamiento en la coronación del muro deberán examinarse cuidadosamente.

Explicó el ponente que los problemas podrían deberse a la presencia de agua corriente, a vientos fuertes, a una napa freática alta, a una humedad ambiental excesiva o a cargas exteriores. Las diferentes herramientas existentes para detectar estos problemas fueron analizadas; entre ellas, algunas muy sencillas como las plumadas, los niveles y las sondas, así como otras de tecnología más avanzada, entre las que se discutieron los rayos láser y las micro-ondas. Se subrayó, sobre todo, la necesidad de comprender y tener respeto por el material.

Al tratar las características de la tierra en su condición de material de construcción, G. Chiari (ICCRUM) y S. Rojo (Chile) estudiaron sus principales propiedades y explicaron cómo se practica el análisis de la tierra, mediante pruebas que se llevan a cabo tanto en el terreno como en el laboratorio. Los expositores dieron recomendaciones para la estabilización y el mejoramiento de los bloques, y analizaron también las técnicas de fabricación de adobes. Este último aspecto fue tratado en profundidad por A. Alva (ICCRUM), quien presentó un trabajo sobre la fabricación y preservación de adobes.

J. Vargas (Perú) disertó sobre el comportamiento sísmico de las estructuras de adobe. Enfatizó la necesidad de desarrollar programas preventivos, en lugar de tener que practicar —después del sismo— intervenciones de restauración.

T. Rutenbeck (EE.UU.) se ocupó del peligro de colapso estructural y enseñó cómo debe examinarse

una estructura. Analizó los diferentes instrumentos de precisión (indicadores electrónicos) que se usan para medir el hundimiento diferencial, la deflación progresiva, los movimientos geológicos y la inclinación de los muros.

S. Rojo (Chile) ejemplificó los distintos sistemas estructurales usados en construcciones de adobe y mostró algunos ejemplos de restauración practicados en monumentos históricos en Chile.

La conservación de frisos, alto relieves y superficies pintadas en Chan Chan y otros sitios arqueológicos de la cultura Moche en el norte del Perú fue el tema expuesto por R. Morales (Perú), mientras que R. Estabridis (Perú) se ocupó de la historia de las pinturas murales sobre paramentos de adobe que se hallan en el Claustro de San Francisco de Lima.

P. Schwartzbaum (ICCRUM) y S. Lewin (EE.UU.) explicaron la utilización de una solución a base de silicato de etilo como parte del tratamiento para conservar una pintura mural de la época chalcolítica encontrada en Jordania en 1979, y analizaron los efectos a largo plazo de este consolidante sobre el adobe.

R. Samanez (Perú) y F. Helg (Italia-ITALIA) trataron acerca de la manera adecuada de adaptar antiguos edificios a nuevo uso. Destacaron que debe utilizarse en la restauración los mismos materiales que los usados en la construcción original, sin olvidar por ello el reforzamiento estructural del edificio. Ambos especialistas subrayaron la necesidad de renovar los edificios en los centros históricos, adaptándolos a un nuevo uso que sea compatible con las necesidades de la comunidad.

J. Verité (Francia, UNESCO) analizó la “arquitectura vernácula” en oposición a la llamada “arquitectura cultural”; indicó los problemas que surgen en la conservación y previno contra una “actitud nostálgica”.

M. Bouaré, de Mali, y Ashley de Vos, de Sri Lanka, mostraron ejemplos de arquitectura vernácula, en ambos países. Bouaré analizó las distintas técnicas africanas de construcción en tierra, mientras de Vos relató sus experimentos en la consolidación de superficies pintadas sobre paredes de tierra en cuevas-santuarios budistas en Sri Lanka.

La presente publicación incluye una versión abreviada de las principales ponencias expuestas ante el Simposio.<sup>1</sup>

Además de las sesiones regulares del Simposio, se programó una serie de conferencias en las noches, abiertas al público, sobre el uso del adobe en la vivienda contemporánea; en ellas se analizaron distintos proyectos, tanto urbanos como rurales, de diferentes partes del mundo y se discutió acerca de las actitudes de los pobladores frente a la casa de adobe.

Los participantes en el Simposio Curso-Taller reiteraron las conclusiones técnicas de anteriores reuniones organizadas en el último decenio sobre la preservación y el tratamiento del adobe, subrayando aspectos tales como las medidas de protección que deben tomarse durante y después de las excavaciones arqueológicas; el estado de la investigación sobre tratamientos de conservación y mantenimiento; las técnicas apropiadas para la conservación de sitios de barro parcialmente cocido y la protección para centros históricos y viviendas.

Dos exhibiciones fotográficas fueron montadas en las galerías adyacentes a la sala principal de reuniones. "El adobe en América: Su historia, conservación y uso contemporáneo" (realizada por Mario y María Acha, del Proyecto Regional de Patrimonio Cultural y Desarrollo PNUD/UNESCO con el apoyo de la Fundación Ford) mostraba ejemplos de distintas construcciones de adobe en el Nuevo Mundo, mientras que "La arquitectura de adobe" (del Centre Georges Pompidou, Francia) presentaba ejemplos de arquitectura de tierra en todo el mundo.

Los participantes viajaron a Cusco y a Chan Chan, donde pudieron examinar edificios de adobe pre-his-

pánicos y virreinales, y analizar los problemas existentes en las estructuras y superficies. Los métodos de conservación empleados fueron analizados y evaluados en cada caso.

Una visita al laboratorio de estructuras del Programa de Ingeniería Civil de la Universidad Católica dio la oportunidad de conocer los experimentos que llevan a cabo un grupo de especialistas, encabezados por J. Vargas, y que buscan lograr adobes y estructuras sismorresistentes para uso en viviendas populares.

Los miembros del Simposio fueron recibidos en el Palacio de Gobierno por el Presidente del Perú, arquitecto Fernando Belaunde, quien disertó acerca de la historia del adobe en el Perú, así como en el resto del área andina. Más adelante, el Presidente mostró a la concurrencia los distintos proyectos de vivienda que se ejecutan en el área metropolitana.

En Lima y sus alrededores, se realizaron visitas a varios sitios arqueológicos de adobe, tales como el complejo y templo de Pachacamac, la Huaca Juliana y la casa-palacio y museo de Puruchuco.

## Actividades de seguimiento 1984/85

### *Proyectos pilotos*

El Simposio subrayó la necesidad de establecer un proyecto piloto para estudiar los problemas específicos que se presentan en superficies pintadas sobre paramentos de adobe, con miras a mejorar las técnicas de preservación. El Perú, país que cuenta con un rico patrimonio en este campo, fue elegido para el establecimiento de dicho proyecto, que incluirá también la formación de personal competente en este aspecto de la conservación.

Otros proyectos pilotos en estudio incluyen la conservación de edificios de adobe en zonas sísmicas y en regiones afectadas por la contaminación atmosférica y la erosión climática.

Tomando en cuenta las recomendaciones del Simposio, a principios de 1984 el Proyecto Regional de Patrimonio Cultural y Desarrollo PNUD/UNESCO inició los contactos con instituciones especializadas así como con or-

1. Por razones de espacio, no incluimos las siguientes ponencias: Ricardo Estabridis, "Las pinturas murales del claustro mayor de San Francisco el Grande de Lima"; Sergio Rojo, "Características físicas del adobe"; Ricardo Morales, "Pintura Moche: técnica y conservación"; Roberto Samanez Argumedo, "Uso y técnicas de materiales de barro para construcción en el contexto latinoamericano"; Ignacio Gárate, "Comunicación al Simposio sobre el adobe". En cambio, incluimos en su totalidad las ponencias presentadas por Giacomo Chiari y Alejandro Alva, ambos del ICCROM, por considerarlas particularmente útiles para quienes se ocupan de la conservación del adobe.

ganismos de financiamiento a fin de poder desarrollar estos proyectos que se iniciarán durante la segunda mitad de 1984 en Chan Chan.

Con gran satisfacción, los organizadores del Simposio han tomado nota de los trabajos realizados por distintos participantes desde la celebración de éste. Durante los primeros meses de 1984, cincuenta casas de adobe, destinadas a moradores de bajos ingresos, fueron construidas en Lampa, Chile, por la municipalidad local. Sergio Rojo (Chile) uno de los conferencistas en el Simposio, actuó como consultor estructural en este proyecto. En Brasil se ha constituido un grupo de trabajo para analizar las técnicas de conservación del adobe a nivel nacional. Un grupo de jóvenes arquitectos peruanos, acompañados por el pintor F. de Szyszlo, visitaron a Hassan Fathy en Egipto e intercambiaron información acerca de la tecnología del adobe. También se han establecido vínculos de cooperación entre Africa del Norte y Latinoamérica para el intercambio de especialistas en la conservación del adobe.

El Comité de ICOMOS para la Conservación del Adobe proveyó de fondos a ICCROM para hacer posible la publicación de la exposición: "El adobe en América: Su historia, conservación y uso contemporáneo" que fue exhibida por el Proyecto Regional de Patrimonio Cultural y Desarrollo PNUD/UNESCO durante el Simposio. Esta exposición, ahora en forma de libro, ha sido distribuida internacionalmente.

Esta misma exposición ha viajado a Colombia, Brasil y Venezuela en el presente año; en 1985 será mostrada en España. A su vez, la muestra del Centro

Georges Pompidou sobre arquitectura de adobe se ha mostrado en Argentina, Brasil y Venezuela.

La *Crónica* N° 9 del ICCROM dio publicidad al Simposio, relatando en detalle el desarrollo del evento. Las Conclusiones y Recomendaciones del Simposio fueron presentadas a la Asamblea General de ICCROM que tuvo lugar en Roma en mayo de 1984.

### **Lugar y fecha de la próxima reunión**

El Simposio tomó nota, con satisfacción, del ofrecimiento hecho por el representante de la República de Senegal, en el sentido de que un futuro encuentro sobre este tema se realice en ese país a mediados de este decenio para tratar sobre los adelantos en las investigaciones científicas en este campo y su aplicación práctica, así como para llevar a cabo el inventario y estudio de las propias tecnologías endógenas relativas al uso y conservación del adobe y otras construcciones de barro, antiguas o contemporáneas, con el fin de darles un uso adecuado en la sociedad actual.

### **Sesión de clausura**

Las Conclusiones y Recomendaciones presentadas por el Simposio (ver más adelante) fueron leídas y adoptadas en la sesión final que tuvo lugar en la sede del Pacto Andino (Acuerdo de Cartagena) donde el Ministro de Vivienda del Perú, Arq. Javier Velarde Aspíllaga, declaró oficialmente clausurado el Simposio e hizo entrega de certificados de asistencia a los participantes.



Introducción al libro "Estrategia de Negocios"  
de Ignacio Peña Castellanos.  
El autor agradece a Don [Nombre]

Ignacio Peña

Resumen

Este es un resumen de los puntos más importantes de la obra "Estrategia de Negocios" de Ignacio Peña Castellanos. El autor aborda los aspectos más relevantes de la estrategia empresarial, desde la definición de la misión y visión hasta la implementación de planes de acción. Se discuten los factores que influyen en el éxito de una empresa y se ofrecen recomendaciones prácticas para los emprendedores. El texto está estructurado en capítulos que cubren temas como el análisis del entorno, la selección de estrategias y la gestión de recursos.

El autor destaca la importancia de la planificación estratégica y la adaptación a los cambios del mercado. Se enfatiza la necesidad de tener una visión clara y de establecer objetivos realistas. El libro es una herramienta valiosa para cualquier persona interesada en el mundo de los negocios.

Este documento constituye un resumen de los puntos más importantes de la obra "Estrategia de Negocios" de Ignacio Peña Castellanos. El autor aborda los aspectos más relevantes de la estrategia empresarial, desde la definición de la misión y visión hasta la implementación de planes de acción. Se discuten los factores que influyen en el éxito de una empresa y se ofrecen recomendaciones prácticas para los emprendedores. El texto está estructurado en capítulos que cubren temas como el análisis del entorno, la selección de estrategias y la gestión de recursos.

El autor destaca la importancia de la planificación estratégica y la adaptación a los cambios del mercado. Se enfatiza la necesidad de tener una visión clara y de establecer objetivos realistas. El libro es una herramienta valiosa para cualquier persona interesada en el mundo de los negocios.



## Introducción al uso histórico de materiales de barro para construcción. Caso estudiado: Mesopotamia

*André Stevens*

### Resumen

Desde la antigüedad se ha utilizado mucho la tierra cruda —un material que cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre— desde Mesopotamia hasta Egipto. En Europa, Africa y el Medio Oriente, las civilizaciones romanas y musulmanas construyeron con materiales a base de tierra, tal como lo hicieron en el Asia las civilizaciones del valle del Indo, los monjes budistas y los imperios de la China. Durante la Edad Media, aún se usó este material en Europa; los Indios lo utilizaron en Norteamérica, los Toltecas y Aztecas en México y los Mochicas en el Perú.

Durante más de 10,000 años se ha utilizado la tierra para levantar monumentos que evidencian tanto el prestigio como el desarrollo material y espiritual de las comunidades. Los almacenes, zigurats, pirámides, iglesias, mezquitas, monasterios, palacios, stupas, se

construyeron tratando de aprovechar los recursos que presenta este material e idear las formas arquitectónicas más variadas, sin sentirse necesariamente restringidos por su naturaleza, considerada a menudo pobre y débil. Aun el observador más imparcial no podría dejar de conmovirse al leer esta inscripción encontrada en la base de una pirámide en tierra cruda cerca al Cairo: "No me desdeñen cuando me comparen con las pirámides de piedra: estoy tan por encima de ellas como Júpiter lo está por encima de los otros dioses, porque fui construida con ladrillos hechos de barro que salía del fondo del lago".

Este documento, dirigido a un público más amplio, tiene el propósito de llenar un vacío muy evidente en la historia de la arquitectura en general. El tema es tan amplio que forzosamente debemos limitarlo. Por lo tanto, trataremos en especial de los sitios antiguos de Mesopotamia (Súmer, Elam, Akkad, Babilonia,

Asiria) que comprenden 4,000 años de arquitectura monumental de tierra que empieza antes de la invención de la escritura en Súmer.

## 1. Adobe

El adobe tiene una larga prehistoria.

Se usó primero la tierra flexible, rica en arcilla, en cascotes sin formar aún. Esta técnica primitiva apareció por primera vez en el octavo milenio en las construcciones proto-neolíticas de Jericó. Estos "adobes primitivos" tomaron la forma de bolas de arcilla agrupadas alrededor de cerros pequeños o montículos, los que sirvieron de base para construcciones ligeras. Podemos ver en este mismo sitio que la era siguiente ya contaba con ladrillos verdaderos.

En la primera fase (alrededor de 6,800 a.C.) se construyeron casas redondas con adobes crudos, hechos a mano y llamados "adobes arqueados". La base era llana, la parte superior bastante bien redondeada.

En la segunda fase, alrededor de 6,250 a.C., las casas eran rectangulares, sus paredes y pisos cubiertos de una capa gruesa de arcilla purificada, lisa y coloreada. Los adobes toman ahora la forma de un prisma cuadrangular con bordes irregulares. En la superficie, se hallan huellas profundas de los pulgares que servían para reforzar la adhesión del mortero. A éstos los llamaban "adobes con huella de pulgares".

Observamos también el empleo de terrones simples de arcilla, unidos por un mortero de barro mezclado con pasto seco, en las ruinas de la primera "aldeia" neolítica de Hassuna, en Iraq, en el quinto milenio. Hemos encontrado que se ha renovado el empleo de adobes con huellas digitales en la meseta de Irán, en Sialk. Se utilizó ladrillo en los cimientos y pisos, mientras que para las paredes se empleó el barro.

A fines del quinto milenio, apareció al norte de Mesopotamia el adobe moldeado, encajonado a mano en moldes abiertos: En Chagar-Bazar, medían 22 x 20 x 7.5 cm., en Tell Aswad 33 x 33 x 10 cm., en Sialk 30 x 30 x 10 cm.

Antes de 2,800 a.C. el material de construcción común era el ladrillo moldeado, llano y de formas geométricas más o menos regulares, difiriendo sólo en ta-

maño o dimensiones de un sitio a otro.

En Tépé Gawra, a mediados del cuarto milenio, los adobes crudos eran de excelente calidad, y se obtenían con un mortero de tierra y cenizas. Sus dimensiones eran 36 x 18 x 9 cm., 48 x 28 x 10 cm., ó 56 x 28 x 14 cm. Este formato rectangular utilizaba adobes en mitades al mismo tiempo que cuadrados enteros. Esta alternancia de dos formatos de proporciones idénticas, al facilitar la colocación de piedras angulares, garantiza un ajuste más seguro, especialmente la trabazón en los ángulos. Este método ha sido adoptado universalmente y recordado por mucho tiempo. En el templo de Eridú, en el mismo período, los adobes de los cimientos eran de dimensiones más grandes que aquéllos de los muros — 43 x 13 x 7 cm. en oposición a 28 x 23 x 6 cm.

En Uruk, las construcciones más recientes — tales como el templo blanco, construido alrededor de la mitad del cuarto milenio — emplearon un pequeño adobe cuadrado seccionado que variaba de 16 x 6 x 6 cm. a 24 x 10 x 10 cm. (llamado *Riemchen* en alemán). En el período siguiente, la sección fue rectangular, 28 x 14 x 8 a 9 cm. (*Flachziegel*); algunas secciones eran mucho más grandes, con lados de 80 cm. (*Patzen*).

La evolución normal del adobe, que se había estabilizado alrededor de una forma geométrica de proporciones regulares, se interrumpió a comienzos del tercer milenio, al aparecer una forma más primitiva. Este método nuevo es conocido como "plano-convexo" o "adobe lenticular". La parte superior está claramente redondeada y marcada por huellas de los dedos o por ondas formadas por el borde de la mano. Los primeros adobes plano-convexos se encontraron en Tello, en el siglo pasado. Desde entonces, en casi todos los sitios, en Mesopotamia, han coincidido con las ruinas de la era proto-dinástica. No se han encontrado en Mari, donde todavía se construyeron los templos Sargónicos con adobes planos. Los adobes plano-convexos desaparecieron en la época de Sargón de Agadé, alrededor de 2,350. Se ha estudiado con precisión el ajuste especial de estos adobes en los sitios de Diyala. Los adobes plano-convexos a veces se cocían, pero esto se hizo casi exclusivamente para la construcción de fosos, estanques, canales, pavimentos y zócalos.

Encontramos en la era Sargónica que se vuelve a utilizar el adobe plano, con la variante de adobes cuadrados grandes o en mitades. Más recientemente, aparecieron adobes en cuartos, en forma de dovelas, segmentos para esquinas o círculos. Llegamos finalmente al adobe vidriado, colocado en frisos o en vastos paneles como en Babilonia o Susia, que extendían una sinfonía de colores sobre las paredes monótonas.

La arquitectura en Mesopotamia, construida a menudo con ladrillo crudo, necesitaba de gran protección y consolidación. Este doble requisito se cumplió a su vez con innumerables conos de tierra cocida coloreada aplicada sobre arcilla, con zócalos (orthostats) de piedra para reforzar las paredes y gigantescos zócalos (plintos) adornados con bajorrelieves y finalmente con paneles de ladrillo vidriado con color. En el segundo milenio aparecieron grandes paneles de ladrillos vidriados, pero sólo algunos siglos más tarde constituyeron las decoraciones más lujosas en palacios y templos en Asiria, Babilonia y Persia. Hubo entonces verdaderos "cuadros" en ladrillo vidriado, realizados sobre superficies planas de arcilla, y hubo también, en otro estilo, bajorrelieves incoloros en ladrillo. En las columnas de adobe de Uruk, Ur y Tello, en el cuarto milenio y a principios del tercero, se colocaron, en un grupo de hiladas cercanas, conos delgados de tierra cocida, sus bases teñidas de rojo, blanco o negro, con el fin de cubrir por completo las columnas con bandas de color. Su propósito era a la vez decorar y proteger la superficie. En Obeid, columnas en forma de troncos de palmeras enmarcaban la entrada al templo construido en el tercer milenio; su superficie estaba cubierta con láminas triangulares de concha fijadas en asfalto.

Existe una abundante documentación sobre los innumerables usos dados por los mesopotamios al "asfalto sólido" en todas sus formas: podemos decir que su país es el único en el antiguo Cercano Oriente que, a través de su historia, empleó con regularidad este producto en casi todos los campos técnicos. Pero, sobre todo, era utilizado como adhesivo, o cemento; como impermeabilizante, el asfalto ha sido utilizado extensamente a lo largo de siglos. En Ur, al comienzo del segundo milenio, se construyó el mausoleo de Bûr-Sin

con ladrillo y asfalto; su arco no se había movido durante cuatro milenios cuando se redescubrió en 1930. En la época neo-babilónica, a mediados del primer milenio, se usaba todavía para unir capas de ladrillo; se los cubría en capas sucesivas, para "macadamizar", por así decirlo, las rutas procesionales de los dioses y sus fieles de un templo al siguiente. El asfalto se utilizó también en pisos impermeables, pavimentos, techos y divisiones, ya sea de piedra, ladrillo, yeso o madera.

## 2. Construcción

En el Oriente la arquitectura logró los mayores progresos en regiones donde, paradójicamente, los materiales de construcción por excelencia, la piedra y la madera, faltaban casi por completo. El material crudo, cuyo uso casi exclusivo condicionó el desarrollo posterior de construcción al imponerse su forma, proporción y uso, era la tierra aluvial, el sedimento arcilloso depositado en las llanuras de Mesopotamia por el Tigris y el Eufrates.

Sin embargo, la madera y la piedra desempeñaron algún papel en las construcciones de adobe.

El adobe impuso su forma característica en la edificación en Mesopotamia — grandes masas con muros gruesos y algunas ventanas angostas. El adobe es un material que impone al constructor ciertas exigencias. La ornamentación debe ser sobria y formar parte de la construcción. Aquí el muro es definidor: visto desde afuera, el monumento — casa-palacio, templo o zigurat — es una expresión perfecta de su estructura interna. Su estructura expresa su función. Pero el uso de ladrillos — especialmente el ladrillo crudo o adobe, utilizado en grandes proyectos — tiene ciertas desventajas. La construcción debe ser resistente al deterioro y a la presión de los techos arqueados. Los constructores colocaron minuciosamente, contra los riesgos de erosión y filtración, tubos de desagüe, canaletas, camas de paja o caña, juntas de asfalto, abrazaderas en los muros, y así sucesivamente, mostrando un sentido preciso de precaución. En Uruk, las construcciones más antiguas fueron levantadas sobre plataformas de ladrillos colocados en camas de paja y hierba de los pantanos, alternada con capas de arcilla.

Los cimientos se construían con capas de ladrillos —crudos o cocidos— que sobresalían en la parte superior del muro. Estos cimientos formaron a veces zócalos o pedestales genuinos, como en Uruk, para el “templo blanco” del dios Anu, constituido sobre terrazas.

La colocación de adobes plano-convexos fue más compleja. Se colocaron los ladrillos horizontalmente —el lado plano del ladrillo superior puesto sobre el lado convexo del inferior— o en forma de espiga, como en Tello. Las hileras en espiga casi siempre se intercalaron con hileras lisas. Pero el colocar adobes “en espiga” es imposible en los vanos por esta razón, en la entrada de las puertas y ángulos aparecen hileras horizontales macizas de adobes. Estas construcciones más estables, probablemente colocadas previamente servían también como apoyo para la estructura en forma de espiga. Esta manera de colocar los adobes desapareció aun antes de que se utilizara el adobe plano-convexo, alrededor de mediados del tercer milenio.

Los ladrillos, cocidos o simplemente secados al sol, habitualmente se unían con un mortero de arcilla; sólo ocasionalmente con un mortero de cal o de tierra mezclada con cenizas. También se podía poner el ladrillo crudo (adobe) antes de estar completamente seco, sin utilizar mortero. Las capas se adherían unas a otras y formaban un bloque sólido. Para proteger el revestimiento de estos muros, habitualmente se les recubría con tierra mezclada con paja molida o con cal. Desde tiempos antiguos, ya existían estas cubiertas en el interior y a menudo se pulían con cuidado y se coloreaban, como en Jericó, Hassuna y Sialk.

Se resolvió rápidamente y en diferentes formas el delicado problema de la cubierta. El techo plano en forma de terraza, sobre vigas transversales cubiertas por esteras o ramas que sostenían una capa de tierra apisonada, era la solución más común y fácil. El techo a dos vigas con tejas se encontró en Hassuna todavía en el quinto milenio. Los *tholoi* de Arpachiyah, en Tépé Gawra, estaban cubiertos probablemente por una cúpula de barro. Los bajorrelieves del palacio de Asurbanipal, en Nínive, algunas veces representan la imagen de una ciudad cuyas casas estaban coronadas por una cúpula achatada semi-esférica, o por cúpulas elevadas, exactamente como aquéllas que se ven en la

actualidad en las aldeas sirias, en las regiones de Hama y Alepo.

Las tumbas de las primeras dinastías en Ur tenían arcos voladizos (cantilever) un procedimiento que no requiere plafón o sofito y que no produce tensión. La bóveda verdadera, o arco de medio punto, hecha con ladrillos que van adelgazándose ligeramente y que ejercen presión lateral, probablemente se utilizó por primera vez en Mesopotamia. El geógrafo griego Estrabón comprendió muy bien que la bóveda se originó en este país “debido a la escasez de madera”. Con un sofito en semi-círculo, o ligeramente alargado, su construcción se basó en secciones verticales colocadas —desde las primeras secciones— en declive, a fin de fortalecer la unión de los ladrillos. (Esto se conoce en francés como *voute en tranches* o en secciones inclinadas verticalmente). El palacio de Sargón (octavo siglo a.C.), en Khorsabad, ha conservado ejemplos admirables de estas bóvedas. Ya conocemos el arco de medio punto auténtico o “arco clavado”, utilizado para cubrir pasillos y puertas. Durante la primera mitad del tercer milenio, en Ur, Tello, Khafadjé y Tell Asmar aparecieron los más antiguos ejemplos de bóvedas. Sólo los pequeños arcos de medio punto han podido sobrevivir para nuestro estudio. Las excavaciones en Tchaga Zambil en Susania demuestran, en el siglo 8 a.C., una maestría extraordinaria del arco ensamblado. El uso del ladrillo, por otra parte, de extensión limitada, exigió a los arquitectos construir en forma rectangular en superficies limitadas. Las superficies más grandes se encontraron en las ruinas del palacio de Sargón, en Khorsabad, donde existían habitaciones hasta de 32 m. de largo por 8 m. de ancho.

### 3. Arquitectura

El arte de edificar surgió en el momento en que los hombres abandonaron los refugios naturales o artificiales para establecerse en un lugar. Los comienzos de la arquitectura están ligados a otros avances — domesticación de animales, desarrollo de técnicas agrícolas, tejido, cerámica, etc. y, sobre todo a la aparición de viviendas colectivas, primero en aldeas, luego en ciudades. Esta modificación se vio favorecida por los

cambios climáticos que pusieron fin al último período glacial, desde 8,500 hasta 8,000 a.C., especialmente en el Asia Occidental, donde los cereales ya crecían en forma silvestre, y donde las vacas, ovejas, cabras y cerdos vagaban en libertad. Sea que hablemos del sitio primitivo de Jericó, o de las aldeas de Jarmo o Muallafat en el Kurdistán Iraquí, las primeras estructuras, las primeras casas, evidenciaban la misma fase cultural. (Las primeras casas que siguen un plano regular se hallaron en Tell es Sawwan, dentro de un recinto fortificado, el primero conocido en Mesopotamia).

Hacia fines del período Tell Halaf, apareció el material que iba a desempeñar un rol importante en la arquitectura oriental —el ladrillo. Parecería que se usó antes en la meseta Iraní de Sialk que en los sitios hallados en las llanuras. Primero se utilizó para cimientos y pavimentos, mientras que para las paredes se continuó empleando el barro cubierto con una capa gruesa de tierra y paja machacada (*torchis*), todo luego cubierto con pintura ocre rojizo.

Con el uso generalizado del ladrillo, se le dio un nuevo ímpetu a la construcción que durante el período de El Obeid se convirtió en una arquitectura verdaderamente monumental. Ahora, el ladrillo impuso la forma y las proporciones en una edificación. En el sur, todavía pantanoso pero drenado progresivamente y colonizado, se edificaron, al lado de las cabañas de caña, edificios de ladrillo en Erides, Ur y Uruk; en ellos podemos ver el prototipo de la arquitectura futura de todo el Oriente.

En Eridú, 13 templos superpuestos indican una adaptación progresiva de un programa. El templo del nivel 7 —el mejor conservado— nos muestra el modelo de una edificación que se extendió por todo el Cercano Oriente. El plano es casi rectangular, las paredes divisorias internas subrayan la triple agrupación interna. La entrada se ha expandido y ocupa toda la parte de atrás. El recinto central está flanqueado por dos alas divididas en múltiples habitaciones que responden a las complejidades del ritual. Con Eridú, estamos en posición de hablar, por primera vez en la historia de la arquitectura, de una arquitectura sagrada.

En el lejano norte encontramos en Tépé Gawra (en el nivel 13) un templo idéntico en concepción. En

esta época encontramos también un elemento de decoración que quedará como uno de los rasgos más característicos de la arquitectura en Mesopotamia: en el exterior y algunas veces en el interior, como en Tépé Gawra, se intercalan largos muros de adobe con una alternancia regular de elementos salientes simples o compuestos que, a veces, forman nichos profundos que rompen la monotonía de la superficie.

En Uruk encontramos los monumentos más representativos de estas nuevas tendencias: construcciones a gran escala, santuarios levantados sobre terrazas artificiales. En Uruk se erigieron ocho templos sucesivos en un terraplén que medía originalmente 9 m. de altura. La plataforma se levantó al mismo tiempo que las nuevas estructuras se construían sobre las ruinas de las anteriores. Finalmente, la enorme terraza estaba revestida de una masa de adobes crudos formando una pared inclinada, decorada con elementos salientes. Encontramos otros templos sobre terrazas en Uquair, y también mucho más al norte, en Tell Brak en el valle de Khabur. De estos santuarios construidos sobre una plataforma deriva una estructura similar, el zigurat, que es una especie de torre con gradas. Los vestigios arquitectónicos de los zigurats sólo aparecen con certeza a fines del tercer milenio.

Las innovaciones principales están relacionadas con el “templo” y su complejo. En Khafadjé las sucesivas etapas de la construcción del santuario muestran la integración de un patio con la construcción misma. El patio se transformó poco a poco en uno de los componentes esenciales del nuevo templo. El santuario fue relegado a la parte posterior de la superficie al aire libre, la que pronto estuvo rodeada por múltiples cuartos contiguos. La arquitectura religiosa se volvió progresivamente más compleja. El patio era ahora una parte integrante del templo, en el cual estaba encerrado. Los cuartos contiguos formaban parte de este bloque que en el exterior tendía hacia formas geométricas simples — ovalada en Khafadjé, cuadrada en Tell Agrab, rectangular en otros lugares. El templo se convirtió en “Casa de Dios” y, a veces, resulta difícil diferenciarlo de una casa privada.

Un ejemplo de arquitectura civil en tiempos de Uruk es la “casa redonda” de Tépé Gawra (cuarto mi-

lenio), una verdadera torrecilla o torreón colocado al centro de la torre fortificada construida en un lugar elevado mirando hacia la llanura. Aun el plano solo, evoca el poderío de esta construcción circular (19 m. de diámetro): los muros, de un metro de grosor, están contruidos con adobes crudos macizos (50-56 x 26-28 x 10 m.). Los palacios reales fueron edificados según planos iguales a los de las casas meridionales; la parte principal de la casa construida alrededor de un patio central. Por la simple yuxtaposición de unidades, llegamos al gran conjunto en el cual cada parte se desarrolla orgánicamente en función de su fin. Los palacios de Mari y Kish (2,700 a.C.) constituyeron un ejemplo excepcional de este tipo de edificación.

La edad de oro de la arquitectura en el antiguo Cercano Oriente fue el fin del tercer milenio. Sus logros más significativos fueron sin duda las famosas edificaciones conocidas por el nombre babilónico de zigurat. Con forma de torre escalonada, generalmente eran templos dedicados al dios principal de la ciudad, pero todavía se nos escapa su significado simbólico exacto. La construcción de estas enormes terrazas sobrepuestas planteó problemas muy grandes a los arquitectos de Sumer, problemas de peso, presiones, ajuste, consolidación, filtración de agua, acceso... El ladrillo crudo, el único material a su disposición, sólo aumentó las dificultades. La atención que ellos pusieron en la colocación de las bases de los cimientos, uniéndolas con asfalto, la incorporación de esteras de caña, de vigas que formaban abrazaderas en el interior de las masas sólidas, la abundancia de alcantarillas, de canaletas — todo ello indica que estaban conscientes de las dificultades existentes. El zigurat de Kurigalzu (aprox. 1,350 a.C.), situado no lejos de Bagdad, presenta aún hoy día un núcleo central impresionante, y revela su estructura original (altura aprox. 57 m.).

Al comienzo del segundo milenio, la arquitectura de Mesopotamia ya contaba con los principios y medios que permanecieron constantes en los siglos siguientes. Hallamos zigurats y templos sumerios en Asiria (Assur, Nimrud, Nínive, Khorsabad), en Elam, y en la Babilonia de Nabucodonosor. Los reyes guerreros de Assur, interesados en lo colosal, transformaron las ciudades y palacios (el palacio de Assurnasirpal II en Nim-

rud, o de Sennacherib en Nínive) en ciudadelas erizadas de torres y cercos. Pero las leyes y métodos de construcción prácticamente no variaron. Después de haber florecido durante más de 2,500 años, las civilizaciones de Mesopotamia cayeron en un olvido casi total.

## Notas

### 1. *Epocas Culturales en Mesopotamia*

#### *Periodos proto-históricos*

Hassuna — primera mitad del 6º milenio  
Samarra — a mediados del 6º milenio  
Halaf — desde 5,500 hasta 5,000 a.C.  
Eridú — desde 5,000 hasta 4,500 a.C.  
Obeid — desde 4,500 hasta 3,500 a.C.  
Uruk — desde 3,500 hasta 3,100 a.C.  
Djemet-Nasr — desde 3,100 hasta 2,900 a.C.

Alrededor de 3,200 a.C. los sumerios, quienes recién se habían establecido en Mesopotamia, inventaron la escritura. Durante 2,500 años, la escritura cuneiforme mantuvo su carácter silábico y logográfico con casi 7,000 caracteres. Sólo en la época persa (5º siglo a.C.) esta escritura llegó a ser alfabética, con 41 caracteres.

#### *Periodos históricos*

Epocas de las antiguas dinastías — desde 2,900 a 2,340 a.C.  
El Imperio Agada — desde 2,340 hasta 2,150 a.C.  
El Renacimiento Sumerio — desde 2,150 hasta 2,000 a.C.  
La primera dinastía babilónica — desde 2,000 hasta 1,595 a.C.  
Los Kasitas — desde 1,595 hasta 1,155 a.C.  
El Imperio Asirio — desde 1,100 hasta 612 a.C.

En 539 a.C., al conquistar Babilonia, los persas fueron recibidos como los libertadores de un pueblo sometido a los reyes de Siria y Babilonia.

### 2. *Construcción*

*Los ladrillos en forma de L* colocados en los ángulos de ciertas estructuras han sido hallados en si-

tios como Mari y Larsa, y ladrillos redondeados, de forma triangular, se han encontrado en los soportes circulares instalados en el zigurat de Tchoga Zambil.

*Patzen*: un tipo de ladrillo (80 x 40 x 16 cm.) utilizado en terrazas y zigurats.

*Riemchen*: ladrillos que miden 20 x 9 x 9 cm., utilizados en la época de Uruk II-IV (3,200-2,900 a.C.).

*Ladrillos plano-convexos* o lenticulares 2,900-2,400 a.C.

*Caña*: Su resistencia al deterioro y a la podredumbre fue útil para lograr solidez en la masa de ladrillos: se utilizó para esteras, se insertó entre hileras de ladrillos con el fin de prevenir el desprendimiento de la masa. También se utilizó para distribuir mejor el peso y para rectificar los soportes.

## Bibliografía

C. Baudez, P. Reichlen, J. Bottéro, M.J. Steve, J. Vercouter, L. Hambis (et autres); *Dictionnaire archéologique des techniques* (Editions de l'accueil, Paris 1963 et 1964).

J.L. Godivier (et autres); *Atlas d'architecture mondiale* (Editions Stock, Paris 78).

J.J. Norwich (et autres); *Le grand livre de l'architecture mondiale* (Elsevier Séquoia, Paris/Bruxelles 76).

*Wonders of the Past* (Sir J.A. Hammerton, the Amalgamated press limited, The Fleetway House, London 1930?).

J. Dethier; *Des architectures de terre* (CCI, Centre G. Pongpidou, Paris 81).

J. Vérité, E. Galdieri (et autres); *Rapport sur le 3ème colloque international sur la conservation de l'adobe*, Ankara 80.

Ruth Whitehouse; *The First Cities* (Phaidon, Oxford 77).

Paul Lampl; *Cities and Planning in the Ancient Near East* (George Braziller, New-York 68).

P. Amiet; *L'art antique du Proche-Orient* (Mazenod, Paris 77).

G. Bunnens, A. Finet, M. Lebeau, A. Stevens, P. Talon (et autres); *Les fouilles belges du Tell Kannas en Syrie* (Musée de Mariemont, 83).

J. Margueron (et autres); *Emar: un royaume sur l'Euphrate* (Réunion des Musées Nationaux, Paris 82).

S.N. Kramer; *L'histoire commence à Sumer* (Arthaud, Paris 75).

K. Khasai; *De Sumer à Babylone* (Crédit communal; Bruxelles 83).

*Sumer, Assur, Babylone* (Neue Galerie, Sammlung Ludwig, Aix-la-chapelle 79).

E. Strommenger; *Habuba Kabira* (V.P. Von Zabern, Mainz am Rhein 80).

O. Aurenche; *Dictionnaire illustré multilingue de l'architecture du Proche-Orient ancien* (Maison de l'Orient méditerranéen, Lyon 77).

M. Petit (et autres); *Histoire générale des peuples, de l'antiquité à nos jours* (Librairie Larousse, Paris 1925).

G. Roux; *Le mystère de Sumer* (Revue 'L'histoire', Paris, mai 82).

J.C. Perpère; *Les cités du déluge* (France-Empire, Paris 79).

Agatha Christie; *Meurtre en Mésopotamie* (Club des masques, Paris 67).

## André STEVENS/Bibliografía

*Les Palais Royaux d'Abomey* (Rapports techniques publiés par l'UNESCO en 78 et 79; N° FMR/CC/CH/78/107 et FMR/CC/CH/79/103).

Sauvegarde des palais royaux d'Abomey au Bénin (Rapport du 3ème colloque international sur la conservation de l'adobe, Ankara 1980).

*Aménagement du parc archéologique de Babylone, avec application au temple d'Ishtar* (Rapport du colloque international sur la conservation, la réhabilitation et le recyclage, Québec, Univ. Laval, 1981).

Idem (*Akkadica*, périodique de la Fondation Assyriologique G. Dossin, Bruxelles mars/avril 1980).

*Earth Building in China* (*Architectural Journal of China*, Pékin N° 11, 81).

*Les Temples sumériens du Tell Kannàs, et, Aménagement des sites culturels en terre crue* (Lorsque la Royauté descendit du ciel, ou les fouilles belges du Tell Kannàs en Syrie, Mariemont et Louvain-la-neuve 1982).

*Le Devenir des sites culturels dans l'espace méditerranéen* (Perspectives méditerranéennes, Fondation postuniversitaire inter-culturelle, Paris décembre 1982).

*Monuments et sites de l'oasis de Turfan sur la route de la Soie* (Monumentum, York 1983).

*Case Study China; Earth Construction Technologies Appropriate to Developing Countries* (Rapport HABITAT et K. Université Leuven à paraître).

Publications de *photographies* dans les revues ou catalogues: *Le Courrier de l'Unesco*, *Monumentum*, *Des Architectures de Terre*, *Akkadica*, *Architectural Journal of China*, *La revue de la céramique et du verre*, *Plus ou moins zéro*, *Vlaanderen Erfsgoed*, *Le Soir*, *Lorsque la royauté descendit du ciel*, etc.



## Conservación y utilización de los centros históricos y de los monumentos

*Franca Helg*

Limito mi contribución en este simposio a la problemática de la conservación y la utilización de los centros históricos y de los monumentos.

Lo construido, las ciudades, los asentamientos aislados, la campiña —cultivada o contemplada— son testimonios de la historia del hombre y, en la incertidumbre de nuestra existencia cotidiana, este testimonio de los siglos contribuye significativamente a la voluntad de vivir y hacer.

De hecho, en la continuidad de la tradición se fundan las propias raíces y la conciencia de los valores universales y de aquéllos específicos de la estirpe.

Sin embargo, en momentos de especial perturbación, estos valores no siempre se sienten o se toman en cuenta.

Tal es el caso de lo sucedido en Italia, luego de las grandes destrucciones causadas por la guerra; tal es también lo sucedido en el Perú después del terremoto.

La necesidad vital de “salir” del desastre no dejaba tiempo para la reflexión. Había que construir, y construir en condiciones de escasez de medios: estaba en el aire la necesidad de renovar, de hacer a como dé lugar y con el máximo beneficio inmediato. Así, al desastre bélico, al desastre telúrico se añadió el desastre de una reconstrucción apurada, no planificada, implantada según conceptos miopes de especulación o economía.

En los centros de las ciudades golpeadas por la guerra, en las zonas devastadas por las bombas, se reconstruyó sin prestar atención alguna a las tipologías existentes y a la morfología de la ciudad, sin respeto por la volumetría del contexto, sin preocupación porque lo nuevo se insertara armónicamente en el conjunto preexistente.

En las montañas devastadas por los terremotos y los desastres naturales se reconstruyó también sin norma y sin carácter.

Mientras que las ciudades antiguas eran un elemento de cohesión, las nuevas ciudades se transformaron en un elemento de alienación.

En Europa, y más específicamente en Italia, el “boom” económico de los años 50-60 produjo grandes estragos en todas nuestras ciudades de la costa, en los lugares turísticos más apreciados.

La autocrítica acerca de estas realizaciones y la vena historicista característica de nuestro momento cultural han generado un movimiento de revisión muy importante y articulado de manera compleja.

Fuentes autorizadas, tanto desde el punto de vista crítico como del de toma de decisiones, han afirmado lo siguiente:

1. Es necesario conservar todo cuanto sea conservable.
2. El monumento, aunque sea de calidad sobresaliente, pierde parte de su sentido si no está inserto en su propio contexto. Este contexto debe conservar su carácter y ser un verdadero “libro de historia”.
3. La ciudad, el conglomerado urbano, son un bien común y, como tal, deben ser utilizados y disfrutados por toda la comunidad.

De estas afirmaciones lúcidas se pasa a “slogans” más esquemáticos. Entre los más difundidos está aquél que habla de la “reapropiación” de la ciudad por parte de los sectores menos favorecidos, sectores que la ciudad capitalista tiende a marginar y a expulsar hacia la periferia.

La batalla acerca de esta concepción fue muy eficaz y contribuyó:

- a. A crear opinión pública acerca de temas sobre los que el hombre de la calle había perdido la costumbre de ocuparse.
- b. A incitar a las fuerzas políticas y al poder legislativo a detener la especulación.

Esta fue una importante operación cultural y política que volvió a proponer al mundo la necesidad de salvar, de manera global, los centros históricos.

... Y todo el mundo habló de Bolonia, de Ferrara, de Venecia. Pero, en realidad, en Bolonia, Ferrara, Venecia se realizó poquísimos de lo que podía esperarse. Este fracaso parcial de la fase operativa se debe atribuir —en mi opinión— a tres causas:

1. La deficiencia de los instrumentos legislativos y administrativos que no consentían la intervención de la gestión pública.
2. La imprecisión de los planes de intervención, lo que retrasó la ejecución.
3. La equívoca voluntad de reconstruir (o revitalizar o restaurar) “como antes y en la misma ubicación”, sin considerar que las cosas cambian cada día.

Las técnicas de construcción, materiales, mano de obra, las nuevas costumbres, la calidad actual de la vida, el tamaño siempre mayor de la ciudad, el número y la calificación de sus usuarios — todo requiere de nuevas soluciones y nuevas intervenciones; a la vez, sabemos también que es necesario mantener una continuidad con nuestro pasado próximo y menos próximo, y revalorar los vestigios de las civilizaciones que nos han precedido.

Un filósofo italiano del siglo XVI, Giordano Bruno, consideraba la cultura de la última civilización como la suma de la cultura y de la experiencia de nuestros antepasados, a la cual se añaden todos los progresos contemporáneos.

En efecto, hoy día el objeto de nuestra atención y de nuestro interés no es sólo el monumento, insigne por su valor histórico o significativo por su mérito artístico, sino la totalidad del contexto — aún más: no se puede pensar en integrar monumento y contexto sin adecuarlos a las necesidades de la vida actual, pues tampoco es correcto, desde el punto de vista del progreso cultural, renunciar a la expresión del lenguaje contemporáneo.

Las ciudades antiguas —como dice el escritor italiano Leonardo Sciascia: “las ciudades en las que el pasado del hombre está en cada piedra”— están estratificadas por aportes sucesivos y su significado y su mensaje se hallan precisamente en la riqueza de estas estratificaciones múltiples. Nuestra contribución debe entrar también en la historia y el carácter del contexto.

El problema es cómo intervenir —y cada vez será distinto— caso por caso y situación por situación. No obstante, será siempre necesario encontrar una función adecuada al edificio, que pueda desarrollarse sin dañarlo, pero que a la vez garantice su vitalidad: si

no se vive intensamente, un centro histórico se convierte, en pocos años, en una ruina.

Es posible que haya que realizar adaptaciones especiales, necesarias para la nueva función; a menudo se requerirá dotar al edificio de equipamiento e instalaciones contemporáneas.

A mi modo de ver, toda intervención —además de ser, siempre que sea posible, reversible— debe llevarse a cabo según el hacer contemporáneo y, además, siempre con mano ligera y respeto por el carácter y la naturaleza de lo preexistente. Deberá prestarse la mayor atención y respeto a la volumetría, a la altura, a la conformación de los espacios. En un conjunto histórico, insertar un edificio alto destruye el conjunto mismo, mientras que esto no sucede si en el tejido histórico se insertan edificios de la misma escala que los del entorno, aun cuando éstos se construyan siguiendo la norma moderna.

La experiencia realizada en Bolonia, de completar los “vacíos” del conjunto medieval y de resanar las casas urbanas imitando servilmente las formas medievales con materiales y técnicas actuales, me parece una gran ingenuidad: por ejemplo, los aleros del techo son sostenidos por vigas de hormigón armado, parecidas a las que antes fueron de madera. El efecto es el de una imitación, sin otro valor que el de una burda escenografía.

Las ventanas vuelven a proponer las formas antiguas, pero para mejorar, según criterios actuales, las condiciones higiénicas de ventilación y asoleamiento, han sido agrandadas: las proporciones han cambiado y el conjunto resulta descaradamente falso. Con la voluntad laudable de mantener el carácter del conjunto se ha cometido el error de pensar que los modos y estilos pasados pueden ser repetidos y rehechos sin más. Esto es una falsedad estilística que convierte esta reconstrucción en algo empalagoso y privado de valor.

La municipalidad de Bolonia muy lúcidamente estudió, indagó y comprendió la morfología de la ciudad y la interdependencia existente entre la tipología residencial y la civil. De este estudio deberían haber resultado propuestas para complementar el tejido antiguo de la ciudad con volúmenes que respetaran el entorno, que se insertaran armónicamente y cuidadosamente en la ar-

quitectura preexistente pero expresadas con “lenguaje arquitectónico” y tecnología actuales.

El completar las partes faltantes o el restaurar edificios turgurizados debe hacerse con una sensibilidad atenta a los valores cromáticos y a los materiales antiguos, pero, a la vez, con conocimientos de los materiales modernos que pueden añadirse a aquéllos, ya sea por afinidad o por contraste, para lograr un buen nivel de expresividad.

Podría continuar con otros ejemplos, pero dado el carácter de esta reunión, quisiera terminar mi intervención refiriendo las consideraciones antes expresadas específicamente a la arquitectura de tierra sin cocer.

Se ha dicho que el adobe constituye un material pobre: no me parece que pueda aceptarse una definición tan limitante si tenemos en cuenta el largo período temporal y la amplia distribución geográfica en la que se desarrollaron la técnica y la tradición del adobe. Hay arquitecturas pobres y arquitecturas nobles: no es sólo la calidad del material, sino la proporción y el carácter lo que da solemnidad a la arquitectura.

En el Perú, como en Marruecos, en Afganistán o en Arabia Saudita, hay edificios y complejos de gran solemnidad y riqueza de sugestión construidos en adobe; a menudo también en torno a estos complejos imponentes hay (o hubo, desgraciadamente) un tejido de edificios menores, tal vez pobres, que sin embargo, constituyen un contexto cargado de vitalidad que potencia el valor y significado del complejo mayor.

En muchos países, el afán de “modernizar” sin criterio, por seguir los cambios en las costumbres y la tecnología, y un deseo incontrolado de aumentar las rentas inmobiliarias han tenido como resultado que los “monumentos” se vean rodeados de edificios anodinos de vidrio reluciente o de materiales plásticos, que disuenan entre ellos por su volumetría y proporción y, sobre todo, con el monumento.

En el centro tradicional de Riyad, en el altiplano Najdí de Arabia Saudita, hoy no queda casi nada de la antigua ciudad rosada y rica en fascinación de la que hablaban los viajeros de comienzos de siglo; se trataba de una ciudad enteramente construida en tierra sin cocer, siguiendo tipologías y morfologías arquitectónicas perfectamente acordes con las condiciones

climáticas y el modo de vida. Esta ciudad resistió hasta el advenimiento del "boom" del petróleo; hoy sin embargo en el centro de Riyad sólo se ha salvado de la destrucción "renovadora" el Masmak.

Nuestra oficina se ocupó de su restauración. Fue necesario indagar *in situ*, en base a poquísimos documentos existentes y por analogía con edificios similares, cómo y cuáles eran las formas primigenias; cuáles añadidos eran racionales y cuáles engañosos; se realizó una investigación (con la colaboración del Prof. Giacomo Chiari, de Turín) acerca de cómo dar mayor resistencia químico-física al material de tierra sin cocer. Entonces se procedió a una restauración usando métodos tradicionales, gracias a que se pudo recurrir a lo que todavía sobrevivía: la mano de obra de beduinos expertos en el uso del adobe y material adecuado para la fabricación de éste.

La restauración se completó dotando al edificio —con materiales contemporáneos, naturalmente— de las necesarias instalaciones eléctricas e hidro-sanitarias.

Toda la restauración, incluidas las instalaciones, tenía como fin, siguiendo directivas del Ministro de la Cultura de Arabia Saudita, el establecimiento de un Museo Histórico.

El trabajo de restauración, a nuestro parecer, resultó satisfactorio; nos lamentamos, sí, de que esta "casa-fortaleza" esté ahora circundada por una ciudad sin carácter propio, cosa que reduce el valor del edificio y lo hace aparecer como anacrónico, hasta el punto de hacernos reflexionar sobre lo artificioso que resulta la conservación tan limitada de un vestigio del pasado.

Esta fue una verdadera ocasión perdida: existía un plano regulador —elaborado por el arquitecto Doxiadis, que seguía un ya superado esquematismo racionalista— pero faltó un "plano-programa" para la restauración de la ciudad en su conjunto; para adecuar las viejas casas de barro y completar, inclusive con modalidades y técnicas contemporáneas, aquellas partes de la ciudad ya destruidas, reintegro que debe siempre realizarse con atención y respeto por la volumetría, por la densidad del tejido preexistente, de modo que las nuevas construcciones estén siempre en relación armónica con su alrededor.

Aun en el cuadro general establecido por la Car-

ta de Venecia, las modalidades de restauración se diferencian según se trate de restos o ruinas, de monumentos de especial valor histórico y artístico, de contextos con características más modestas: es obvio que los principios generales han de interpretarse con el sano criterio del "caso por caso".

Debe existir el respeto por la "tradición" y tradición significa conciencia colectiva de la continuidad entre presente y pasado; significa una continua integración entre valores habituales de ética y de cultura de todo tiempo; significa una suerte de reconocimiento colectivo de los valores culturales permanentes; pero, contemporáneamente, hay que "actualizar" también la tradición según los criterios, ideología y oportunidades de nuestros días.

En ciertas condiciones de economía y productividad, en determinadas latitudes geográficas con climas de amplia variación térmica, en presencia de materiales adecuados, etc., puede ser razonable proponer todavía y nuevamente la antigua construcción de tierra: el adobe, su técnica constructiva, sus características formales, su correspondencia con condiciones y modos de vida específicos del país, es un elemento importante de continuidad de la tradición y de búsqueda de una expresión de la identidad étnica. De otro lado, los estilos y las tipologías deben evolucionar según modos congruentes con nuestra época.

Los trabajos deben realizarse tomando en cuenta estos dos polos: el respeto y la interpretación de la tradición y la necesidad de adecuarse a la calidad de la vida actual. El problema requiere de tres soluciones: mantener vivas las técnicas en los artesanos que sepan construir en adobe; continuar la investigación de técnicas de consolidación que reduzcan el costo del mantenimiento del adobe a través del tiempo, y emprender estudios y elaborar propuestas para introducir en las construcciones de técnica tan antigua los elementos tecnológicos indispensables para la civilización contemporánea, como son las instalaciones eléctricas, de agua y desagüe y de climatización.

Creo que es necesario tomar en cuenta las diversas exigencias, estudiando soluciones que no perjudiquen el carácter solemne y al mismo tiempo elemental del adobe, y que dejen aparecer la autonomía del diseño de las obras actuales.

# Caracterización del adobe como material de construcción. Técnicas de preservación

Giacomo Chiari

## Introducción

El estudio del adobe como material de construcción con fines de conservación es relativamente reciente en relación a otros aspectos de la conservación. Durante las últimas décadas se ha trabajado al respecto pero aún necesitamos métodos de prueba *standard* para la caracterización de las propiedades físico-químicas apropiadas, tanto para el suelo que se utilizará para fabricar nuevos adobes como para los adobes de edificios históricos. (Clifton, Brown y Robins (1) contribuyeron sustancialmente en esta dirección y en esta revisión nos referimos ampliamente a su trabajo). Son muy necesarios también los procedimientos normativos para evaluar la efectividad de las intervenciones de protección (desde el tratamiento de la superficie hasta las reparaciones estructurales), para no mencionar las técnicas de conservación en sí.

El análisis de suelo para adobes o ladrillos puede tener varios aspectos, y de acuerdo a ellos, deberán seleccionarse procedimientos diferentes. Un estudio completo tendiente a determinar las causas del deterioro del adobe implica evidentemente mucho más trabajo que una investigación para establecer si un suelo determinado se adapta para producir buenos adobes, compatibles con aquellos de una pared histórica dañada.

Resulta una tarea difícil realizar una completa caracterización química, mecánica y mineralógica del suelo, puesto que aparte del *humus*, la mezcla de componentes minerales de la tierra es, en general, muy rica. La mineralogía de minerales arcillosos es en sí bastante compleja. Sin embargo, ciertos procedimientos simplificados de análisis y ensayos podrían ser de utilidad al determinar las propiedades más importantes del adobe, especialmente en lo referente a su conser-

vación y en el presente trabajo serán descritos brevemente.

Intentaremos hacer una revisión de las causas del deterioro en diferentes condiciones climáticas y tipologías de construcción, junto con algunas sugerencias para posibles intervenciones de conservación. Muchas de las técnicas aplicadas con este fin están aún en estado experimental y algunas veces existe controversia. Procuraremos efectuar una evaluación crítica, con la esperanza de que surgirá una discusión provechosa. Debe tenerse en cuenta que aún no se ha encontrado una solución final al problema de la conservación del adobe, y se puede dudar seriamente de que alguna vez se encuentre una receta para fijar de una vez por todas el estado de una estructura en barro. Todo lo que podemos esperar es encontrar vías que retarden de una manera aceptable el proceso de deterioro del adobe, que es muy rápido.

## 1. Clasificación del suelo en términos de tamaño de las partículas

La distribución de los tamaños de las partículas en un adobe es una información muy importante relacionada con las características de comportamiento del material y su duración. El *análisis granulométrico* no es muy complicado y no requiere de equipo de laboratorio sofisticado. Por lo tanto, debería ser uno de los primeros en realizarse para la caracterización del adobe. Para nuestros fines, la curva de distribución del tamaño de las partículas se divide normalmente en cuatro secciones:

Grava: diámetro de partículas mayor que 2 mm.

Arena: diámetro de partículas entre 0.02 (20 micrones) y 2 mm.

Limo: diámetro de partículas entre 2 y 20 micrones.

Arcilla: diámetro de partículas menor que 2 micrones.

Se considera a la grava y arena como material de relleno. Normalmente se trata de minerales bastante resistentes al desgaste, tales como cuarzo, feldespato, mica, carbonato de calcio, etc. Cada partícula tiene buenas propiedades mecánicas pero no hay coherencia entre las diferentes partículas. Los elementos de cohesión son la arcilla y hasta cierto punto el limo. Las

partículas de arcilla, especialmente en forma floculada, se adhieren bien unas a otras y a la arena, dándole firmeza al adobe. Al aumentar el contenido de agua, la arcilla, como veremos, tiende a volverse más plástica y a cambiar de volumen. Al contrario, la excesiva contracción tras el secado de arcilla pura origina grietas. Para obtener un buen adobe el compromiso óptimo entre el relleno y el aglutinante es entre 60 y 80 por ciento arena, 20 a 40 por ciento limo y arcilla, y poco o nada de grava (1).

### 1.1 *Minerales arcillosos*

Al ser el agente aglutinante del adobe, la parte de arcilla es particularmente importante. Las arcillas son minerales metamórficos formados por el desgaste atmosférico de muchos tipos de rocas. Las arcillas deben clasificarse químicamente como hidratos de silicato de aluminio; algunas contienen sodio, potasio y calcio como componentes mayores; en otras, el hierro y el manganeso pueden sustituir en la estructura al aluminio y silicio.

Desde el punto de vista estructural, una gran parte de la arcilla es amorfa o muestra un mínimo grado de cristalización. Cuando la arcilla es cristalina, presenta una estructura de capas: la capa de sílice está reforzada por tetraédros que contienen Si al centro y oxígeno o grupos oxidrilos (OH) en las esquinas. Se puede unir estas capas en diversas combinaciones, puede aceptar cationes positivos intersticiales (para compensar la falta de carga positiva debido a la sustitución de hierro-aluminio), y agua, creando así las varias familias de arcilla (e.g. caolín, illita, montmorillonita, clorita). El agua puede penetrar entre las capas de sílice y aluminio formando una red con enlaces de hidrógeno y rodeando los cationes intersticiales. Esto hace que la arcilla en presencia del agua tenga mayor plasticidad debido a que las capas pueden deslizarse fácilmente una sobre otra; si se añade más agua, las plaquetas, rodeadas por completo, se dispersarán, quedando libremente en suspensión. Una pequeña cantidad de agua aumenta el volumen en la dirección ortogonal a las capas, con la correspondiente contracción después del secado. Esto sucede en grado dife-

rente de acuerdo al tipo de arcilla. El caolín, por ejemplo, no se expande debido a que el agua no puede penetrar entre las capas (2), (3). De otro lado, la montmorillonita de sodio puede aumentar la distancia ortogonal a los planos a las capas de 9.6 a 21.4 Å. Las otras familias de arcilla muestran un comportamiento intermedio con el agua.

Generalmente se acepta que, para los propósitos de la conservación, no es necesaria la identificación exacta del tipo de arcilla, con la única excepción tal vez de la montmorillonita de sodio, la cual por sus propiedades de enorme expansión-contracción, deberá evitarse al fabricar nuevos adobes, para eliminar grietas.

## **2. Tipos de análisis existentes para el adobe y evaluación crítica de la información obtenible**

### **2.1 *Granulometría o análisis de distribución por tamaños***

Es necesario recalcar la importancia de seleccionar un ejemplo bastante representativo del adobe que se someterá a consideración.

Siempre se debe utilizar adobes de buena calidad, sólidos y hay que evitar material polvoriento o bloques muy dañados. Posiblemente algunas muestras localizadas en diversos puntos de la estructura de adobe deberán ser analizadas y los resultados comparados. La masa de la muestra a tomarse dependerá del tamaño de las partículas mayores presentes; pero para los adobes históricos, se encontró que era adecuada una muestra de la masa entre 150 y 300 gr. (1).

El procedimiento detallado para el análisis de distribución por tamaño se presenta en (1). En el presente trabajo se da un breve bosquejo. La separación en el caso de la arena y grava se obtiene por tamizado mientras que la separación de las fracciones de arcilla y limo se obtiene por sedimentación de las partículas.

Primero se determina el contenido de humedad al pesar la muestra antes y después del secado en un horno a 105°C (porcentaje basado en el peso seco). El material molido se sumerge en una solución de hexa-

metafosfato de sodio en agua destilada y se le deja reposar durante una noche a fin de facilitar la dispersión de las partículas de arcilla. Con un filtro N° 8 ó 10 se puede remover las partículas mayores y las ramas, simplificando en esta forma la mezcla mecánica. El resto de la parte orgánica, menos densa que el agua, flota sobre la superficie y puede removerse con pinzas, y se pesa y guarda para un análisis posterior.

Para reducir al mínimo la obstrucción de los cedazos más finos es aconsejable llevar a cabo una separación parcial de la porción arcilla-limo por agitación magnética, seguida de una dispersión en una columna de agua de 8-10 cm. de altura, sedimentación por un período prescrito de tiempo y separación por efecto sifón de la suspensión arcilla-limo (repetir 3 ó 4 veces). Un normógrafo desarrollado por Tanner y Jakson (4), en el cual el tiempo de sedimentación en cm/segundos se registra en función del diámetro de la partícula en micrones para diferentes temperaturas, permite determinar el tiempo de sedimentación apropiado.

Se puede utilizar una serie de tamices para separar el material más grueso (ver (1) para un número detallado de la correlación de tamaño de la abertura del tamiz). El material obtenido de cada tamizado en la columna se enjuaga, se seca y se pesa. La parte que va a través del tamiz N° 400 (38 micrones de tamaño) contiene una fracción de arcilla-limo de menos de 20 micrones que debería fraccionarse por sedimentación y añadirse a la parte ya separada. Puesto que el contenido de arcilla se calcula como diferencia entre el peso total de la muestra y los pesos combinados de limo, arena, grava y material orgánico, toda pérdida de material que pueda ocurrir durante el proceso será calculada como arcilla. Por lo tanto, es muy importante evitar que las partículas queden atrapadas en el tamiz, cepillando el cedazo invertido con una escobilla con fibras duras. También, debería restarse de la cantidad total de arcilla la cantidad de sales solubles determinadas, como se describe en la siguiente sección.

La separación arcilla-limo sigue el mismo principio de sedimentación, sólo con tiempos de deposición diferentes, y más prolongados. Debido a que para partículas de arcilla de 2 micrones el tiempo de deposición en una columna de 10 cm. de altura es de 8 ho-

ras y 20 minutos a 18°C (tal como puede ser deducido del normógrafo), se requiere de algunos días para separar debidamente la arcilla del limo. Esto es sólo necesario si se proyecta una identificación posterior de minerales arcillosos (en este caso debería secarse a 60°C la fracción de arcilla para evitar una posible deshidratación irreversible).

El análisis granulométrico es útil para establecer y, si fuera necesario, corregir la proporción entre el relleno y los elementos de cohesión en el suelo seleccionado para la manufactura de nuevos adobes, para evitar grietas (demasiada arcilla) o disgregación (demasiada arena). Durante este curso se presentarán "trucos" alternativos más simples para lograr el mismo propósito.

## 2.2 *Análisis de sales solubles*

El adobe puede contener, a menudo, grandes cantidades de sales solubles, que puedan afectar su durabilidad por la formación de una corteza, eflorescencias, tensión debido a la cristalización, higroscopicidad. Dado el gran tamaño de los poros del adobe, estos efectos generalmente son menos dramáticos que para la piedra (5). La determinación de la cantidad y composición de las sales solubles es, de todas formas, un dato de significativo interés. El procedimiento consiste sencillamente en dispersar en agua destilada una muestra seca de peso conocido y recolectar lo filtrado (puede servir de ayuda un filtro de aspiración Buchner). Esto debe repetirse 4 veces para asegurar un lavado completo. Lo filtrado se evapora sin hervir, se seca en un horno y luego se pesa el residuo.

Se puede efectuar un análisis químico elemental con una serie de técnicas. Los datos cuantitativos así obtenidos pueden estar relacionados con la determinación de la fase mineral llevada a cabo por la difracción de rayos X y descrita a continuación.

## 2.3 *Análisis de difracción por rayos X: el método del polvo*

Permite la etapa de identificación de la fase del material cristalino (semi-cuantitativo), pero requiere

de equipo complejo y de analistas adiestrados.

Fundamento teórico: el ángulo bajo el cual un haz de rayos X de una determinada longitud de onda es difractado está relacionado con la distancia entre los planos  $d$  del plano cristalográfico difractante. Estas distancias dependen de las dimensiones y geometría de la célula unitaria; la intensidad de la difracción está relacionada con el tipo y orden de los átomos dentro del cristal. El uso de polvo finamente molido como muestra permite todas las orientaciones posibles de los cristales de una cierta fase, determinada con respecto al haz incidente, y producirá conos de difracción de una intensidad y abertura angular específica, la que puede ser detectada por un difractómetro (equipado con un contador proporcional) o una película fotográfica. Los manuales tales como el *Powder Diffraction File* (6) simplifican la comparación del espectro obtenido con aquellos tabulados en la literatura.

Si la muestra en estudio consta de un solo componente, su identificación es simple y directa. La tarea es más compleja si existe un agregado en polvo de diversos compuestos en porcentajes diferentes, pues ello produce líneas de difracción todas superpuestas. Para mezclas de arcilla, que tienen células unitarias similares, pueden utilizarse técnicas especiales tales como la glicolación o doble análisis después de tratamientos específicos (ver (1) y las referencias a este respecto y también (3)). Afortunadamente para nuestros propósitos, el grupo de las montmorillonitas, que es importante identificar debido a su propiedad de incrementar el volumen, presenta una línea definida correspondiente a 15Å. Es un espaciamiento que permite una fácil identificación, aun en la presencia de otras arcillas.

En el caso de las sales solubles, ya que uno puede adivinar su tipo y por lo tanto simplemente verificar su presencia hasta en una muestra compleja, este método es de gran utilidad. Se puede establecer por ejemplo si el calcio está presente como cloruro (higroscópico) o como sulfato (el cual no es higroscópico) y por lo tanto si es un yeso o anhidrita, etc.

Otra aplicación de utilidad, aparte de la completa identificación de los componentes mineralógicos, es una comparación superficial y cualitativa entre el espectro de un adobe histórico y la tierra con la cual

se proyecta fabricar nuevos adobes para reparaciones. Un analista experimentado puede evaluar a primera vista las semejanzas o diferencias más evidentes.

## 2.4 Determinación del pH

El pH es una medida del grado de acidez de una solución de agua. Es por definición el recíproco del logaritmo de la concentración de iones de hidrógeno. En agua destilada (neutral) la concentración de  $H^+$  es igual a  $1/10^7$ , correspondiente a  $pH = 7$ . Un pH de 2, por ejemplo, indica una fuerte solución ácida, mientras que pH de 13 corresponde a una fuerte solución básica.

La medición del pH para el adobe puede ser útil porque las soluciones ácidas (de bajo pH) facilitan la floculación de los minerales arcillosos de las suspensiones, mientras que un alto pH tiende a la formación de una suspensión estable de arcilla (7).

Existen sugerencias (1) de que el pH de materiales de reparación debería estar entre  $\pm 2$  unidades del pH del adobe original.

La medición del pH es muy simple. Existen instrumentos de medición del pH portátiles a baterías. Las tiras de papel de color con indicadores del pH pueden funcionar igualmente bien en trabajos de campo.

## 2.5 Evaluación del color

La evaluación del color del adobe en forma estandarizada es útil, especialmente cuando se trata de hacer reparaciones con nuevos adobes. Existen las tablas de color de la tierra Munsell desde hace mucho tiempo, que permiten la adaptación de colores con 196 diferentes plaquitas de colores *standard*, ordenados de acuerdo a tres variables: *Hue*, *Value* y *Chroma*. La notación de *Hue* indica su relación con el rojo, amarillo, verde, azul y morado y está simbolizada por letras. La notación de *Value* indica la claridad del color y *Chroma* su intensidad; ambos están simbolizados por números.

El uso de este procedimiento *standard* y su notación permite a los diferentes investigadores revisar las variaciones de color producidas en momentos diferentes.

## 2.6 Microscopía electrónica y óptica

El equipo más simple que no requiere habilidad especial del operador es el microscopio binocular con luz reflejada. Este permite la visión tridimensional, estereoscópica, de los detalles finos. La muestra de adobe puede ser una superficie fracturada, rociada posiblemente con acrílico incoloro, o una sección pulida después de una impregnación con resina epóxica. El aumento que se puede obtener es hasta 100 X, a pesar de que en estos niveles la profundidad del campo es muy limitada y resulta difícil obtener imágenes claras debido a problemas de foco. Pero aun los aumentos inferiores pueden dar bastante información útil sobre la microfabricación del adobe, tal como: vacíos, fisuras y dimensiones de los poros y distribución, posible cristalización de sales solubles dentro de las cavidades, dimensiones de las partículas, presencia de paja o, aun más importante, huellas de paja mucho tiempo después de su descomposición. Considero este examen óptico como parte esencial de la investigación del adobe.

El siguiente nivel de la técnica microscópica es la observación de secciones finas (30 micrones) con el microscopio petrográfico en luz polarizada transmitida. Esto lleva a la determinación mineralógica de la fase de los cristales existentes, a través de sus índices de refracción medidos por comparación con series *standard* de aceites de índices conocidos. El inconveniente es que existen ciertas dificultades en preparar una sección fina de adobe, y el analista deberá ser un petrógrafo con experiencia. De otro lado, se obtiene información valiosa, especialmente en caso de no ser accesible la difracción por rayos X.

El tercer nivel más sofisticado de la microscopía es el microscopio electrónico de exploración (SEM), el cual usa un haz fino de electrones focalizados acelerados directamente sobre la muestra (que normalmente es metalizada para ser conductora y mantenida al vacío) y que se mueve lentamente en líneas regulares (exploración). Los electrones secundarios, emitidos por la muestra en cada punto, son recolectados y la imagen del objeto es construida por los dispositivos electrónicos. La ventaja del SEM consiste en la posibilidad de obtener imágenes agudas hasta de 150,000 X

debido a la gran profundidad del campo. Para el adobe, una ampliación de 20 X hasta 2000 X es más que suficiente. Cuando está equipado con una microsonda para obtener análisis químicos cuantitativos del detalle fino que se está examinando, resulta un instrumento muy útil.

En vista de la versatilidad de sus aplicaciones, muchas universidades están equipadas ahora con el SEM.

### 3. Causas del deterioro del adobe

#### 3.1 Agua

Por una vez, en la ciencia, la respuesta más simple y obvia a un problema es la correcta: por lejos, el mayor daño a las estructuras de adobe es atribuible al agua, especialmente cuando es abundante y en forma líquida (lluvia, charcos de agua). Como hemos visto, las partículas de arcilla en contacto con una cantidad creciente de agua, incrementan primero su volumen; luego se vuelven más sueltas (mayor plasticidad) y eventualmente se dispersan en una suspensión de agua. Al ser la arcilla el agente adhesivo del adobe, este efecto es obviamente perjudicial. La arcilla húmeda se vuelve impermeable al agua y el exceso de agua de lluvia que cae sobre su superficie, arrastra materia en suspensión, excava canales que son erosionados aún más rápidamente ya que están expuestos a una mayor concentración de agua. La resistencia a la compresión y a la tracción del adobe está influida por el contenido de humedad hasta en un 200 por ciento (10). Por lo tanto, particularmente las bases de los muros que tienen que soportar todo el peso, una vez que se han impregnado con agua, tienden a derrumbarse. Este efecto es particularmente evidente cuando, debido a la lluvia y al drenaje insuficiente, o al aumento del nivel de la napa freática, se forman charcos de agua superficial. En muchos casos, uno puede ver los arcos formados al derrumbarse la parte inferior del muro. Luego sigue con rapidez el colapso completo.

Al secar, la arcilla tiende a contraerse, dando origen a fisuras. Pueden aparecer costras debido a

una especie de sedimentación natural: primero se depositan las partículas más gruesas, que forman una capa de un material muy poco adhesivo, y las partículas más finas, que demoran más en sedimentarse, constituyen las capas superiores de arcilla casi pura que se contrae seriamente debido a la exfoliación.

Como un aspecto marginal del desplazamiento de la arcilla, se produce un cambio de color a tonos más claros, debido a que las plaquetas en las superficies verticales se depositan ahora con su plano de clivaje paralelo (en vez de ortogonal) a la superficie del muro, lo que causa una mayor reflexión de la luz.

Finalmente, el movimiento del agua (en forma líquida) de la parte interior a la superficie del muro durante la evaporación, puede transportar sales disueltas que se cristalizan en la superficie (causando eflorescencias blancas, a menudo higroscópicas) o, aún más peligroso, inmediatamente debajo de ella (depende de la rapidez de evaporización), causando desprendimiento de la costra por su incremento de volumen.

Cabe señalar que aun en aquellos países áridos con muy poca lluvia, el peligro de ésta no debe subestimarse. Generalmente, de hecho, la lluvia se limita a caídas torrenciales cortas, las que, por su violencia, causan más daño que una lluvia prolongada pero débil. La lluvia torrencial puede actuar sobre partes ya debilitadas, p.e. la base de los muros, por efecto de salpicadura, sometiéndolo así a la acción de gotas que vienen de distintas direcciones.

En conclusión, la lluvia sola, con sus efectos macroscópicos, es responsable de la mayor parte de los daños causados a las estructuras de adobe.

*La humedad capilar*, es otra acción del agua menos severa pero no insignificante. Aun cuando no produce charcos de agua, puede producir eflorescencia de sales. Estas están limitadas a la parte más baja del muro (40 a 60 cm.) puesto que la capilaridad no es un efecto mayor en el adobe, debido al gran tamaño de los poros. Ellas afectan, sin embargo, una parte de los muros que es particularmente débil.

*La condensación en la superficie*, con contracciones y expansiones cíclicas, puede causar microfisuras, costras o ayudar al desprendimiento de las costras formadas.

### 3.2 Terremotos

En las regiones sísmicas, los terremotos pueden ser aun más desastrosos que el agua. Es muy poco lo que se puede hacer para prevenir los efectos de dichas catástrofes naturales en los monumentos históricos de adobe. En las nuevas casas de adobe, los bloques reforzados y un mejor diseño pueden aumentar considerablemente la resistencia a vibraciones.

### 3.3 Sol

La irradiación no afecta al adobe en forma directa. En combinación con el agua puede producir fisuras y costras al contribuir a la rápida evaporación. En climas cálidos, si el sol cae de repente en partes de los muros que se encuentran a la sombra, puede tener lugar un choque térmico (cambios en la temperatura hasta de 40°C en media hora).

El desprendimiento de las costras puede atribuirse a la dilatación térmica diferente entre la superficie y las capas internas, causada tanto por el gradiente térmico como por los coeficientes de diferente expansión térmica de las diversas capas. Estos efectos se deben tener en cuenta al aplicar tratamientos de consolidación superficial, de tal modo que el coeficiente de dilatación térmica de la parte tratada esté lo más cerca posible del coeficiente de dilatación térmica de la parte original no tratada.

### 3.4 Viento

Puede causar el desprendimiento de las partes sueltas o ser responsable del desgaste, especialmente si transporta arena. El viento puede causar daño indirecto al transportar gotitas de agua de mar (aerosoles marítimos) que causan incrustaciones de sales higroscópicas después de la evaporación. El viento también puede aumentar la rapidez de evaporación de la superficie de una pared húmeda a tal punto que no se pueden formar en la superficie películas de agua líquida. La evaporación se realiza inmediatamente debajo de la superficie, en los poros; el efecto destructor de la cristalización de la sal es mucho mayor al crearse alvéolos por la pérdida de material. La velocidad del

viento se ve aumentada en los alvéolos por remolinos de aire, que dan lugar a lo que se llama erosión eólica o alveolar (2).

### 3.5 Sales solubles

A pesar de que la migración interna de sales solubles no afecta al adobe tan seriamente como a la piedra o a la mampostería, debido al gran tamaño de los poros del adobe, puede causar problemas. Acabamos de ver el papel que juega la cristalización de la sal en la erosión alveolar. Si la evaporación puede llevarse a cabo en la superficie, se forma una eflorescencia de sal, blanca normalmente. Estas sales, más bien higroscópicas, ayudan a retener la humedad, y producen formación de costras.

### 3.6 Biodegradación: plantas y animales

No sólo las algas o líquenes sino también las plantas superiores pueden crecer en las estructuras de adobe, si es que existe humedad. La hierba es común en las áreas lluviosas. En climas más áridos, algunas hojas de *xerophiliae* en la superficie, pueden tener varios metros de largas raíces que, al buscar agua, causan grandes fisuras en los muros. Una vez podridas, dejan huecos en los que se filtrará el agua.

La vida animal puede causar daños también: los pájaros construyen sus nidos en los muros de adobe; en las regiones andinas una clase de avispa cava numerosos huecos pequeños para su nido.

### 3.7 El hombre

La intervención humana directa es algunas veces responsable de la pérdida de los monumentos históricos de adobe al igual que los de otro tipo. Las guerras son enormes catástrofes que, desafortunadamente, están fuera de nuestro control; las urbanizaciones modernas, las represas que inundan regiones enteras, aunque con buenas intenciones, pueden causar la destrucción de ciudades enteras de adobe. La presencia de gran cantidad de visitantes puede ser muy dañina, y, si se abre un monumento al público en general, deben tomarse medidas especiales para asegurar la protección de la estructura. La excavación ilegal o el sim-

ple vandalismo pueden dañar sitios arqueológicos importantes. Finalmente, la falta de mantenimiento es perjudicial.

#### **4. Posibles intervenciones con fines de conservación**

Estas tienden a reducir la rapidez de los procesos de deterioro al eliminar las causas de la alteración y/o al tratar detalles que actúan como catalizadores de deterioro. Nunca se enfatiza suficientemente el hecho de que ninguna "solución final" está o estará disponible para el problema de la conservación del adobe. Esto es cierto para todos los materiales pero particularmente con el adobe, cuyas características débiles siempre han sido contrarrestadas con el mantenimiento regular y la reconstrucción. El hecho de que los conservadores modernos no pueden actuar obviamente con la misma libertad al reconstruir las partes dañadas de los edificios históricos, significa simplemente que, a largo plazo, están condenados. Todo lo que podemos esperar es aumentar su expectativa de vida. Con este fin se han propuesto algunas técnicas, que vamos a revisar.

##### **4.1 Entierro completo e inmediato**

Esta es una medida un poco drástica, que se aplica a las excavaciones arqueológicas que están debajo del nivel de la tierra. Es necesaria si se tiene que preservar para el futuro alguna evidencia documental. Se puede colocar primero una capa de arena libre de sal para facilitar la reexcavación. Mucho daño puede producirse en los sitios no excavados completamente, durante el lapso que va de una excavación a otra. Este es un asunto muy serio, puesto que las partes afectadas semi-excavadas no han sido documentadas todavía. Por lo tanto, siempre deberán construirse elementos de protección temporal. Podrían ser muy simples y baratos: las esteras de caña o paja cubiertas con barro han demostrado ser eficaces.

Más difícil, pero necesario, es obtener un eficiente sistema de drenaje debido a la imposibilidad de cavar huecos o canales en aquellas partes donde aún

no se ha excavado. Tal vez deberá considerarse este problema cuando se traza el plan de excavación.

##### **4.2 Protección total contra los agentes del intemperismo**

En muchos casos se ha aplicado los sistemas de cobertizo y techado para proteger los sitios arqueológicos. Se ha comprobado que son efectivos cuando la acción directa de la lluvia es la única causa del daño. En presencia de aerosoles marinos un cobertizo facilita la condensación, causando daño posterior (p.e. Chan Chan, Perú).

Deberán evitarse los cercados completos con materiales transparentes (vidrio, paneles de plástico) debido a que se produce un microclima totalmente diferente y un efecto de invernadero. En cada caso particular, un proyecto de techado deberá ser cuidadosamente estudiado para evitar resultados que podrían ser desagradables desde el punto de vista estético.

##### **4.3 Protección parcial**

En general, las estructuras de adobe descubiertas por la excavación arqueológica son incompletas: les falta el techo que originalmente era una protección esencial.

Las estructuras de adobe pueden resistir al efecto de la lluvia sólo si existe un refuerzo completo de la superficie, sin partes débiles sin tratar. Esto se puede obtener con una serie de medidas.

##### **4.4 Reparaciones mediante el uso de adobes reforzados y/o suelo-cemento**

Si una parte del muro está dañada, es mejor sacar los adobes deteriorados y sustituirlos por nuevos.

Se harán reparaciones estructurales preferentemente con adobes o pedazos de ellos, si la fisura no es lo suficientemente grande como para colocar un adobe entero. Debe evitarse los rellenos de barro o suelo-cemento debido a que, después de una contracción, se desprenden con facilidad. Por mi experiencia, he comprobado que si se añade una mínima cantidad de cemento pórtland (menos del 10 por ciento en peso)

se mejora bastante la resistencia al agua de los nuevos bloques.

Si la pared presenta una sección bastante regular en el coronamiento, se puede hacer un *capping* con una hilada de adobes reforzados. Si la superficie es irregular, se puede aplicar un *capping* de suelo-cemento (iguales proporciones) de unos 3 a 5 cm. de espesor.

Es mejor colocar una capa, dejarla secar y resquebrajar, y aplicar luego una segunda capa, utilizando una pasta que contenga menor cantidad de agua. El *capping* debe estar bien comprimido y tiene que secar lentamente (es mejor cubrirlo con esteras de paja húmedas durante los primeros días) y, lo más importante, su forma tendrá que ser convexa, para evitar la formación de charcos de agua o canales. Es preferible que el *capping* sobresalga unos centímetros con respecto a las superficies verticales. Es necesario revisar y rellenar las fisuras que puedan aparecer mientras se coloca el *capping* o después, en vista de que si el agua penetra en la protección, destruiría con facilidad el material original no tratado que se encuentra debajo de ésta.

Los *cappings* tienen la evidente desventaja de que impiden que se vea la parte original. Las sobrecapas de suelo-cemento, si no se ejecutan debidamente, pueden ser también muy feas. Puesto que el material nuevo también se deteriora, es necesario tomar medidas para identificarlo como material moderno; los adobes pueden marcarse con la fecha, por ejemplo, o se puede insertar trocitos de vidrio.

#### 4.5 ¿Deberá reforzarse los adobes nuevos de algún modo?

Existe una vieja discusión al respecto. Mucha gente cree que deben efectuarse las reparaciones con materiales estrictamente tradicionales. Es también cierto que, muchas veces, especialmente si hay adobes nuevos en los muros, no es necesario reforzarlos. Desde el punto de vista técnico, debería evitarse las reparaciones efectuadas con un material mucho más resistente que el original. En realidad, el deterioro continuaría en la superficie de conexión y a expensas de la

parte original. De otra parte, si se expone el material nuevo a la lluvia (p.e. en el caso del *capping*) y sus propiedades mecánicas no son demasiado diferentes del original, creo que el contar con material que tenga una mayor resistencia al agua es una gran ventaja.

#### 4.6 Sistema de drenaje

Debería proyectarse en todo caso un sistema de drenaje apropiado. Algunas veces, debido a la irregularidad de los sitios excavados, puede resultar una tarea difícil. Pero si se espera fuertes lluvias, el drenaje es tan importante que otros aspectos menos importantes deberían ser sacrificados, en caso necesario.

#### 4.7 Tratamientos de las superficies

Un tratamiento efectivo de la superficie debe tener las siguientes características: debe hacer a la superficie de barro resistente al agua. Esto significa que las partículas de enlucido no podrán desprenderse por la acción del agua.

No es necesaria una acción hidrófuga, en el sentido de dar a la superficie impermeabilidad al agua. En efecto, puede tener resultados negativos cuando en el muro existe agua que procede de otras fuentes. En general, es una ventaja si la superficie puede mantener su porosidad original y por lo tanto "respirar" y dejar que la humedad interna se evapore.

Las propiedades físico-químicas de la superficie tratada deben ser tan parecidas como sea posible a aquéllas de la parte no tratada. El color, al igual que la textura, no debe cambiar mucho por obvias razones estéticas. Por ejemplo, no es aceptable una superficie que quede brillante después del tratamiento.

Igualmente, la dureza y el coeficiente de dilatación térmica no deben ser muy diferentes. En particular, si el comportamiento hacia el cambio térmico es muy diferente, la parte tratada se soltaría después de un tiempo corto, se crearía una brecha entre las superficies tratadas y las superficies no tratadas y toda la protección se derrumbaría enseguida.

En lo que concierne a la penetración, las ideas aún no son muy claras. Obviamente, la impregnación

completa sería más efectiva, pero en la mayoría de casos no puede realizarse técnicamente. Por lo tanto, siempre queda un punto débil, representado por la conexión entre las superficies tratadas y las no tratadas. Las fuerzas que mantienen juntos estos estratos son aún más débiles que el adobe en sí, y si el agua puede infiltrarse por debajo del tratamiento, su efecto puede ser dañino, en especial si la conexión entre las dos partes es una superficie plana.

Por todas estas razones se ha demostrado que no son efectivos aquellos tratamientos químicos que resultan en la formación de películas de materiales muy diferentes al adobe.

Si la parte tratada es similar al adobe original, pueden bastar uno o dos centímetros de penetración, siempre que la superficie de conexión sea irregular, para obtener una buena adherencia.

El tratamiento debe ser, en lo posible, de fácil aplicación, aun por personas que no hayan sido especialmente adiestradas, no dañino y no excesivamente caro, dada la posibilidad de tener que aplicarlo sobre superficies muy grandes.

Finalmente, el tratamiento debe ser reversible, o por lo menos, dado que la reversibilidad completa en términos prácticos se alcanza raramente, no debe impedir la posibilidad de efectuar tratamientos futuros, de cualquier naturaleza que ellos puedan ser.

El material que hasta el momento parece reunir la mayor parte de estos requisitos previos es el silicato de etilo. Después de la impregnación y la hidrólisis, la parte alcohólica de éste se evapora, dejando una red tridimensional de tetraédros de sílice que constituyen una serie de puentes entre las partículas de arcilla, evitando que éstos se suelten cuando entran en contacto con el agua. El hecho de que todo lo que queda del éster de sílice en el muro es una estructura que presenta características minerales, asegura que el tratamiento permanece estable con el tiempo, en el sentido de que no dará lugar a otras reacciones químicas. Las características físico-químicas del adobe (color, porosidad, comportamiento térmico) casi no cambian y solamente la resistencia al agua se incrementa en alto grado. Pruebas de laboratorio (11) mostraron que después de 24 ciclos de impregnación con agua por

inmersión seguidos de secado completo en el horno a 110°C, las muestras tratadas perdieron solamente 2 por ciento de peso, mientras que las muestras no tratadas del mismo material se desintegraron completamente durante el segundo ciclo.

La penetración del silicato de etilo en las paredes es grande y varía de acuerdo a la porosidad de la superficie, obteniendo un plano de contacto irregular con la parte no tratada y un gradiente de la cantidad de sílice que permanece en el lugar. Esta es una gran ventaja en el sentido de que no se forma una costra rígidamente delimitada de la pared interna, y por ello las posibilidades de desprendimiento se reducen en gran medida.

Las desventajas del silicato de etilo son que no posee propiedades "pegantes". Si la pared ya está deteriorada en forma de pedazos desprendidos unos de otros, el tratamiento con silicato de etilo no los unirá, sino simplemente consolidará cada pieza por separado. Lo mismo es cierto para aquellas paredes que tienen una costra ya formada y casi desprendida. Si se puede permitir que se pierdan uno o dos centímetros de la superficie de la pared, entonces debe desprenderse la costra para obtener una superficie sólida antes del tratamiento. Si no, como en el caso de frisos o pinturas, una técnica combinada puede aplicarse que comprende la consolidación con silicato de etilo seguida por el pegamento de las piezas juntas utilizando inyecciones de acetato de polivinilo o productos similares en el muro (12), (13). Las fisuras preexistentes y los pequeños huecos pueden servir de guía para las inyecciones. La resina sintética que, si se rocía sobre la superficie, causaría la formación de una película fácilmente desprendible y cuya composición química cambiaría con el tiempo debido a la exposición a la luz, funciona en cambio muy bien dentro de la pared.

El silicato de etilo puede aplicarse rociándolo simplemente.

## Conclusiones

En conclusión, yo desearía recalcar algunos puntos:

Para la caracterización del adobe no siempre

los análisis más sofisticados son los que ofrecen la información más valiosa.

Entre las causas de la alteración, la lluvia y los posibles terremotos son los más peligrosos (y también los más obvios).

Sin un mantenimiento constante y cuidadoso, no existe la esperanza de lograr que una estructura de adobe resista al intemperismo.

En caso de excavaciones arqueológicas, la intervención de preservación debería efectuarse tan pronto como sea posible, el caso ideal sería que el personal de conservación trabaje junto con el arqueólogo durante la campaña.

Los tratamientos de superficie, aunque eficientes en algunas condiciones especiales, no pueden hasta ahora, y probablemente nunca podrán, garantizar la salvaguardia de las estructuras de adobe.

## Referencias

1. CLIFTON J.R., BROWN P.W., ROBBINS C.R.  
*Methods for Characterizing Adobe Building Materials*.  
National Bureau of Standards – Technical Note 977, (1978).
2. TORRACA G.  
*Porous Building Materials – Material Science for Architectural Conservation*.  
ICCROM – (1982).
3. BROWN G.  
*The X-Ray Identification and Crystal Structures of Clay Minerals*.  
Mineralogical Society – London (1961).

4. TANNER AND JACKSON M.L.  
*Soil Science Society Proceedings* No. 12, (1947).
5. BRUNO A., CHIARI G., TROSSARELLI C., BULTINK G.  
*Contribution to the Study of Preservation of Mud-Brick Structures*.  
Mesopotamia III-IV, (1968-69).
6. JCPDS – International Centre for Diffraction Data.  
*Powder Diffraction File SMH29*. (Inorganic Phases). (1981).
7. MITCHELL J.K.  
*Fundamentals of Soil Behaviour*.  
John Wiley & Sons, Inc., New York, (1976).
8. TORRACA G., CHIARI G., GULLINI G.  
*Report on Mud-Brick Preservation*.  
Mesopotamia VII, (1972).
9. CLIFTON J.R.  
*Preservation of Historic Adobe Structures – A Status Report*.  
National Bureau of Standards – Technical Note 934, (1977).
10. CLIFTON J.R.  
*Mechanical Properties of Adobe*.  
National Bureau of Standards – Technical Note 996, (1979).
11. ROSSI MANARESI R., CHIARI G.  
*Effectiveness of Conservation Treatments of a Volcanic Tuff very Similar to Adobe*.  
III International Symposium on Mud Brick (adobe) preservation.  
Ankara (1980).
12. CHIARI G.  
*Conservación de monumentos arqueológicos en adobe*.  
UNESCO mission report – UNDP/RLA/72/047, (1975).
13. CHIARI G.  
*Treatment of Adobe Friezes in Peru*.  
III International Symposium on Mud Brick (adobe) preservation,  
Ankara (1980).  
—A long list of references can be found in the quoted (9) Technical Note 934 by J. Clifton, as well as in the other referenced papers.



---

## Notas sobre la manufactura del bloque de adobe para la restauración de la arquitectura de tierra

*Alejandro Alva Balderrama  
Jeanne Marie Teutónico*

### 1.0 Introducción

La restauración de la arquitectura de tierra requiere, frecuentemente, el completamiento de elementos estructurales con bloques de adobe de características similares a los existentes en dichas estructuras.

El presente trabajo resume, con propósitos de entrenamiento, las especificaciones fundamentales en el proceso de manufactura del bloque de adobe e ilustra sus aspectos más importantes.

### 2.0 De las distintas fases de la manufactura del bloque de adobe

La manufactura del adobe requiere una serie de diversas operaciones que comienza con la identificación y selección del suelo, para pasar luego por su

preparación y moldeado, y, finalizar con un período de secado. Son muchos los manuales e informes que refieren tales operaciones. No todos incluyen todas las operaciones necesarias, ni explican en detalle los argumentos de apoyo a este proceso. Las cláusulas 3.0 a 7.0 del presente trabajo intentan resumir las operaciones fundamentales de este proceso y examinar algunos de los argumentos que justifican las especificaciones y la atención que frecuentemente se recomienda. Para esto, hemos revisado gran parte de los manuales más importantes y los informes que refieren detalles sobre la manufactura del adobe. Asimismo, hemos organizado un número de esquemas que ilustran el texto y una serie de fotografías en las que se representa las fases más importantes del trabajo en obra. Estas últimas, refieren una experiencia práctica en la manufactura de adobe tradicional para la restauración de monumentos.

### 3.0 De la identificación y selección del suelo

#### 3.1 De la naturaleza del suelo

Desde un punto de vista geotectónico, el 'suelo' se define como la acumulación no-consolidada, con o sin contenido de materias orgánicas, de sedimentos formados de partículas sólidas producto de la desintegración física y química de rocas (1). Otra acepción dice: cualquier depósito natural, parte de la corteza terrestre, que consista de un conjunto de partículas sólidas diferenciadas (en general minerales, y, en algunos casos con materia orgánica), con contenidos variables de agua y gas (normalmente aire), que pueden ser separadas por medios mecánicos (2).

La variedad de suelos existentes ha determinado la necesidad de desarrollar métodos empíricos para clasificarlos y estudiarlos en función de:

- su mejor identificación;
- sus características físicas y mecánicas;
- sus comportamientos como material de construcción;
- su modificación, en caso de necesidad.

A su vez, la variedad de las formas y las dimensiones de las partículas sólidas que componen los suelos ha determinado la necesidad de analizarlas y clasificarlas en función de sus características granulométricas. Es mediante este tipo de análisis que los suelos pueden dividirse, en base a su granulometría dominante, en seis categorías arbitrarias que son:

- rocas
- arenas
- cantos
- limos
- gravas
- arcillas

En general, se reconocen y analizan como 'suelos' a las partículas sólidas comprendidas dentro de las categorías: gravas, arenas, limos y arcillas.

Los dos cuadros (3) que a continuación se presentan proponen respectivamente:

— la clasificación de suelos en base a la granulometría de la partícula sólida respecto a su designación y al procedimiento para separarla de las de diversa granulometría; y,

— la comparación de dos sistemas de clasificación respecto a las características granulométricas; el (U.S.A.) ASTM D422 y el (GBR) BS1377: 1975.

CLASIFICACION GRANULOMETRICA  
CLASSIFICATION BY PARTICLE SIZE (Based on BS 1377: 1975)

Particle size (mm.)	Designation		Test procedure
> 200	BOULDERS		Measurement of separate pieces
200	COBBLES		
60	Coarse	GRAVEL	Sieve analysis
20	Medium		
6	Fine		
2	Coarse	SAND	
0.6	Medium		
0.2	Fine		
0.06	Coarse	SILT	Sedimentation analysis
0.02	Medium		
0.006	Fine		
0.002 and less	CLAY		

#### HEAD

	0.002	0.06	2	60 mm.
	colloids		fine medium coarse	
	CLAY	SILT	SAND	GRAVEL COBBLES
particle size	1	5	75 425 um	2.00 4.75 76.2 mm.
sieve designation			Nº 200 Nº 40	Nº 10 Nº 4 3 inch.

(a) U.S.A. ASTM D422

	fine	medium	coarse	fine	medium	coarse	fine	medium	coarse	COB- BLES	BOULDERS	
	CLAY		SILT			SAND			GRAVEL			
particle size	2	6	20	60	200	600 um.	2	6	20	60	600 mm.	

(b) Great Britain BS1377: 1975

#### Comparison of systems for classifying particle size ranges of soils

Los suelos en depósitos naturales se componen de diversas proporciones de las partículas sólidas designadas; las mismas, a su vez, poseen características físicas, químicas y un comportamiento mecánico diverso y no siempre adecuado a un buen suelo para la manufactura del bloque de adobe. Por lo tanto, es importante definir la función de cada una de las partículas desig-

nadas en el conjunto de una mezcla de suelo para adobes.

Así, es a la *arcilla* a la que se le atribuye la propiedad de cohesión en el conjunto de partículas que componen el suelo, o bien de '*conglomerante*' de la mezcla. Algunos de los procesos que contribuyen a esta propiedad de la arcilla se discuten, brevemente, en el punto 5.2 del presente trabajo.

La función del *limo*, en cambio, no aparece bien definida. Los ensayos efectuados con partículas sólidas de limo lo caracterizan como un material poco plástico, de marcada dilatación [1], de poca cohesión, y que se desintegra fácilmente al contacto con el agua. En contrario a la hipótesis que sugiere tales características, esto es, la de no ser una partícula que convenga, como dominante, en la composición de un suelo adecuado para la preparación del adobe, ciertos investigadores (5) consideran también al limo como material '*conglomerante*' en la mezcla; si bien, se aclara, en menor grado que la arcilla. Es más, parece aceptarse que un suelo para adobes deba contener iguales cantidades de arcilla y limo como los materiales de cohesión en la mezcla (6). Si tenemos en cuenta las consideraciones anteriores, pensamos que la precisa función del limo en las mezclas de suelo para adobes debe ser aún definida.

La *arena*, otra componente del suelo para el adobe, se forma del conjunto de partículas sólidas, o, granos finos producto de la desintegración de varias rocas, principalmente del cuarzo. Este material cumple la función de estabilizador de la arcilla y del limo en el suelo para el adobe. Así, la arena, en la mezcla, determina un mejoramiento del comportamiento de la arcilla, especialmente en las fases tempranas de su preparación, en tanto es esta última la responsable de las fracturas y combamientos, producto de los procesos de expansión (mediante la absorción de agua) y contracción (por deshidratación), o mejor dicho, contracción desigual del bloque durante el secado. Este problema, así como la eventual presencia, de *residuos* (materia orgánica, grava, u otros) se discuten más adelante en el texto de este trabajo.

[1] Aumento de volumen bajo presión o carga. La expansión de suelos no-cohesivos sujetos a esfuerzos de corte (4).

## 3.2 La evaluación del suelo

Como consecuencia de las características específicas de cada una de las partículas sólidas mencionadas, la proporción en que éstas formen parte del suelo determinará un comportamiento diverso del conjunto del suelo en el caso de su utilización como mezcla para adobes. La experiencia demuestra, en efecto, que con ciertos suelos es posible producir 'mejores' adobes que con otros, o bien, en extremo, que con ciertos suelos no es posible producir un bloque con un mínimo aceptable de estabilidad que permita su uso como material de construcción. Por lo tanto, es fundamental definir las características de un buen suelo para la manufactura de bloques de adobe.

### 3.2.1. De la composición granulométrica del suelo

Al respecto, la información existente presenta ciertas diferencias. A continuación referimos un número de especificaciones propuestas para la composición del suelo para adobe, seguidas de los resultados de ensayos efectuados en muestras de adobe pertenecientes a monumentos, o bien, a estructuras construidas en el pasado:

—El suelo de *CRAterre* (7); extracto de una cantera que no contenga piedras gruesas, ni raíces, ni tierra vegetal:

+ arena	:	55 — 75%
+ limo	:	10 — 28%
+ arcilla	:	15 — 18%
+ materia orgánica	:	menor al 3%
+ sales alcalinas	:	máximo 0.2%

—El suelo del *Proyecto PER 71/539* (8):

+ arena	:	60 — 68%
+ limo	:	10 — 28%
+ arcilla	:	15 — 18%
+ materia orgánica y sales	:	máximo 0.3%

—El suelo del *EBS* (9):

+ arena	:	50%
+ limo y arcilla	:	no menor del 50%
+ materia orgánica y sales	:	no precisado

—Los suelos de *Disposiciones Constructivas* para algu-

nas localidades en *Arizona, California y Nuevo México* (10):

+ arena	:	no precisado
+ limo	:	mínimo 25%
+ arcilla	:	en cantidad suficiente para dar cohesión a la mezcla.
+ materia orgánica	:	no precisado
+ sales solubles	:	0.2 — 2%

—El suelo del *NBS* (11):

+ grava	:	poca o ninguna
+ arena	:	60 — 80%
+ limo y arcilla	:	20 — 40%
+ materia orgánica	:	no precisado
+ sales solubles	:	no precisado

—El suelo de '*Tumacácori*' (12):

+ grava	:	2%
+ arena	:	24%
+ limo	:	26%
+ arcilla	:	46%
+ materia orgánica	:	no precisado
+ sales solubles	:	0.17 — 8.78% (13)

—El suelo de '*Escalante*' (14):

+ grava	:	—
+ arena	:	18%
+ limo	:	55%
+ arcilla	:	27%
+ materia orgánica	:	no precisado
+ sales solubles	:	1.6% (15)

—El suelo de '*Samarra*' (16):

+ grava y arena	:	62%
+ limo	:	12%
+ arcilla y coloides	:	26%
+ materia orgánica	:	[2]
+ sales solubles	:	[3]

—El suelo de '*Ur*' (17):

+ grava y arena	:	17%
+ limo	:	68%
+ arcilla y coloides	:	15%

+ materia orgánica	:	[2]
+ sales solubles	:	[3]

—El suelo de '*Choche*' [4] (18):

+ grava y arena	:	7%
+ limo	:	59%
+ arcilla y coloides	:	34%
+ materia orgánica	:	[2]
+ sales solubles	:	[3]

—El suelo de '*Aqar Quf*' (19):

+ grava y arena	:	14%
+ limo	:	58%
+ arcilla y coloides	:	28%
+ materia orgánica	:	[2]
+ sales solubles	:	[3]

—El suelo de '*Tell 'Umar*' (20):

+ grava y arena	:	32%
+ limo	:	49%
+ arcilla y coloides	:	19%
+ materia orgánica	:	[2]
+ sales solubles	:	[3]

A los ejemplos precedentes se pueden sumar muchísimos otros, más o menos, representativos de diversas mezclas de suelos para adobe. Basten éstos, sin embargo, para tentar algunas generalizaciones al respecto.

Una primera consideración, frecuentemente mencionada en recomendaciones sobre proporciones de partículas sólidas en los suelos, se refiere a la preferencia de suelos *sin materia orgánica*. Las razones que motivan tal recomendación se discuten en el punto 4.3 del presente trabajo. Baste, por el momento mencionar que, en general, se acepta que los suelos para adobes

[2] La inexistencia de materia orgánica en algunas de las muestras observadas y analizadas se atribuye a la descomposición y/o a la reacción de ésta con componentes minerales del suelo.

[3] La presencia de sales solubles aparecía considerable; sin embargo, los resultados de las pruebas se consideran inciertos.

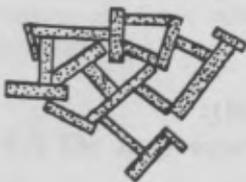
[4] Muestra N° 5. Una de tres.

no deben contener materia orgánica o residuos extraños a las restantes componentes granulométricas del suelo.

En segundo lugar, y como buena práctica general de construcción, debido a los bien definidos efectos destructivos de la eflorescencia, el *contenido de sales solubles debe ser bajísimo o nulo*. Los máximos porcentajes aceptados van del 0.3 al 3%. Otra consideración de extrema importancia en relación a la presencia de sales solubles se refiere a la estructura de sedimentación de las partículas de arcilla. En efecto, algún tratado sobre la estructura del suelo menciona que la arcilla sedimentada en soluciones de agua salina, tiende a desarrollar una estructura altamente coagulada en comparación con aquellas partículas que se sedimentan en agua fresca. En tanto una estructura altamente coagulada genera grandes vacíos, la mezcla tendrá una baja densidad, afectando en última instancia la resistencia del bloque.

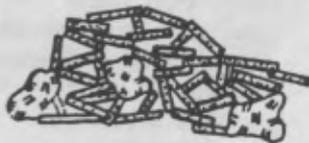
Representación esquemática de un conjunto de partículas sólidas de arcilla y limo en estructura coagulada en un depósito no disturbado de agua salada y en un depósito de agua fresca:

 Clay particle  
 Silt particle



(a)

Flocculated-type structure  
(edge to face contact)



Undisturbed salt water deposit

(b)



Undisturbed fresh water deposit

Representación esquemática del cambio estructural tixotrópico de un suelo de granulometría fina: [5]

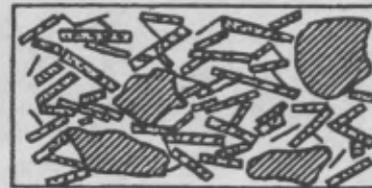


(a) Structure immediately after remolding or compaction

Shaded area represents absorbed water layer



Attraction  $\gg$  repulsion  
Water in high-energy structure

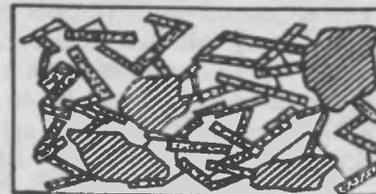


(b) Structure after thixotropic hardening partially complete



Attraction  $>$  repulsion

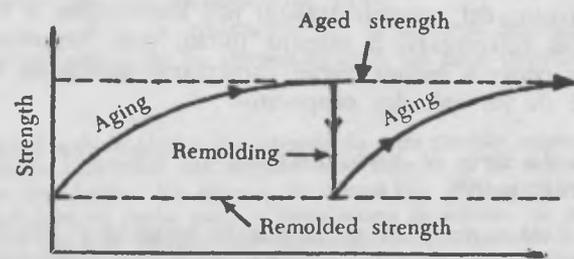
 Clay particle  
 Silt particle



(c) Final structure at end of thixotropic hardening



Attraction = repulsion  
Water in low-energy structure



(d)

[5] Tixotropía: Fenómeno por el cual ciertos 'gels' pasan a un estado líquido mediante una ligera 'agitación' y se regeneran mediante el reposo.

En tercer lugar, se prefieren suelos *sin contenido de gravas*, fundamentalmente debido a las características de forma y dimensión de éstas partículas sólidas del suelo.

En lo que corresponde a las proporciones de *arena* en relación a las partículas sólidas de *arcilla/limo* es más difícil proponer generalizaciones. Esto, debido a las características físicas y mineralógicas de las arcillas que condicionan diversamente el comportamiento de las mezclas de suelo para el adobe. De aquí la necesidad de una serie de pruebas que permitan la caracterización más aproximada de un suelo para su eventual uso en la manufactura del adobe.

### 3.2.2. De las pruebas o ensayos para evaluar las características del suelo para adobes

La necesidad de caracterizar con precisión los suelos para la manufactura de adobes ha determinado el desarrollo de diversos procedimientos que permiten definir mejor sus propiedades físicas, mineralógicas y mecánicas. Gran parte de tales pruebas o ensayos consisten en métodos empíricos que derivan de la experiencia de disciplinas como la geotectónica, y de la física o la mecánica de suelos. Por cuanto no es siempre posible contar en obra con el apoyo de un laboratorio, o bien, con el equipamiento y/o la instrumentación necesaria para los ensayos requeridos, algunos de éstos han sido simplificados a fin de obtener resultados aproximados sobre las características del suelo que debe ser analizado.

Existen diversas publicaciones, informes y manuales con descripciones detalladas de todas estas pruebas. No será acá, por lo tanto, necesario explicarlas. Para efectos del presente trabajo nos limitaremos a indicar las referencias, a nuestro juicio, más importantes; así como a incluir algún comentario acerca de la utilidad de los métodos propuestos.

#### 3.2.2.1. La serie de Notas Técnicas del NBS 934 (21), 977 (22), y 996 (23)

Esta serie y en particular la segunda y tercera nota, propone y describe los métodos y procedimientos necesarios para caracterizar las propiedades más importantes del suelo usado para la manufactura del ado-

be; siendo éstas, a juicio de los autores de dichos informes, las siguientes:

- determinación del color del suelo;
- determinación del contenido de sales solubles;
- determinación del pH;
- análisis de *granulometría*;
- determinación del *límite líquido*;
- determinación del *límite plástico*;
- análisis *difractométrico a rayos X*;
- análisis *microscópico*;
- determinación de la *resistencia a compresión*;
- determinación de la *resistencia a flexión*;
- análisis de *fluencia* [6].

#### 3.2.2.2. Manual de análisis de suelos en laboratorio (25)

Si bien este documento no se refiere específicamente al adobe, contiene valiosa información respecto al equipo necesario, a la teoría y las aplicaciones, así como a los procedimientos y detalles de todas las pruebas desarrolladas para la correcta identificación y caracterización de suelos. El texto contiene particular referencia a los siguientes ensayos o pruebas:

- contenido de humedad;
- límites Atterberg (líquido, plástico, de contracción);
- límite de viscosidad;
- contracción lineal;
- características de amasamiento;
- capacidad de expansión;
- densidad;
- gravedad específica;
- granulometría;
- índice de acidez o alcalinidad (pH);
- contenido de sulfatos;
- contenido orgánico;
- contenido de carbonatos;
- contenido de cloruros; y,
- pruebas de compactación.

#### 3.2.2.3. De las pruebas o ensayos propuestos en los manuales para la construcción de viviendas en adobe:

[6] Lento movimiento de los suelos, normalmente imperceptible excepto a través de observaciones prolongadas. Deformación dependiente del tiempo de incidencia de un esfuerzo sostenido (24).

AID (26), EBS (27), CRYRZA/PREVI (28), CRAterre (29), Adobe 'Craft' (30), y otros (31)

Todos éstos contienen pruebas simplificadas, inferidas de las pruebas de laboratorio, y proveen, a quien no cuenta con el apoyo de un laboratorio o al auto-constructor, con métodos aproximados para evaluar 'in situ' las características del suelo. Entre los ensayos más comunes se explican los siguientes:

- la prueba del *rollo de barro* (para aproximar las correctas proporciones de arcilla/arena);
- prueba de *control de consistencia* (verificación del contenido de agua en la mezcla);
- la prueba de la *botella* (para aproximadamente estimar las características granulométricas);
- ensayos de *resistencia o control de calidad* (con el peso de una persona, de bloques de adobe, o bien, con máquinas simples);
- ensayos de *inmersión* (verificación de la permeabilidad del adobe estabilizado);
- observaciones diversas de las *deformaciones* de las mezclas, etc.

Una consideración general sobre la eficiencia de todos estos ensayos, a nuestro juicio, es aquella de tener en cuenta que debido a las características mineralógicas de cada tipo de suelo, tales pruebas podrían generar resultados diversos con muestras igualmente adecuadas a la manufactura de adobes. Por lo tanto, siempre que sea posible, es importante confrontar la validez de estos modelos con ensayos precisos de laboratorio.

## 4.0 De la preparación del suelo

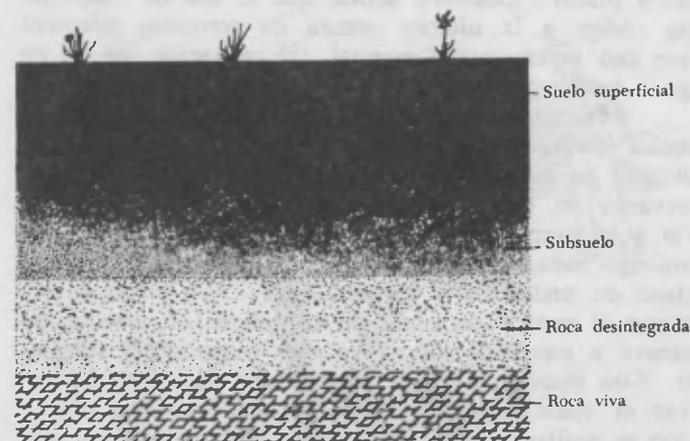
### 4.1 Selección de canteras y preparación de tendales

#### 4.1.1. La cantera

De acuerdo a lo discutido en la sección precedente, sólo ciertos suelos son aptos para la manufactura de bloques de adobe. Estos deben contener determinadas proporciones de arcilla, limo y arena, y un bajo contenido de material orgánico. Además, no deben

ser altamente alcalinos y el contenido de sales debe ser mínimo [7]. Es por esto, que el suelo de superficie (frecuentemente suelo de cultivo con un gran contenido de material vegetal) no es apto, en general, para la manufactura de adobes. Son, más bien, los subsuelos de arena y arcilla, mezclados en proporciones adecuadas, los que resultarán en un buen suelo de base para la manufactura del adobe (33).

Representación esquemática de un perfil del suelo del manual EBS



MIDDLETON

Al respecto, es interesante anotar que los suelos que se encuentran en la cima de terrenos con fuerte declive (rodaderos) contienen, por lo general, más arcilla que aquéllos de las faldas, generalmente arenosos. Un suelo con las proporciones de arcilla y arena requeridas puede encontrarse en una cota intermedia entre las dos mencionadas (34).

Así, la ubicación de la cantera dependerá, en gran parte, de la disponibilidad de una provisión ade-

[7] La alcalinidad y el contenido de sales solubles conforman uno de los problemas más difíciles especialmente en las regiones áridas o semi-áridas. En general, se acepta que el contenido de sales solubles, en suelos para la manufactura de adobes, no debe exceder del 0.2% del peso del suelo. En cuanto las sales no pueden ser fácilmente removidas después de la extracción del suelo, las pruebas de contenido de sales deben efectuarse antes de tal fase (23).



cuada del suelo apto para la manufactura del adobe. Debe siempre considerarse, que, por motivos de eficiencia y costo, la cantera debe ubicarse lo más cerca posible a la obra o al sitio donde se utilizarán los bloques preparados.

#### 4.1.2. Extracción

La extracción puede efectuarse con maquinaria, o bien, mediante el uso de herramientas manuales (pallas y picos). Conviene anotar que el uso de maquinaria obliga a la ulterior rotura de terrones, mientras que con la extracción manual, tal operación no es, en igual medida, necesaria.

Frecuentemente, es necesario extraer dos o más suelos diversos, que serán luego mezclados a fin de obtener la mezcla deseada. En tal caso, éstos se conservarán en pilas separadas para la dosificación previa a la preparación de la mezcla. Algunos manuales sugieren métodos de extracción que permiten el mezclado de suelos en la cantera (35). Así, luego de remover el estrato de suelo de superficie, el constructor excava a través de los dos o más estratos del subsuelo. Con éstos a la vista, puede dosificar, mientras extrae el suelo, las mezclas requeridas. Si esta operación se realiza con cuidado, puede ahorrar ulterior trabajo en continuas combinaciones de terreno en el tendal. Se estima que el volumen total del suelo extracto debe ser un 30% mayor que el volumen total de los bloques necesarios (36).

#### 4.1.3. El tendal

Este debe, en primer lugar, proporcionar espacio suficiente para acomodar todas las actividades necesarias en la manufactura del adobe. Siendo éstas: el cribado, la preparación y mezcla del suelo, el moldeo, el secado y finalmente el apilamiento de los bloques terminados. Asimismo, debe asegurarse una provisión constante de abundante agua dulce, así como de algún tipo de estructura para proteger los bloques de los efectos de la intemperatura.

Es importante notar, que la organización del tendal es crítica respecto al suceso de la manufactura del bloque. La máxima atención dada a la ubicación y a la proximidad de las diversas funciones en el tendal ga-

rantizarán el más efectivo uso del espacio y del tiempo durante todo el proceso.

## 4.2 La eliminación de residuos

La operación que sigue a la extracción del suelo consiste en la remoción de todos los residuos indeseables contenidos en éste. Estos pueden ser: piedras gruesas, gravas y eventualmente material orgánico en forma de hojas, cortezas, raíces, etc. Los desperdicios domésticos y otros tales como la ceniza deben, también, eliminarse.

La razón de este paso preparatorio, esencial para la producción de un adobe durable, se explica en lo siguiente.

La eliminación de material grueso (piedras y gravas) se relaciona a la estructura física de la arcilla. Las partículas sólidas de este material son de forma plana y hexagonal e hidrófilas por naturaleza. Al lubricarse con agua, durante la mezcla, éstas tienden a sobreponerse en estratos y a formar una estructura similar a aquella de un aparejo regular de ladrillos. Al comprimir la masa, las partículas absorben las fuerzas de compresión sin romperse, deslizándose sobre las restantes. A mayor proximidad de las partículas sólidas y mayor uniformidad de la estructura que éstas forman (mayor densidad de la masa), mejores serán las propiedades mecánicas de la arcilla y, eventualmente, del bloque de adobe preparado con este suelo [8].

Las piedras o gravas no removidas del suelo quebrantan la organización de las partículas sólidas de arcilla, haciendo que algunas de éstas se apoyen en sus extremos, debilitando así el conjunto de la estructura de las partículas sólidas de arcilla, o bien, provo-

[8] Existen otras situaciones en las que es conveniente contar con algún porcentaje de partículas no-arcillosas en la mezcla. En la manufactura de recipientes de cerámica (especialmente en aquella con cuellos muy altos), por ejemplo, la presencia de material grueso (no-arcilloso representa un elemento abrasivo, o bien, cumple una función de travesa, evitando así el deslizamiento o la deformación de las partículas sólidas de arcilla en el plano vertical (37). Sin embargo, en el caso del suelo para adobes, donde se tiende a obtener una máxima resistencia del plano horizontal, es preferible optar por una estructura uniforme sin la alteración que provoca el material grueso.

cando la ruptura de éstas. El adobe preparado con tal suelo tendrá así una baja resistencia a la compresión. Por lo tanto, es esencial eliminar el material grueso (piedras y gravas), antes de iniciar el proceso de amasamiento de la mezcla.

La remoción del material orgánico, en cambio, se explica debido a mecanismos distintos. En primer lugar debe considerarse el carácter netamente esponjoso de los suelos con gran contenido de materia orgánica. Esto los hace altamente comprensibles y como consecuencia de una capacidad de carga pobre. En segundo lugar, la descomposición del material orgánico envuelve la actividad de bacterias y la generación de aminoácidos. Estos contribuyen a una marcada coagulación de las partículas sólidas de arcilla, con un consecuente aumento de la porosidad del material y un empobrecimiento de su resistencia final (38) (39).

Las precedentes consideraciones parecen, inicialmente, en contradicción con la tradicional práctica de añadir ciertos tipos de material orgánico fibroso al suelo para adobes (paja, pelo animal, etc.), o bien, de material orgánico no fibroso (excremento animal, etc.). Al respecto se sugieren dos consideraciones. La primera tiene en cuenta la eventual acción mecánica de las fibras durante el secado del bloque, compensando los esfuerzos de contracción de la arcilla. La segunda sugiere una modificación de la estructura coagulada, o bien, una nueva forma de coagulación que promueve una mejora de la resistencia del suelo. Esto es especialmente conveniente con ciertos tipos de arcilla (40) (41).

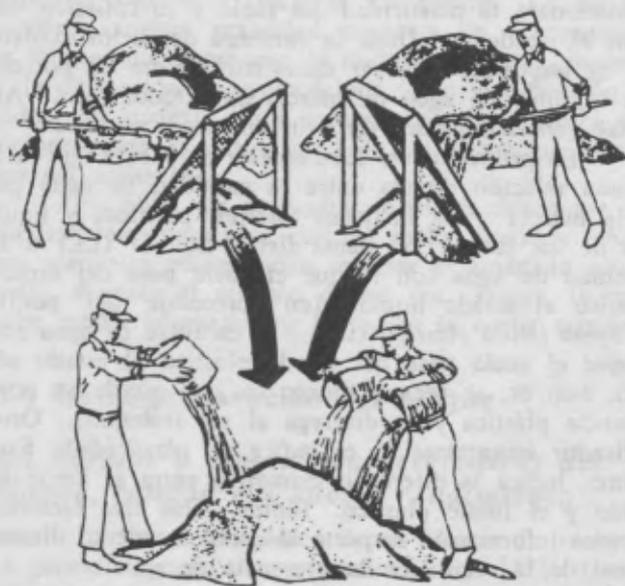
Existe, en cualquier caso, una diferencia considerable entre la adición controlada de fibras u otros materiales orgánicos a la mezcla, con el propósito de obtener ciertas propiedades en el suelo, y la acción incontrolada de los residuos orgánicos no removidos (hojas, cortezas, raíces, etc.). Mientras que en un caso se pueden obtener efectos convenientes para el comportamiento mecánico del adobe, en el otro se promueve el debilitamiento del producto final.

### 4.3 El cribado

Esta es la operación que sigue a la remoción o eliminación de residuos del suelo. La misma consiste en

hacer pasar el suelo seleccionado a través de una malla o zaranda metálica montada en un bastidor de madera de aproximadamente 0.75 x 1.50 mts. La abertura de la malla varía entre los 6 y 12 mm. (42). El material que no pasa la malla se descarta, o bien, se reduce y criba nuevamente.

Para el caso en que se trabaje con dos o más suelos distintos, se sugiere que éstos sean cribados y apilados separadamente. Esto facilitará el control de la dosificación en el momento de la mezcla.



WOLFSKILL

La eficiencia de esta operación manual ha sido estimada en 4 m<sup>3</sup> de suelo cribado por trabajador en una jornada de trabajo (43) [9].

[9] Con el propósito de mejorar la eficiencia de esta operación, algunos aparatos (cernedores) algo más complicados han sido desarrollados. Es particularmente interesante el aparato descrito en el texto de Schultz (44). Este consiste en un recipiente plástico para desperdicios que rota sobre un número de ruedas metálicas (recuperadas de patines). El mecanismo se mueve mediante el impulso de una banda conectada al motor de un taladro manual.

## 5.0 De la preparación de la mezcla

### 5.1 El contenido 'óptimo' de agua

La cantidad de agua de mezcla es de importancia crítica en la manufactura del bloque de adobe. De una parte, el exceso de agua provocará una considerable contracción y fracturas en el bloque durante el proceso de secado, afectando en última instancia la resistencia del adobe. De otra parte, la carencia de agua condicionará la plasticidad del suelo y su cohesión durante el moldeado. Dada la variedad de suelos existentes, es imposible expresar cuantitativamente un porcentaje 'óptimo' de agua de mezcla para todos éstos. Algunas generalizaciones son, sin embargo, posibles.

En primer lugar, debe tenerse en cuenta que existe una relación directa entre la cantidad de agua para la mezcla y los llamados 'límites' plásticos y líquidos de los suelos. Se llama *límite líquido* (LL) a la cantidad de agua con la que el suelo pasa del estado plástico al estado líquido (en porcentaje del peso). Se llama *límite plástico* (LP) a la cantidad de agua con la que el suelo pasa del estado plástico al estado sólido, esto es, se seca al punto en que pierde su consistencia plástica y se disgrega al ser trabajado. Otro indicador importante es el *índice de plasticidad*. Este último, indica la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico. Juntos, estos tres factores, proveen información respecto al comportamiento dimensional de la arcilla en la presencia de agua.

En síntesis, a cada tipo de arcilla corresponde un determinado límite líquido y un determinado límite plástico (44). El tipo específico de arcilla de un determinado suelo influenciará, por lo tanto, la cantidad de agua requerida para la mezcla. Se debe considerar, además, que los límites plástico y líquido, son significativamente afectados por factores como la presencia de materia orgánica y el contenido y tipo de sales solubles, entre otros (45).

En lo que respecta al índice de plasticidad se ha descubierto que a mayor la diferencia, mayores la expansión y contracción de la arcilla durante los respectivos procesos de hidratación y deshidratación (secado). Como consecuencia, la proximidad en los valores

determinados para los límites plásticos y líquidos de los suelos de adobes distintos, significa mayor compatibilidad entre el comportamiento dimensional de éstos en la presencia de agua (46).

De los trabajos de varios otros investigadores (47) ha sido establecida información adicional respecto a la cantidad de agua necesaria en la manufactura del adobe. Se ha descubierto, por ejemplo, que la cantidad de agua de mezcla depende de las proporciones de arcilla y limo en el suelo de mezcla. Se ha establecido, además, que la magnitud de la contracción varía en función del contenido de arcilla, el tipo de arcilla, y, la cantidad de agua de mezcla. Alguno sugiere que la contracción del secado no constituye una función lineal del contenido de agua de mezcla, en vez, a mayor contenido de agua de mezcla, considerable incremento de la contracción. Otros sugieren que es posible establecer un óptimo de agua de mezcla para cada tipo de suelo para adobes; esto es, un contenido de agua con el que se obtendrá el bloque de mayor resistencia y densidad, con un determinado tipo de suelo. Finalmente, del trabajo del NBS (48) se establece, que el óptimo contenido de agua de mezcla sería, en general, algo menor que el límite líquido. Esto se atribuye al mayor porcentaje de partículas más grandes que 425 micrómetros, que absorben mucha menor cantidad de agua que las partículas de arcilla y limo.

De las consideraciones precedentes se deduce que no es simple dar indicaciones precisas sobre el contenido 'óptimo' de agua de mezcla. En efecto, la mayor parte de los manuales de obra recomiendan porcentajes muy generales sobre la cantidad de agua necesaria en la mezcla (del 15 al 30%, dependiendo del manual). Frecuentemente, se sugieren pruebas empíricas simples que permiten estimar el agua de mezcla. Algunas de éstas consisten en observar el comportamiento de la mezcla en su estado plástico, y, verificar, por ejemplo, cuanta agua es necesaria en la mezcla a fin de que ésta no se adhiera a las herramientas metálicas; o bien, la de observar la deformación relativa de marcas hechas sobre la superficie de la mezcla húmeda, mediante listones de madera u otras herramientas (49) (50). En definitiva, la experiencia permitirá estimar un óptimo contenido de agua de mezcla en la manufactura del adobe.

## 5.2 Mezclado del suelo

Una de las fases más importantes en la preparación de la mezcla, consiste en añadir la cantidad de agua necesaria al suelo seleccionado, para luego amasarlo ('pisarlo') y voltearlo hasta llevarlo a una consistencia plástica [10]. Mediante tal procedimiento se trata de obtener una mezcla homogénea y plástica. Tales características asegurarán una mezcla laborable y resistente. La homogeneización de la mezcla tiende a distribuir regularmente en la masa todas las partículas sólidas que la componen así como el agua añadida. Esto contribuye a la fricción necesaria entre las partículas sólidas arcillosas y aquellas no arcillosas y al desarrollo de las propiedades de cohesión resultante de la estructura formada por las partículas finas y el agua; ambos, factores críticos a la consistencia y resistencia última de la mezcla.

El llamado 'reposo' de la mezcla amasada, permite la lenta penetración de agua entre las partículas de arcilla y la consecuente división de éstas en un mayor número de partículas sólidas finas. Simultáneamente, el peso propio de la mezcla en 'reposo' provoca una lenta compresión de todas estas partículas. La maceración (o 'reposo') contribuye, además, a mejorar la plasticidad de la mezcla, haciéndola más laborable, así como al desarrollo de sus características de resistencia.

## 5.3 Agregados / estabilizadores

Previo al moldeado del bloque, uno o más de una serie de diversos materiales pueden ser agregados a la mezcla amasada. Entre los de uso tradicional se mencionan: cortezas, viruta, paja, cáñamo, cenizas, savia, aceite de coco, ácido tánico, úrea, estiércol, melaza, hojas de plátano en descomposición, etc. (52).

Las opiniones sobre la eficiencia de estos agregados y muchos otros 'estabilizadores' tradicionales son diversas y frecuentemente contradictorias. Existen quienes, para casos específicos, reclaman la efectividad de ciertos agregados. De otra parte, existen quienes

[10] El tiempo del amasado se ha estimado en al menos un día, para luego dejar 'reposar' o 'dormir' la mezcla mínimo durante una noche (51).

informan que, a través de ensayos de laboratorio, no han registrado mejoras considerables en las propiedades de bloques con algunos de los agregados mencionados con respecto a bloques sin tales agregados.

Existen, sin embargo, por lo menos dos hipótesis respecto a la función de los estabilizadores mencionados. La primera sugiere (para el caso de los agregados fibrosos) una función mecánica del agregado durante la deshidratación del bloque (secado). Las fibras compensarán los esfuerzos de la contracción de la arcilla al secarse evitando así la excesiva o desigual contracción y fracturas del bloque. La segunda hipótesis sugiere actividad orgánica de fermentación, la misma que promueve la multiplicación de bacterias y la formación de aminoácidos (con modificación del índice de acidez). Este proceso crea las mejores condiciones para la coagulación de las partículas más finas del suelo (53).

En obra, los agregados orgánicos deben ser cuidadosamente mezclados con el suelo amasado. Algunos manuales recomiendan mezclar el agregado con el suelo, durante el mínimo de un día. Luego, la masa debe reposar durante por lo menos la noche siguiente.

## 6.0 De la preparación del bloque

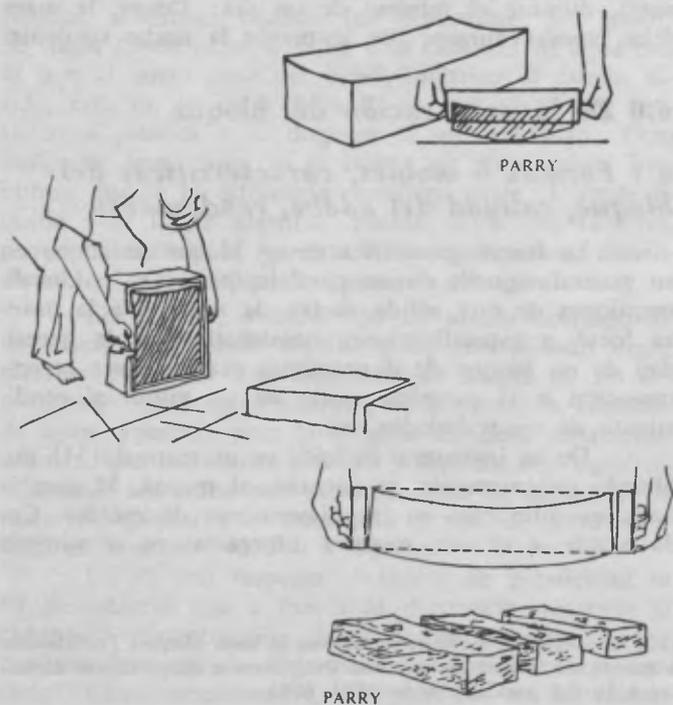
### 6.1 Formas o moldes, características del bloque, calidad del adobe, rendimiento

La forma geométrica de un bloque de adobe es, en general, aquella de un paralelepípedo [11]. Las dimensiones de este sólido varían de acuerdo a la usanza local, a especificaciones constructivas, a la necesidad de un bloque de dimensiones precisas para la restauración o el completamiento de un muro, al rendimiento de un trabajador, etc.

De un inventario incluido en un manual (54) publicado recientemente, se cuentan, al menos, 33 combinaciones diferentes en las dimensiones de moldes. Cada molde, a su vez, muestra diferencias en el número

[11] En ciertos sistemas constructivos se usan bloques (moldeados a mano) de formas geométricas irregulares o simplemente distintas a la del paralelepípedo (55) (56).

de bloques que es posible fabricar con éstos, en las asas, el material, o bien, el fondo. Al respecto, algunos manuales distinguen los moldes en dos grandes categorías: aquellos con fondo, y, aquellos sin fondo (57). El uso de uno u otro molde, determina métodos diferentes en el manejo del molde durante el moldeo. Así, con el molde sin fondo el trabajador moldea el bloque sobre la superficie del tendal donde el adobe restará durante el secado. Con el molde con fondo, el trabajador moldea de pie delante de una basa o peana donde se apoya el molde. Según los estudios realizados por el Programa COBE (58), el primer método permite un mayor rendimiento, pero es menor la compactación y mayor la fatiga del trabajador. Con el segundo método, el rendimiento es menor, pero se logra una mayor compactación, disminuyendo la fatiga del trabajador. Cualquiera sea el molde seleccionado (con o sin fondo) debe prestarse la máxima atención a las deformaciones del bloque debidas al manejo del molde, es-



pecialmente a aquellas que pueden resultar del uso del molde con fondo, ya que éste debe girarse 180° para asentar el bloque sobre la superficie del tendal. Las figuras siguientes representan algunas de las posibles deformaciones debidas al tipo de molde y a su manejo (59).

Tradicionalmente, los moldes son de madera, cuidando que ésta sea resistente y de sección suficiente al uso continuado y al manipuleo al que será sujeto el molde. Algún manual (60) sugiere revestir la madera con materiales de superficie regular e impermeables (vinilo, polietileno, látex, fórmica, fibra de vidrio, y otros materiales sintéticos). Se menciona, también, el uso de algún revestimiento metálico (aluminio, acero laminado, etc.).

En nuestra opinión, el molde tradicional de madera (de un solo bloque) no presenta ningún inconveniente. Cuidando su adecuada fabricación y mantenimiento regular, dará resultados excelentes. Más aún, con éste es posible controlar la consistencia de cada bloque inmediatamente después de remover el molde. Si se usan moldes de madera se sugiere remojarlos durante la noche previa a la jornada de moldeo.

Además, es importante lubricar adecuadamente los moldes antes del moldeo y cada vez que esto sea necesario durante esta operación. Al respecto, ciertos manuales sugieren lavar y acceitar el molde, otros recomiendan lavar el molde y luego recubrir sus superficies internas con arena fina, o bien, solamente mantener el molde bañado durante el moldeo. Al respecto, pensamos que de acuerdo al tipo de suelo utilizado, el mejor sistema para lubricar el molde puede decidirse en base a pruebas durante el moldeo. No será difícil modificar cualquiera de las recomendaciones hechas en el caso de que éstas presenten inconvenientes.

## 6.2 Moldeo

En el moldeo del bloque se distinguen varias operaciones. La primera consiste en vaciar el material preparado dentro del molde, cuidando de llenar enteramente el volumen que éste contiene, así como de compactar la mezcla. Ligeras variantes a esta opera-

ción resultan, por ejemplo, del tipo de molde que se usa (molde con o sin fondo, etc.). La cláusula 6.1 incluye algunas consideraciones al respecto. En cualquier caso, lo fundamental de esta operación consiste siempre en el vaciado del material y su compactación en el molde.

En segundo lugar, es necesario enrasar la reba, o bien, 'nivelar' o 'recortar' el material excedente de la cara superior de la mezcla en el molde. Una regla de madera permite emparejar la superficie expuesta del bloque. El material removido se agrega a la mezcla para el bloque siguiente.

En tercer lugar, dependiendo de la necesidad de obtener un mejor acabado de la superficie expuesta del bloque, se procede un ulterior allanamiento de la mezcla con un badilejo u otro tipo de llana de albañil. En algunos casos, esta operación se lleva a cabo rociando agua sobre la superficie expuesta.

Finalmente, se vacía el molde, levantándolo (molde sin fondo), o bien, girándolo (molde con fondo) a fin de descargar el bloque moldeado sobre la superficie del tendal [12].

Al vaciar el molde será posible controlar la consistencia del bloque observando su eventual deformación, combadura o fracturas. Algunos manuales sugieren controlar la dosificación del agua de mezcla si se presentan tales problemas (61) (62). Conviene, además, controlar la adecuada lubricación del molde, de acuerdo a lo especificado en la cláusula 6.1. Los manuales de las referencias precedentes ilustran eloquentemente estos problemas.

## 7.0 Curado del bloque de adobe

Curar el adobe significa secar con atención (al aire libre) y preparar convenientemente el adobe, conservándolo, para su uso posterior. En esta fase del proceso se distinguen dos operaciones fundamentales: el secado, y, el apilamiento.

[12] Algunos manuales recomiendan recubrir la superficie del tendal con una capa de arena fina a fin de evitar que el bloque fresco se adhiera al lecho de secado.

## 7.1 Secado

Una condición esencial del curado consiste en obtener un secado relativamente lento y regular. El calor excesivo provocará una deshidratación violenta que seguramente resultará en la fractura del bloque. Asimismo, la humedad o el frío pueden prolongar este proceso. El ambiente inmediato del bloque durante el secado debe ser, por lo tanto, cuidadosamente controlado. Esto se obtiene mediante la provisión de algún tipo de cubierta protectora para mantener bajo sombra (en caso de temperaturas excesivamente altas) los bloques apenas moldeados (por lo menos durante los primeros días del secado). Tal protección puede ser igualmente útil en la eventualidad de lluvias que pueden destruir completamente todo el material moldeado. Algunos recomiendan, también, cubrir el material apenas moldeado con paja, arena, telas, etc.; o bien, rociar agua sobre las superficies expuestas (63).

En la ausencia de condiciones extremas podría bastar el método tradicional para el secado. Así, después de retirar el molde se deja el bloque sobre la cara de asiento durante algunos días (2-5 dependiendo de las condiciones del secado, del suelo, contenido de agua, etc.). Cuando la consistencia del bloque lo permita, se girará el adobe apoyándolo sobre un canto. Esto permite un secado regular con la exposición de la cara de asiento, así como el recorte de rebabas en las aristas. En esta posición (durante por lo menos 3 semanas) se completa el secado del bloque.

Existen variantes de este proceso. Así, algún manual (64) sugiere un segundo giro del bloque a los quince días del moldeado. En este caso, el bloque se apoya de cabeza sobre la superficie del tendal. Esto mejoraría la ventilación del bloque. Debe considerarse, sin embargo, que tal posición es posible solamente si las dimensiones del bloque lo permiten. La relativa longitud de ciertos bloques condiciona su estabilidad al apoyarlos de cabeza. Otros autores sugieren apilar los bloques a las dos semanas del moldeado (permitiendo una adecuada ventilación de los bloques en la pila). El secado se completaría en esa posición (65) (66) (67) (68). En nuestra opinión, el apilamiento prematuro del bloque no es conveniente; éste induce esfuerzos que pueden dañar adobes parcialmente curados.

## 7.2 Apilamiento

Completo el proceso de secado (aproximadamente a las 4 semanas del moldeado) el bloque puede apilarse listo para su uso. La pila se forma apoyando el bloque de canto, ligeramente inclinado, contra un machón formado con un número de los bloques preparados. Este sistema (de uso tradicional) permite un uso eficiente del espacio disponible, así como un adecuado manipuleo del material por el trabajador.

### 7.2.1. Nota acerca del completamiento del curado

Del conveniente completamiento del curado dependerá, en parte, la manufactura de un bloque de buena calidad. Solamente los bloques completamente curados conformarán una estructura adecuadamente coagulada con sus partículas finas, un contenido de humedad aceptable (con el cual no se verificarán contracciones posteriores del bloque) [13], así como, la resistencia necesaria para su uso como parte de la estructura. No se justifica, en ningún caso, el uso de bloques parcialmente curados. Además, completado el curado, es importante someter los bloques a pruebas de control de calidad. Muchas de éstas son descritas en los manuales citados.

[13] El contenido de humedad de equilibrio varía de acuerdo al contenido de arcilla del bloque de adobe. En general éste fluctúa entre 1 y 3% (69).

## 8.0 Referencias

1. ASTM. *Standard Definitions of Terms and Symbols Relating to Soil and Rock Mechanics*. En: 1979 Annual Book of ASTM Standards, Part 19 Soil and Rock; Building Stones; Peats, Philadelphia, American Society for Testing and Materials, 1979, p. 187.
2. HEAD, K.H. *Manual of Soil Laboratory Testing, Volume 1: Soil Classification and Compaction Tests*. Plymouth, Pentech Press, 1980, p. 3.
3. *Id.*, *Ibid.*, p. 146.
4. ASTM. *Op. cit.*, p. 173.
5. CLIFTON, James R. *Preservation of Historic Adobe Structures, A Status Report*. En: NBS Technical Note 934, Washington, DC, Department of Commerce/National Bureau of Standards, 1977, p. 4.
6. *Id.*, *Ibid.*, p. 4.

7. CRATERre. *Construire en terre*. Paris, Alternative et Parallèles, 1979, p. 111.
8. DE SUTTER E., Patrick. *Informe sobre Pruebas de Adobe Aplicado a la Restauración de Monumentos*. Cusco, autor, 1978, p. 6.
9. MIDDLETON, G.F. *Earth-Wall Construction*. En: EBS Bulletin 5, Department of Transport and Construction-Experimental Building Station, Canberra, Australian Government Publishing Service, 1982, p. 11.
10. ADOBE NEWS, INC. *Adobe Codes, A Guide to the Codes of Arizona, California and New Mexico*. Adobe News, Inc., Albuquerque, New Mexico, 1982, pp. 8, 10, 14, 55.
11. CLIFTON, James R. — BROWN, Paul W. — ROBBINS, Carl R. *Methods for Characterizing Adobe Building Materials*. En: NBS Technical Note 977, Washington, DC, USA, Department of Commerce/National Bureau of Standards, 1978, p. 12.
12. CLIFTON, James R. — DAVIES, Frankie. *Mechanical Properties of Adobe*. En: NBS Technical Note 996, Washington, DC, USA, Department of Commerce/National Bureau of Standards, 1979, p. 3.
13. BROWN, Paul W. — ROBBINS, Carl R. — CLIFTON, James R. *Factors Affecting the Durability of Adobe Structures*. Washington, DC, USA, Department of Commerce/National Bureau of Standards, 1978, p. 15.
14. CLIFTON, James R. — DAVIES, Carl R. *Op. cit.*, p. 3.
15. BROWN, Paul W. — ROBBINS, Carl R., CLIFTON, James R. *Op. cit.*, p. 4.
16. TORRACA, G. — CHIARI, G. — GULLINI, G. *Report on Mud Brick Preservation*. En: Mesopotamia VII, Torino, G. Giappeschelli Editore, 1972, p. 263.
17. TORRACA, G. *et alii. Ibid.*, p. 263.
18. *Id.*, *Ibid.*, p. 263.
19. *Id.*, *Ibid.*, p. 263.
20. *Id.*, *Ibid.*, p. 263.
21. CLIFTON, James R. *Op. cit.*
22. CLIFTON, James R. — BROWN, Paul W. — ROBBINS, Carl R. *Op. cit.*
23. CLIFTON, James R. — DAVIES, Frankie. *Op. cit.*
24. ASTM. *Op. cit.*, p. 172.
25. HEAD, K.H. *Op. cit.*
26. WOLFSKILL, Lyle A — DUNLOP, Wagne A. — CALLAWAY, Bob M. *Handbook for Building Homes of Earth*. Washington, DC, Agency for International Development, s.d.
27. MIDDLETON, G.F. *Op. cit.*
28. COMISION DE RECONSTRUCCION Y REHABILITACION DE LA ZONA AFECTADA (CRYZA) — PROYECTO EXPERIMENTAL DE VIVIENDA (PREVI). *Manual para la Construcción de Viviendas con Adobe*. En: Adobe News, N° 12, 13, 14, y 15, Albuquerque, New Mexico, Adobe News Inc., 1976-1977.
29. CRATERre. *Op. cit.*
30. SCHULTZ, Karl V. *Adobe Craft, Illustrated Manual*. Castro Valley, CA., Adobe-Craft, 1972.
31. PROGRAMA COBE. CONVENIO MVC-AID. *Mejores Viviendas de Adobe*. Lima, Ministerio de Vivienda y Construcción/Ofi-

- cina de Investigación y Normalización, 1978.
32. SCHULTZ, Karl V. *Op. cit.*, p. 3.
  33. MIDDLETON, G.F. *Op. cit.*, pp. 7-8.
  34. WOLFSKILL, Lyle A. *et alii.*, *Op. cit.*, p. 11.
  35. *Id.*, *Ibid.*, p. 74.
  36. CRAterre. *Op. cit.*, p. 112.
  37. HAMER, Frank – HAMER, Janet. *Clays*. London, Pitman-Watson Guptill, 1978, pp. 27-28.
  38. CRAterre. *Op. cit.*, p. 111.
  39. SCHULTZ, Karl V. *Op. cit.*, p. 3.
  40. HAMER, Frank – HAMER, Janet. *Op. cit.*, p. 32.
  41. TORRACA, G. *et alii.*, *Op. cit.*, p. 263.
  42. WOLFSKILL, Lyle A. *et alii.*, *Op. cit.*, p. 77.
  43. CRAterre. *Op. cit.*, p. 112.
  44. CLIFTON, James R. – BROWN, Paul W. – ROBBINS, Carl R. *Id.*, *Ibid.*, p. 25.
  45. *Id.*, *Ibid.*, p. 26.
  46. *Id.*, *Ibid.*, p. 26.
  47. CLIFTON, James R. *Op. cit.*, pp. 4-5.
  48. CLIFTON, James R. – DAVIES, Frankie. *Op. cit.*, p. 2.
  49. MIDDLETON, G.F. *Op. cit.*, p. 57.
  50. SCHULTZ, Karl V. *Op. cit.*, p. 5.
  51. DE SUTTER, Patrick. *Ensayo de Manual de Materiales y Métodos Constructivos para la Restauración en la Región Andina*. Cusco, autor, 1978, p. 20.
  52. WOLFSKILL, Lyle A. *et alii.*, *Op. cit.*, pp. 45-49.
  53. HAMER, Frank – HAMER, Janet. *Op. cit.*, pp. 31-33.
  54. CRAterre. *Op. cit.*, pp. 113-118.
  55. *Id.*, *Ibid.*, p. 107.
  56. SAMANIEGO ROMAN, Lorenzo. *Catálogo de Exposiciones de Adobes Pre-hispánicos de los Valles de Sechín, Casma, Nepeña, y Santa (Ancash-Perú)*. Chimbote, Editorial Progreso, s.d.
  57. PROGRAMA COBE. CONVENIO MVC-AID. *El Adobe Estabilizado*. Lima, Ministerio de Vivienda y Construcción, Oficina de Investigación y Normalización, 1978, pp. 10-11.
  58. PROGRAMA COBE. CONVENIO MVC-AID. *Mejores Viviendas de Adobe*. Lima, Ministerio de Vivienda y Construcción/Oficina de Investigación y Normalización, 1978, p. 3.
  59. PARRY, J.P.M. *Brickmaking in Developing Countries*. Watford, Building Research Establishment/Building Research Station, 1979, pp. 11, 79, 82.
  60. SCHULTZ, Karl V. *Op. cit.*, p. 7.
  61. PROGRAMA COBE. CONVENIO MVC-AID. *El Adobe Estabilizado*. Lima, Ministerio de Vivienda y Construcción, Oficina de Investigación y Normalización, 1978, p. 9.
  62. COMISION DE RECONSTRUCCION Y REHABILITACION DE LA ZONA AFECTADA (CRYRZA) – PROYECTO EXPERIMENTAL DE VIVIENDA (PREVI). *Op. cit.*
  63. SCHULTZ, Karl V. *Op. cit.*, p. 8.
  64. DE SUTTER, Patrick. *Ensayo de Manual de Materiales y Métodos Constructivos para la Restauración en la Región Andina*. Cusco, autor, 1978, p. 20.
  65. SCHULTZ, Karl V. *Op. cit.*, p. 8.
  66. MIDDLETON, G.F. *Op. cit.*, pp. 59-63.
  67. MIDDLETON, G.F. *Build Your House of Earth*. Milsons Point NSW, Compendium/Second Back Row Press, 1982, p. 64.
  68. PROGRAMA COBE. CONVENIO MVC-AID. *Mejores Viviendas de Adobe*. Lima, Ministerio de Vivienda y Construcción/Oficina de Investigación y Normalización, 1978, p. 8.
  69. CLIFTON, James R. – DAVIES, Frankie. *Op. cit.*, p. 9.



---

## Construcción en adobe. Ejemplos de restauración

*Sergio Rojo A.*

### Resumen

—Se indican algunas propiedades de la tierra cruda como material de construcción que son pertinentes a la configuración y comportamiento mecánico de las formas estructurales.

—Se dan ejemplos de restauraciones realizadas en que se han aplicado los criterios que resultan de considerar esas propiedades.

### 1. Generalidades \*

#### 1.1 Necesidad de ocuparse de las construcciones de tierra cruda

Un tercio de la población mundial habita en viviendas construidas con tierra cruda.

Muchos monumentos históricos, en todas las regiones del mundo, son de adobe.

La industrialización no ha logrado satisfacer por sí sola las necesidades de vivienda de una población cuyo crecimiento es explosivo.

Los usos constructivos vernáculos continuarán siendo los únicos accesibles para enormes —y tal vez crecientes— grupos de la población del mundo.

Además, la industrialización produce el desprestigio y olvido de las técnicas constructivas tradicionales.

A las anteriores razones para ocuparse de la construcción con tierra cruda, se agrega la de cauterizar la identidad cultural de los pueblos y la de reducir el consumo energético y la contaminación.

\* Este resumen se limita a los aspectos estructurales y excluye precisiones técnicas que se presentaron al Simposio y Curso Taller. Estas se encontrarán en otros trabajos de la presente publicación y en la Bibliografía.

## 1.2 Propiedades importantes de la tierra cruda desde el punto de vista estructural

Las propiedades físicas pertinentes son:

- La plasticidad, que permite conformar la tierra para producir elementos estructurales aprovechables.
- La solidificación, que conservará las formas y las propiedades mecánicas asociadas al estado sólido.

Ambas propiedades dependen de la presencia de partículas pequeñas, arcillas, y del contenido de agua. Un elemento sólido volverá al estado plástico por absorción de agua, aumentando de volumen y perdiendo las propiedades mecánicas. Por desecamiento y, eventualmente, presión, se solidificará con disminución de volumen.

Esta disminución de volumen —retracción de secado— producirá fisuras y deterioro mecánico. Para mantenerla en límites aceptables es necesaria la presencia de granos mayores, arenas, en cantidad suficiente o el armado difuso de la tierra con fibras vegetales u otras.

Las propiedades mecánicas que condicionan el comportamiento estructural son:

- La resistencia a compresión es unas cinco veces mayor que la resistencia a tracción o flexotracción.
- La resistencia al corte está formada por una componente que depende de la adherencia y otra que depende del roce y, por lo tanto, de la presión. Esta componente suele ser más importante que aquélla.

La combinación de ambas propiedades conduce a un comportamiento estructural de tipo frágil —por oposición a dúctil— que es indeseable cuando las sollicitaciones son dinámicas.

La corrección granulométrica, compactación y estabilización físico-química contribuyen a fijar el estado sólido en el tiempo y a aumentar los valores de las resistencias mecánicas, pero no cambian el carácter estructural del material.

## 1.3 Formas estructurales

Quedan condicionadas por las propiedades físicas y mecánicas:

—La pérdida de la solidez por absorción de agua que obliga a proveer aleros en las techumbres, sobrecimientos impermeables y a escoger cuidadosamente los sitios en que se construye o trabajar su geometría.

—La retracción de secado obliga a armar las tierras o reducir su resistencia por adición de arena o disponer juntas de contracción.

—El desequilibrio entre las resistencias a compresión y tracción conducirá a formas estructurales única o predominantemente comprimidas: arcos, bóvedas, cúpulas, columnas, muros con carga vertical y estática y otros en que la resultante de las fuerzas quede contenida en el núcleo de las secciones.

Alternativamente, se usarán armaduras vegetales o metálicas para suplir la debilidad traccional de las tierras y ampliar la familia de las formas estructurales posibles.

—La componente de roce en la resistencia al corte obligará a cargar las secciones en que el corte resulte crítico. Esto implicará la existencia de masas importantes cuya reacción inercial a los movimientos sísmicos es indeseable.

—La fragilidad obligará, para las estructuras construidas en lugares con alto riesgo sísmico, a disponer armaduras y cuidar las configuraciones estructurales con el fin de provocar roturas de tipo dúctil.

También obligará a buscar la mayor redundancia resistente que permita la configuración.

Debemos hacer notar que, con excepción de la pérdida del estado sólido por absorción de agua, el resto de las propiedades enumeradas son comunes a las distintas formas de uso de la tierra sin cocer y también a las albañilerías de ladrillo cocido, a las mamposterías y sillerías de piedra y al hormigón sin armar.

## 2. Ejemplos de restauración

Se comentan los criterios de estructuración y diseño de cuatro obras en que me correspondió atender la consultoría estructural.

Ellas son:

—Templo de San Francisco de Curimón (1972)  
Arquitecto: Rodrigo Márquez de la Plata

—Museo de San Francisco de Santiago (1974)

Arquitectos: Raúl Irrazábal y Exequiel Fontecilla

—Torre del Templo de La Merced de Rancagua (1982)  
Arquitecto: Mario Pérez de Arce.

—Torre de la Hacienda Mendoza (Monasterio Beneditino), Rengo, Chile (1983)  
Arquitectos: Raúl Irrarrazabal & Asociados.

## 2.1 *Templo de San Francisco de Curimón*

La nave del templo data de 1737, y la torre, la tercera, de 1860-1890.

La torre es de madera y totalmente independiente de la nave. Sufrió bastantes daños con el terremoto de La Ligua del 28 de marzo de 1965. Se desplomaron 13 m. del muro sur y se separaron varios contrafuertes del muro norte.

En ese momento la techumbre era liviana, de acero cincado ondulado; los muros de adobe, para una planta de 8 x 44 m. libres interiores, tenían 9,50 m. de altura. El tramo del muro sur, que se desplomó, no tenía contrafuertes.

Se reconstruyó el muro caído agregándole los contrafuertes que no tenía; se reconectaron los contrafuertes despegados, trabando los adobes e introduciendo varias escalerillas de roble repartidas en la altura.

Se sustituyó la techumbre liviana por otra pesada, de teja lomuda pegada con barro y se rebajó la altura de los muros —excepto en la zona del coro— a 7 m.

Estas dos últimas gestiones recuperaron el diseño primitivo de la nave.

### *Comentarios*

—La caída de la zona central del muro sur, alejada de las trabas de esquina de los extremos, acusa la carencia de contrafuertes.

Estos tienen una doble utilidad: por un lado equivalen a un “ensanchamiento” del muro, reduciendo su esbeltez; por otro, se constituyen en puntos débiles localizados — y de reparación factible.

La historia de los contrafuertes del muro norte explica lo anterior: se rompieron en su conexión con el muro, pero, al romperse, disiparon energía y, probablemente, permitieron que el muro mismo sobreviviera a la fase destructiva del sismo, que tiene una duración limitada.

—La ventaja o desventaja de un techo pesado merece comentarse.

Es evidente que para un muro exento, que no forma parte de un sistema de muros, la existencia de una masa considerable al tope de su altura es claramente desfavorable.

La situación no es tan clara si la existencia de dicha masa —y las rigideces y vinculaciones asociadas— tiene en cambio la propiedad de integrar a ese muro en un sistema con mayor redundancia.

Una cubierta de acero cincado ondulado, bien atornillado a la enmaderación, tiene una no despreciable capacidad para actuar como diafragma.

Sin embargo, no es capaz de materializar la restricción del extremo superior del muro por su falta de peso.

Un techo de tejas y barro sobre un entablado continuo, ancho y bien clavado a los pares de la enmaderación, es un buen diafragma con la capacidad de formar una caja en que los muros que están momentáneamente en dirección perpendicular a la del movimiento sísmico reciban apoyo en su coronación a costa de los que tienen dirección paralela y, por lo tanto, resisten con comodidad.

Ese vínculo de la coronación del muro se puede materializar a través de la resistencia al corte, mejorada por la presión debida al peso de la techumbre.

Aunque se presenten deslizamientos en ese vínculo, se sigue obteniendo un beneficio por la disipación de energía consecuente.

—La reducción de la altura disminuye la esbeltez de los muros y mejora su resistencia al volcamiento.

Aunque, para un sismo en particular, no puede demostrarse que una esbeltez menor implique una seguridad al volcamiento mayor, resulta así, indudablemente, para la familia de los sismos.

## 2.2 *Museo de San Francisco de Santiago*

Este templo, el más antiguo de Chile, se construyó entre 1572 y 1618.

El claustro, que aloja al Museo, de habitación reciente, es del siglo XVII.

El Museo contiene una valiosa colección de pinturas sobre la vida de San Francisco.

La parte que se restauró es de dos pisos. Tiene una crujía de 8 m. de ancho más un corredor de 4 m. de ancho; una longitud de 70 m. y una altura de 9,70 m.

Los muros, de adobe, son de un metro de espesor.

El muro adyacente a la calle estaba notoriamente desaplomado en toda su altura.

Según criterios desarrollados con motivo de otros proyectos anteriores, se decidió aceptar el desaplome del muro en primer piso, pero no en segundo.

El muro del segundo piso se demolió y reemplazó por "adobillo", esto es, una tabiquería de pie derecho de roble y relleno de adobe en pandereta, con alambreado diagonal y enlucido de polvillo.

Además, se hicieron partícipes de la estructura otros tabiques de adobillo existentes transversales y se rehizo la techumbre de teja lomuda y enmaderación tradicional de "par y nudillo" con un diseño cuidadoso de los nudos y agregando un diafragma reticular en el plano horizontal de los tirantes.

### *Comentarios*

—El desaplome del muro, que no presentaba daños locales, puede deberse a varias causas.

La más probable es, simplemente, la consolidación diferencial del terreno exterior con respecto del interior. Trescientos cincuenta años de intemperie y tránsito del lado exterior habrán producido una consolidación mayor. El muro interior —entre la crujía de salas y el corredor— con el terreno en condiciones de mantención semejantes a cada lado, se conserva rigurosamente aplomado.

En otras ocasiones los desaplomes se deben a empuje de los pares, defectuosamente conectados al tirante.

En otras, a deformaciones permanentes del muro —o de su fundación— de origen sísmico, por trituration del material en parte de la base de apoyo.

En otras, todavía, a deterioro de la base por efecto de aguas de superficie.

—La seguridad sismorresistente de muros de dos pisos es precaria.

Por eso se han hecho los mayores esfuerzos para aumentar la integración del conjunto estructural y su consiguiente redundancia mecánica.

Los tabiques de adobillo son un ejemplo de elementos estructurales en que se consigue una respuesta dúctil a las cargas dinámicas por la combinación de las propiedades mecánicas de la madera y la tierra cruda.

### *2.3 Torre del Templo de La Merced de Rancagua*

Es una torre, construida en el s. XVIII, de planta pequeña, 3 x 3 m. libres y de 12 m. de altura.

Sus cuatro muros son de adobe y de 1,20 m. de espesor.

Su estado era excelente hasta que alguien, torpemente, abrió un vano para una puerta adyacente a una de las esquinas.

Esta alteración, hecha en fecha reciente, indujo roturas en el muro "como si el vano tratara de centrarse en su paño".

La reparación consistió en cerrar este vano ex-céntrico y recuperar otro, anterior, y centrado en otro de los muros.

La recuperación del vano antiguo no introdujo debilitamiento alguno porque, desde el punto de vista estructural, estuvo siempre "abierto", aunque un trozo de muro de adobes apilados impidiera el paso a través de él.

El vano deteriorante se cerró con albañilería de ladrillos cocidos, pegas de mortero de cemento Portland y un ajuste final con mortero expansivo.

En cierta forma, se levantó el nivel de fundación y sobrecimiento hasta hacer contacto con el muro de adobe.

Aunque por homogeneidad mecánica sería ideal haber llenado el vano con adobes, en la práctica es casi imposible de materializar:

El muro de parche se asienta por la retracción de secado y deja de constituir un apoyo para el muro que está sobre él.

Al mismo tiempo se destruyen los endentados laterales y todo el parche resulta separado.

Para llenar el vano con la albañilería se construyeron pilas paralelas de ladrillo. Se sustituyó el efecto de la traba lateral con armaduras horizontales de malla soldada de acero.

La cara de contacto se escalonó para recibir la descarga del peso superior sobre planos horizontales, siguiendo con la mayor aproximación posible la forma del vano total, esto es, el vano original más el incremento debido a las roturas.

### Comentarios

—El daño producido demuestra el acierto de la recomendación de centrar las aberturas que se practican en un muro de adobe o, por lo menos, alejarlas de las esquinas.

En condiciones estáticas, la descarga del peso —considerable en este caso— tiende a producir, por la asimetría de los llenos, un desplazamiento horizontal del dintel con respecto al suelo hacia el lado del vano.

Este desplazamiento aumenta la presión en la zona del muro inmediata al vano por el lado del lleno mayor.

En condiciones sísmicas el problema se acentúa porque el lleno mayor, más rígido, toma un porcentaje de la carga horizontal que excede del que correspondería a una simple repartición de esa carga en función de las áreas relativas.

El extremo libre del lleno mayor es la zona crítica, y es, justamente, la que se dañó.

Finalmente, la zona de las esquinas de una torre como ésta es la más valiosa desde el punto de vista estructural, puesto que se conforma con dos muros que se traban entre sí.

Un vano mal colocado destruye este elemento valioso.

## 2.4 Torre de la Hacienda Mendoza en Rengo

Es una torre del s. XVII, tal vez posterior a 1655, que tuvo funciones representativas y de atalaya.

Tiene 6 x 6 m. libres de planta y una altura de 12 m. Muros de adobe de 1 m. de espesor y entrepisos a los tres y nueve metros de altura.

Está en perfecto estado de conservación debido a su excelente construcción: los entrepisos amarran muy bien los muros entre sí y, además de ellos, posee

abundantes escalerillas de roble intermedias.

Se intervino para practicarle algunos vanos nuevos y agregar un tercer entrepiso a los seis metros de altura.

Estos cambios se deben a nuevas necesidades funcionales, porque la torre forma parte ahora de la sede del Monasterio de Monjas Benedictinas de Nuestra Sra. de La Asunción.

Los nuevos vanos son pequeños, estrictamente centrados y enmarcados en roble.

El nuevo entrepiso mejorará la tabicación de los muros.

### Comentarios

—No hay comentarios negativos que hacer.

Sí cabe celebrar su excelente calidad constructiva, simetría de diseño y ausencia de puntos débiles o críticos. La presión estática en los muros es del orden de los 2 kg/cm<sup>2</sup> y la compresión dinámica —para un diseño sísmico según Normas— no excede a la anterior en más de un 50%.

Esto se debe a la poca esbeltez de la estructura total.

Los entrepisos no representan más de un 1,3% del peso total de la torre, situación que hacemos notar porque es habitual en construcciones de adobe y muy diferente a la que se presenta en estructuras de hormigón o de acero.

En una torre de adobe u otra forma de tierra cruda, con un espesor considerable de los muros, no es realista suponer las masas concentradas al nivel de los entrepisos para el estudio de la respuesta estructural a las sollicitaciones sísmicas.

## Bibliografía

*Construire en terre* CRAterre. Editions Alternative et Parallèles Collection AnArchitecture. 1979 (Contiene información técnica detallada y abundante bibliografía).

*Des architectures de terre* Centre Georges Pompidou/CCI. 1981. *La protección de monumentos históricos en áreas sísmicas* PNUD/UNESCO 1983. Publicación del Proyecto Regional de Patrimonio Cultural.



## Evaluación de fallas estructurales y monitoreo de movimientos estructurales en construcciones y ruinas de adobe

*Todd Rutenbeck*

La evaluación de las fallas estructurales en edificaciones de adobe comienza normalmente con una inspección ocular y un estudio de la historia estructural. Es esencial localizar las rajaduras estructurales y deducir las causas probables. Una plomada ayudará a ubicar las secciones de los muros seriamente desplomados, y se puede indicar en un gráfico los perfiles de las secciones más críticas, para determinar la probabilidad de derrumbe. Las vigas, los suelos o los techos pandeados indican un movimiento estructural y, posiblemente, que algunos elementos de la estructura están debilitados. Además de los evidentes defectos estructurales corrientes, debería observarse las condiciones que podrían causar problemas futuros. Los problemas de drenaje de superficie, suelos, vegetación, humedad, animales y drenaje del techo constituyen algunos ejemplos. Es importante conocer los detalles históricos estructurales, tales como las fechas de las actividades sísmicas registradas, las fuentes de vibración, fechas de

trabajo de reparación anterior o daño mayor, datos de estudios estructurales anteriores y fotos que muestren la condición estructural anterior. Deberán observarse las muestras de adobe debilitado o humedecido junto con las señales de daños producidos por el uso actual del edificio. Sin embargo, lo más importante son los signos de cambios recientes en la estructura. Los pedazos de enlucido o adobe desprendidos recientemente, las rajaduras que se han anchado o alargado y las nuevas rajaduras estructurales indican la existencia de movimiento estructural actual.

Los elementos estructurales inestables se dividen en dos categorías generales: (1) aquéllos cuya geometría o resistencia del material es tan inestable que pequeños aumentos en la carga podrían causar un colapso instantáneo, y (2) aquéllos que tienen pequeños defectos que aumentan lentamente y pueden producir un colapso en el futuro. Indicios tales como el desmoronamiento de bloques de adobe, enlucido des-

prendido, muros seriamente inclinados, vigas o columnas rotas y adobes o ladrillos sueltos podrían incluirse en la primera categoría, que requiere un trabajo de reparación inmediata. Los de la segunda categoría son más difíciles de tratar. Es necesario separar los defectos estructurales aparentes de los defectos estructurales reales, debido a los costos de reparación y a consideraciones de conservación. Un muro inclinado ligeramente puede aumentar su inclinación cada año hasta colapsar. Sin embargo, podría haber sido construido desde un inicio desaplomado, y no haberse movido desde entonces, lo que significa que no está en peligro de derrumbarse. Las rajaduras en las paredes o cúpulas de adobe pueden ensancharse cada año debido a defectos en los cimientos y eventualmente podrían llevar a un derrumbe. También una causa podría ser los cambios estacionales de temperatura o humedad, o la retracción o asentamiento de los cimientos que tuvo lugar inmediatamente después de la construcción, y por lo tanto no representa más amenaza para la estructura que el producir goteras. Las vibraciones de ferrocarriles, autopistas, o estallidos sónicos pueden dañar las estructuras, pero en algunos casos resultan inofensivas. Estas consideraciones a menudo llevan a iniciar un programa de monitoreo estructural para medir los movimientos graduales y determinar qué defectos aparentes en realidad conducen hacia el derrumbe.

El monitoreo estructural puede ser una técnica muy valiosa para evaluar las estructuras de adobe, pero algunas veces falla debido a una mala planificación. Con frecuencia, se instalan instrumentos en una estructura con propósitos no muy claros. Debe haber una decisión de conservación bien definida, que la información obtenida ayudará a determinar. Por ejemplo, cuando se sospecha la existencia de daños producidos por una vibración del tráfico, con frecuencia se instalan sismógrafos en los monumentos históricos. Toma varios años recolectar datos que registren la intensidad y duración de las cargas de vibración. Después es evidente que si bien se ha determinado el nivel de la carga sísmica, nadie sabe si esta intensidad de vibración es suficiente para causar daño a la estructura. Lo que se necesita, en realidad, es una medida coincidente con el daño estructural, tal como medir el ancho de una rajadura que aumenta, lo que podría relacionarse con los

niveles de carga sísmica. Luego, podría tomarse una decisión para limitar el tamaño de los vehículos que circulan cerca, a fin de permanecer por debajo del nivel crítico de vibración. Otros problemas que surgen en programas de monitoreo incluyen un falso sentimiento de seguridad al hacer el registro de una estructura que puede fallar instantáneamente, el monitoreo cuando ya se ha decidido reparar la estructura, y el empleo de instrumentos de una precisión insuficiente. Por ejemplo, supongamos que debe evaluarse periódicamente el ancho de una rajadura entre un muro inclinado y un muro colindante. Si al graficar el perfil de la pared inclinada se indica que la pared está en un punto de equilibrio, es probable que ésta se derrumbe instantáneamente debido a una sola perturbación como la vibración, o la carga debida a un viento fuerte. El monitoreo puede no mostrar cambios graduales en el ancho de la rajadura y dar un sentido falso de seguridad en esta situación peligrosa. El monitoreo sería apropiado si la parte superior del muro debe inclinarse algunos milímetros antes de que esté en peligro de derrumbe. Aun en este caso resultaría inútil el esfuerzo de monitoreo si ya se hubiera tomado la decisión de construir contrafuertes, o si se hubiera hecho el examen con precisión insuficiente para predecir los movimientos direccionales antes de que se alcance el ángulo crítico de inclinación. Sólo un programa de monitoreo bien planificado, con metas definidas e instrumentos apropiados, será útil para la toma de decisiones de conservación.

El propósito del monitoreo estructural es, entonces, detectar los movimientos estructurales graduales que puedan llevar al colapso. Un programa bien diseñado de monitoreo permite tomar decisiones definidas basadas en los resultados. Si no se registran movimientos progresivos, la estructura histórica puede dejarse sin alterar. Si se detectan movimientos progresivos, debe llevarse a cabo, a tiempo, un trabajo de estabilización para prevenir el colapso. Es necesario, por lo tanto, poder distinguir entre movimientos progresivos que llevarán a derrumbe y cambios estacionales que son inofensivos. Es necesario también saber cuánto movimiento puede tolerarse antes de que se derrumbe. Esto requiere la precisión y exactitud de los instrumentos que se van a utilizar.

Los movimientos estructurales, tales como el cambio en el ancho de rajaduras, la inclinación de muros, la deflexión o el asentamiento de los cimientos, por lo general se grafican como movimiento en función del tiempo. De esta manera, al examinar una rajadura estructural no es necesario medir el ancho de la grieta existente. Se instala un instrumento de medición (*gage*) a través de la rajadura y se registra la lectura del medidor. Se resta esta lectura inicial de cada lectura subsiguiente, a fin de determinar el cambio habido desde la instalación del medidor. Estos cambios en el ancho de la rajadura se grafican en función del tiempo en días. Las fluctuaciones que muestra este gráfico se componen tanto de cambios estacionales como de movimientos progresivos. Si sólo ocurren cambios estacionales, el gráfico fluctuaría por encima y por debajo de la línea del cero, pero después de un año de registrar datos el cambio total sería aún aproximadamente cero. Si tuvieran lugar movimientos progresivos, el gráfico seguiría alejándose de la línea cero. Los movimientos estacionales causarían variaciones en el gráfico, pero sería evidente la tendencia general en una dirección.

Las variaciones estacionales ocurren por dos motivos. El primero se compone de cambios reales en la estructura debidos a cambios estacionales o diarios en la carga, temperatura y humedad. El segundo se debe a cambios en la instrumentación. Estos incluyen la expansión térmica y contracción del instrumento y sus abrazaderas de montaje, errores de lectura y las inexactitudes del instrumento. Cuando recién se empieza un programa de monitoreo, se tiende a emplear mucho tiempo en las variaciones estacionales del instrumento. Rara vez es necesario hacer un cálculo de la expansión térmica de las abrazaderas y del instrumento, ni aplicar correcciones en la temperatura de los medidores electrónicos y sus dispositivos de lectura. Al registrar los datos, se hace evidente la diferencia en los movimientos progresivos y los movimientos estacionales. En vista de que el propósito principal es detectar los movimientos progresivos, no es normalmente necesario separar los dos tipos de movimientos estacionales. Desde luego, los instrumentos empleados deberían tener una variación con la temperatura lo menor posible, pero una vez que se ha completado la instalación, rara vez es necesario calcular estas variaciones.

Una función de la geometría estructural es determinar cuánto movimiento progresivo puede tolerarse antes de que ocurra un colapso. Una rajadura vertical en un paramento libre puede ensancharse indefinidamente sin peligro de colapso mientras el segmento del muro permanezca vertical. Si un segmento de paramento libre se ladea en conjunto, es fácil calcular qué grado de inclinación causará su derrumbe. La mayoría de las fallas estructurales no se analizan tan fácilmente, y gran parte de las predicciones de cuán lejos puede progresar el movimiento antes del derrumbe son sólo estimaciones. Aun en el simple caso de un gran paramento libre de adobe inclinado peligrosamente, el cómputo ideal de la cantidad de movimiento necesario para causar derrumbe no lo representaría. El muro es estable mientras que el centro de la masa del muro no se incline más allá del centro de  $1/3$  de la base del muro. En este punto, se producen tensiones de tracción, y el adobe con mortero de barro tiene poca resistencia a la tracción; sin embargo, no se caerá el muro. A medida que se producen las rajaduras de tensión, el muro puede pandearse y cambiar de forma. Algunos segmentos pueden inclinarse más allá del punto de equilibrio (cuando el centro de la masa está por encima del borde exterior de la base del muro) sin derrumbarse, simplemente porque las secciones colindantes más verticales del muro suministran apoyo a las secciones inclinadas a través de la fricción producida entre los bloques de adobe. De este modo, la mayoría de las estimaciones son conservadoras, tratando la sección dañada como si fuera un paramento libre e ignorando el soporte de las secciones colindantes, lo cual es difícil de calcular.

La exactitud necesaria de los instrumentos depende de la cantidad estimada de movimiento que tendrá lugar antes del derrumbe. Si un movimiento de sólo diez milímetros puede causar derrumbe, un instrumento preciso de 0.01 mm. permitiría 1000 unidades de movimiento antes del derrumbe, permitiendo así que se observen movimientos graduales antes del derrumbe. Un instrumento con una precisión de 5.0 mm. permitiría sólo dos unidades de movimiento antes del derrumbe, no lo suficiente para percibir las tendencias graduales.

Los esfuerzos de monitoreo a menudo fallan por falta de instrumentos exactos. Las tiras de vidrio pe-

gadas a través de rajaduras o las medidas tomadas con una regla entre dos puntos marcados a lápiz a menudo tienen resultados inservibles debido a la poca precisión, mientras que el uso de un medidor mecánico de cuadrante de US\$ 60.00 podría haber dado resultados exactos hasta 0.01 mm. Este costo es pequeño en comparación con los honorarios del personal encargado de registrar y analizar los datos.

Los costos de los instrumentos varían mucho, de acuerdo a las necesidades del proyecto de monitoreo. El ancho y la desviación de las rajaduras pueden examinarse con precisión utilizando medidores mecánicos de cuadrante de US\$ 60.00, siempre que sea posible llegar hasta ellos periódicamente para realizar las lecturas. Si para llegar a los medidores se necesita andamijos o ascensores, sería más barato, a la larga, instalar medidores electrónicos de US\$ 700.00 que permitan la lectura a distancia. Los medidores electrónicos permiten también el registro de datos electrónicos automáticos en casos donde es necesario un registro continuo de datos.

Se puede detectar el asentamiento de los cimientos y del suelo con un teodolito exacto. Mientras que los costos iniciales del equipo preciso de nivelación pueden ser de aproximadamente US\$ 9,000, existe un pequeño costo adicional para la compra de mojoneros de bronce necesarios en cada lugar como puntos de referencia. Así, una vez adquirido el equipo, se puede utilizar en numerosos lugares a un pequeño costo adicional. Dicho equipo (consta de un indicador de nivel preciso con micrómetro óptico, trípode y barras de acero [invar] con barras de apoyo) lee la elevación directamente a 0.1 mm. con estimados de 0.01 mm. En el trabajo de monitoreo estructural frecuentemente existen errores finales de menos de 0.20 mm.

Se pueden detectar las variaciones en la inclinación del muro por varios métodos, dependiendo de la exactitud que se requiere. Se pueden registrar periódicamente los perfiles del muro utilizando dos plomadas, colgadas una de cada lado del muro, a cierta distancia conocida. Al comparar los perfiles, se puede detectar cualquier cambio mayor en la inclinación. Se pueden obtener lecturas más precisas si se utilizan plomadas fijas con braquetes. Estos braquetes o soportes se fijan en el muro permanentemente. El soporte superior

sujeta la cuerda en un sitio exacto. La plomada se suspende de esta cuerda, extendida debajo del soporte inferior, que tiene una superficie de referencia para medir la distancia entre la cuerda y el soporte con calibradores de maquinista. Las plomadas así fijadas son capaces de leer con una exactitud de alrededor de un milímetro. Los indicadores electrónicos de inclinación ofrecen una precisión de lectura mayor, pero cuestan aproximadamente US\$ 1,000 cada uno.

Si bien la exactitud, el costo y la disponibilidad son los factores más importantes al escoger los instrumentos, existe un factor adicional importante: la habilidad del recolector de datos. En muchos casos, la persona a cargo de las lecturas no está técnicamente capacitada y los buenos resultados dependen del uso de instrumentos que sean fáciles de leer sin error. Por ejemplo, al determinar la inclinación de la pared con plomadas fijas se necesita una gran habilidad para estimar el centro de la cuerda que siempre oscila ligeramente y habilidad para leer los calibradores. Un medidor de inclinación daría una lectura digital que puede escribirse simplemente en un libro de datos. Para medir el ancho de una grieta, el medidor de cuadrante (*dial gage*) se lee usualmente con facilidad, pero existe menor riesgo de error con la lectura digital de un medidor electrónico. Las lecturas de los indicadores a distancia también reducen los riesgos de alteración accidental de la instalación del medidor. De allí que debe tenerse en cuenta la facilidad para obtener lecturas precisas. Afortunadamente, sin embargo, la mayoría de los errores de lectura ocasionales son similares a las variaciones estacionales: se ponen en evidencia al graficar los datos. Sería casi imposible cometer errores de lectura constantemente de modo que se indique un movimiento progresivo cuando no existe.

El monitoreo de movimientos estructurales en construcciones y ruinas de adobe, usado debidamente, puede ayudar en la evaluación de fallas estructurales aparentes. A pesar que no puede prevenir contra un colapso instantáneo, puede prevenir contra movimientos estructurales que aumentan gradualmente hacia el colapso. Al determinar qué defectos aparentes son peligrosos en realidad, y cuáles son inofensivos, el monitoreo estructural puede evitar modificaciones innecesarias en una construcción histórica.

## La conservación de los edificios de adobe: cómo examinar y evaluar el deterioro\*

Anthony Crosby

Este trabajo tratará de cómo examinar un edificio de adobe de manera lógica, a fin de detectar los problemas existentes, así como los efectos que resultan de los procesos de deterioro.

Comenzaré por analizar el proceso de examen, luego hablaré de ejemplos específicos y de las diversas maneras de obtener respuestas específicas a las preguntas que surgen frente a los procesos de deterioro.

El examen de un edificio o estructura de adobe en vista de su conservación, es, sencillamente, el proceso necesario para poder determinar las causas del deterioro. Una vez determinadas las causas, éstas pueden eliminarse — o aceptarse si la eliminación no es posible ni práctica. La palabra importante aquí es “causas”: si bien el deterioro visible en sí tiene que ser reparado, pues de lo contrario puede convertirse en causa de nuevo deterioro. Una reparación realizada sin atacar la causa misma del problema no tendrá resultados durables. El *proceso* en sí mismo también pue-

de resultar interesante y, en algunos casos, será necesario conocerlo para determinar la causa; sin embargo, el conocimiento del proceso sin la eliminación de la causa no será una solución de largo plazo.

La manera más lógica de determinar las causas del deterioro es empezar el examen buscando los signos visibles de deterioro para luego llegar, a través del proceso, a la causa. Otra manera igualmente importante es la de buscar cuáles son las causas potenciales. Por ejemplo, habría que buscar cuáles son las causas reales que producen la erosión basal. La investigación podría llevar a determinar que la causa es una excesiva salpicadura del agua de lluvia, y que no se trata de un problema de escurrimiento superficial ni de humedad capilar. Una napa freática alta puede ser la causa potencial de un problema serio y debe in-

\* Versión abreviada.

vestigarse. Todo examen debe analizar tanto el deterioro visible como sus causas.

El examen debe portar sobre:

### A. El deterioro, resultado de los problemas:

1. Erosión basal
2. Erosión superficial
3. Rajaduras, grietas y pandeo
4. Hundimiento o deslizamiento
5. Dislocación en la coronación de los muros
6. Colapso

### B. Los problemas, o causas del deterioro:

1. Agua corriente
2. Viento fuerte
3. Napa freática alta
4. Humedad ambiental relativa alta
5. Concentración de agua pluvial
6. Cargas exteriores

Los métodos para determinar los resultados y los problemas pueden ser complicados y tecnológicamente avanzados, tales como son las micro-ondas y el láser. Otros métodos son menos complejos pero resultan también costosos o inaccesibles. Sin embargo, los resultados que se obtienen con este tipo de equipo pueden replicarse —hasta cierto punto— usando técnicas comunes. Quizá los instrumentos más importantes sean las plomadas, niveles, sondas y termómetros que están fácilmente a la mano de cualquiera. Pero aún más simple es otro instrumento: el propio investigador, que tiene un amplio conocimiento del material y un respeto hacia él. Queda por verse, pero esta última y sencilla "herramienta" es, quizá, más difícil de encontrar que otras tecnológicamente más complejas.

### C. Causas (Procesos)

¿Cuáles son los procesos en sí que tienen como resultado la erosión basal, el colapso de muros, las grietas o el pandeo?

¿Qué es lo que realmente causa estos resultados?

1. *Causas de la erosión basal*

- a. Túneles cavados por roedores
- b. Ciclos de mojado/seco
- c. Ciclos de congelamiento/deshielo
- d. Salpicadura de agua
- e. Hidratación/deshidratación de sales solubles

#### 2. *Causas de la erosión superficial*

- a. Abrasivos portados por el viento
- b. Agua corriente
- c. Insectos
- d. Ciclos de congelamiento/deshielo
- e. Ciclos de mojado/seco

#### 3. *Causas de las grietas, pandeo e inclinación*

- a. Cargas exteriores
- b. Humedad al interior del muro
- c. Aumento de cargas de compresión

#### 4. *Causas de las fallas en las superficies de protección (enlucidos)*

- a. Las mismas que causan erosión superficial (ver arriba)
- b. Humedad interior

#### 5. *Causas del colapso de muros*

- a. Cargas exteriores
- b. Humedad en el muro
- c. Reducción del área del soporte

#### 6. *Causas de desplazamiento o dislocación en la coronación del muro*

- a. Ciclos de mojado/seco
- b. Humedad en el muro

Varios de estos procesos, tales como los ciclos de mojado/seco y de congelamiento/deshielo, así como la presencia de humedad al interior del muro, ocurren con frecuencia. Los otros procesos son menos corrientes.

### D. Explicación de los procesos

1. *Ciclos de mojado/seco*
  - a. Asociados con sales solubles

- b. Asociados con tipos de arcillas
- c. Número de ciclos, duración de éstos. Esto es importante pero también difícil de evaluar.

## 2. Ciclos de congelamiento/deshielo

- a. Dependen de la humedad
- b. Dependen de la temperatura

## 3. Efecto de capilaridad

- a. Contenido crítico de humedad
- b. Depende de una fuente (de agua)
- c. Mecanismo

## 4. Humedad al interior del muro

- a. Condensación interna
- b. Condensación capilar
- c. Gotera sobre la coronación del muro
- d. Efectos de las propiedades mecánicas

## 5. Agua corriente

- a. Mojado o salpicadura de la superficie
- b. Incremento del contenido de humedad

## 6. Incremento de cargas

- a. Área de carga reducida

## E. Causas en sí

- 1. Napa freática alta
- 2. Drenaje inadecuado
- 3. Cañerías rotas con pérdida de agua
- 4. Roedores

- 5. Insectos
- 6. Goteras en los techos, canaletas, etc,
- 7. Humedad ambiental relativa alta
- 8. Movimientos sísmicos, fuerza lateral

De estas ocho causas comunes que producen deterioro en el adobe, cinco están directamente vinculadas a la presencia de agua. Cuatro de estas cinco podrían agruparse bajo una causa común: la presencia de agua libre.

## Resumen

Hemos indicado algunas de las causas más comunes que inician procesos que luego resultan en un deterioro visible. No hemos hablado mucho de las medidas de corrección. Algunas son obvias: si la parte superior (coronación) de un muro se satura de agua debido a la existencia de una gotera, debe repararse la gotera. Las soluciones para los problemas causados por una napa freática alta, o la ausencia de cimientos impermeabilizados, no son tan evidentes y tampoco tan sencillas.

Una palabra al terminar. Se ha dicho ya pero es necesario repetirlo: para poder identificar el deterioro, analizar los problemas y buscar soluciones, el instrumento más importante con el que podemos contar es el conocimiento, o mejor, la comprensión del material. Un conocimiento de sus ventajas y desventajas llevará a saber qué procesos de deterioro se pueden eliminar y cuáles deben sencillamente aceptarse. Es necesario *comprender* el material adobe para saber que cierto tipo de deterioro visible debe aceptarse y tratarse, en vez de eliminarse.



## Terremotos y estructuras de tierra

Julio Vargas Neumann

### 1. Introducción

Las primeras edificaciones que hizo el hombre fueron de tierra y hasta hoy, en muchas regiones del mundo, se construye básicamente con tierra.

Las construcciones de tierra, como las de cualquier otro material, tienen una serie de ventajas y desventajas. En función de ellas y de las características ecológicas de cada zona, resulta el mayor o menor uso de este tipo de edificaciones.

Entre las ventajas se puede enumerar las siguientes:

- a. Simplicidad de ejecución.
- b. Economía.
- c. Aislamiento térmico y acústico.
- d. Producción sin consumo de energía.

Las mayores desventajas podrían ser:

- a. Precaria durabilidad (erosión, humedecimiento, etc.).
- b. Fragilidad frente a desastres naturales (sismos e inundaciones).
- c. Disminución de los espacios efectivos debido al grosor de los muros.
- d. Poca aceptabilidad social.

La tecnología moderna ha estado desarrollando en las últimas décadas materiales nuevos, propios de países industrializados. Menos esfuerzo se ha invertido en la solución o control de las deficiencias de los materiales primitivos o naturales, más propios de los países del Tercer Mundo.

Una revisión de las ventajas y desventajas presentadas nos permite concluir que las primeras son ca-

da vez más importantes en el mundo de hoy; las segundas son superables con el auxilio de nuevos conocimientos técnicos y programas educativos de apoyo estatales.

## 2. Los terremotos

La corteza terrestre está dividida en alrededor de 20 placas que se desplazan sobre el manto de la tierra e interaccionan entre sí. En las zonas de encuentro de dichas placas se disipa la mayor parte de la energía sísmica mundial, sin que esto signifique que en otros puntos del globo, puedan producirse fallas de la corteza que originen terremotos.

Durante un sismo, se produce en la base de las edificaciones un movimiento dinámico, que induce vibraciones en todos los elementos del edificio. En ingeniería, es posible estimar los niveles de amplificación de esas vibraciones en términos de desplazamientos, velocidades y aceleraciones, los que sirven para realizar diseños adecuados.

Las estructuras deben estar preparadas para es-

te tipo de movimientos y esto significa conocer primero el comportamiento dinámico de las estructuras, para luego efectuar un diseño correcto.

## 3. Comportamiento sísmico de las construcciones de adobe

En general, la forma más simplificada de representar o idealizar una estructura con vibración en la base, es la de un oscilador tipo péndulo invertido. (Ver Figura 1). Estamos imaginando la masa de la construcción concentrada y conectada al suelo por un fleje que representaría su flexibilidad con un cierto grado de amortiguamiento.

A este modelo equivalente le ocurrirá un movimiento en la base, que también en su forma más simple podríamos representar por el registro de un terremoto como el de la Figura 2-a. Este registro produce movimientos de la masa que si fueran medidos permitirían graficar la Figura 2-b. Es fácil comprender que este último movimiento depende de la magnitud de la masa, la flexibilidad del fleje, su grado de amortiguamiento.

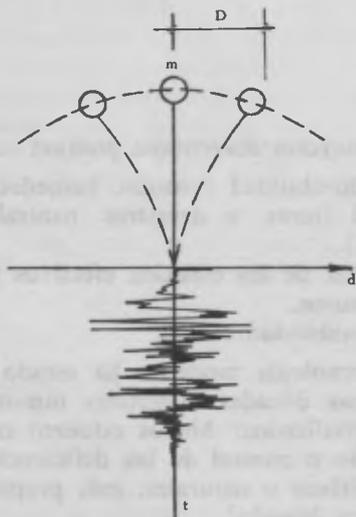


Fig. 1. Modelo dinámico simplificado.

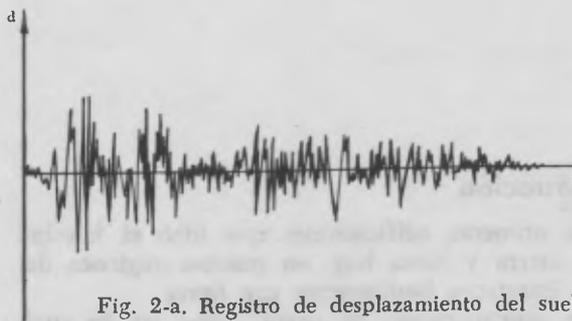


Fig. 2-a. Registro de desplazamiento del suelo.

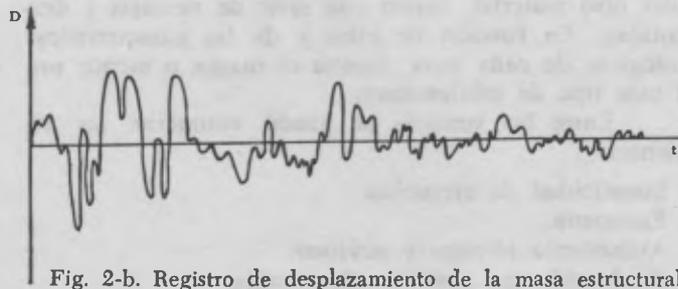


Fig. 2-b. Registro de desplazamiento de la masa estructural.

to y por supuesto del registro del terremoto que lo origina.

El resultado de la vibración puede producir o no la falla del modelo y esto depende de la resistencia del fleje y de un concepto fundamental que es la ductilidad del mismo. Es decir, su capacidad para deformarse en el rango inelástico — que es cuando realmente disipa energía.

Un buen diseño sismo-resistente involucra una serie de conceptos simultáneamente. Haciendo un esfuerzo para resumirlos, podrían mencionarse las características positivas que las estructuras deben poseer:

—Liviandad, para disminuir la masa y por tanto las fuerzas entre los distintos elementos.

—Ausencia de puntos críticos de concentración de esfuerzos, lo que se obtiene definiendo arquitecturas adecuadas:

- Distribución simétrica de elementos.
- Densidad de muros y elementos uniforme.
- Continuidad en las formas y volúmenes.
- Uniformidad de material, rigidez y ductilidad.
- Conexiones adecuadas, que garanticen la posibilidad de movimientos dúctiles.
- Resistencia suficiente, para soportar los esfuerzos.
- Deformabilidad limitada.

Con relación a las construcciones de tierra, para analizar su comportamiento vamos a distinguir dos tipos:

- Construcciones de mampostería (adobe y tapial).
- Sistemas continuos (madera o caña con barro).

### 3.1 Construcciones de Mampostería

#### a. Mamposterías masivas

Muy utilizadas en la antigüedad para edificaciones de tipo monumental, templos y fortalezas. En la costa peruana hay famosos ejemplos de este tipo: la fortaleza de Paramonga, Templo del Sol en Pachacamac, Puruchuco, etc.

Las grandes dimensiones de sus principales elementos las convierten en invulnerables frente a las acciones sísmicas. En general son construcciones de una

gran rigidez y, por tanto, las vibraciones que sufren son prácticamente las mismas que las del suelo de fundación. Es decir, no existen las amplificaciones del movimiento propias a la respuesta estructural.

En estas estructuras el problema más agudo es el de la durabilidad y no precisamente el sísmico. El caso mencionado de Pachacamac por ejemplo, construido de adobes asentados con mortero de barro de igual calidad que el bloque, constituye un ejemplo de resistencia sísmica en base a la forma estructural. La calidad del adobe o mortero es muy baja. Se trata de un suelo con un alto contenido de arena y muy poca plasticidad por no tener suficiente arcilla. La resistencia al corte de esta mampostería es extremadamente mala. Prueba de ello es que los elementos de mampostería relativamente esbelta prácticamente han desaparecido, y aún los recientemente restaurados se encuentran muy fisurados (Templo de la Luna).

El uso de este material se explica por la localización de la ruina en las cercanías del mar, en una zona desértica arenosa.

#### b. Mamposterías esbeltas o de elementos tipo pared

Las construcciones antiguas (pre-incaicas o incaicas) realizadas con esta clase de elemento, en general han desaparecido debido a los movimientos sísmicos. Han perdurado solamente aquéllas que se han conservado por haber estado enterradas o por tener una esbeltez limitada, es decir, una relación altura-espesor no muy alta. La construcción colonial de adobe corresponde a este tipo de mampostería.

Cabría distinguir dentro de este grupo, dos subtipos de mampostería:

- Muros lineales o cercos.
- Construcciones de muros encontrados, generalmente ortogonales (viviendas u otros).

El comportamiento sísmico de los muros lineales es interesante. La primera preocupación es el volteo. Sin embargo, bajo la acción dinámica los muros vibran transversalmente pero no en forma uniforme. Es decir, mientras partes del muro tienden a caer hacia la izquierda, otras tienden a caer hacia la derecha, formando ondas sinusoidales si se mira desde arriba. Esta on-

dulación produce fisuras verticales que dividen al muro en tramos y si el movimiento persiste algunos de ellos, o finalmente todos, caen.

La estabilidad dinámica al volteo de muros es materia de especial interés, y actualmente se está desarrollando una investigación para definir las características de dicho proceso. Como los sismos tienen impulsos que cambian de dirección en fracciones de segundo y el muro posee una fuerte inercia rotacional, no es tan sencillo producir el volteo de un tramo de muro.

Los resultados de esta investigación permitirán conocer la severidad de los sismos (a igualdad de características) que pueden soportar los cercos incaicos o pre-incaicos que hasta hoy perduran; con lo cual se conocerá un límite superior (no ocurrido) de los sismos, desde esa época hasta el día de hoy, dato muy útil para los estudios de Riesgo Sísmico de grandes obras de infraestructura (Centrales Nucleares, Hidroeléctricas, etc.) que son diseñadas para sismos con períodos de retorno muy grandes (100 años, 200 años, etc.).

El comportamiento sísmico de construcciones de adobe de muros encontrados es más complejo aún. En términos prácticos no es posible idealizar su comportamiento.

Como el material es muy frágil, la vibración desordenada de los muros, cada uno de distintas dimensiones y condiciones de apoyo, produce esfuerzos de flexión y de corte que generalmente se concentran en los encuentros de los muros.

Producidas las fisuras verticales en los encuentros de muros, cada uno de ellos vibra aisladamente como en el caso de los muros lineales, con la diferencia que normalmente se desploman hacia afuera por el interaccionar entre ellos.

Secundariamente, también se producen fisuras de corte, de tipo diagonal, cuyas rutas críticas van siguiendo preferencialmente las esquinas de las ventanas u otros vanos.

El conocer estos tipos de falla es fundamental para operar en los trabajos de reconstrucción y también para las nuevas obras. El tratamiento especial de los encuentros o esquinas, así como el de los vanos es fundamental.

Otra zona crítica en las construcciones de adobe, es la del encuentro entre muros y techos. El peso de los techos concentra empujes horizontales en la parte superior de los muros cuando ocurre un sismo. Esto produce fallas parciales o volteo de los mismos, que a su vez arrastra la caída de los techos.

De lo expuesto, es posible concluir que un factor fundamental para la estabilidad de las construcciones de adobe, es la relación altura-espesor.

El tamaño de los vanos y sus posiciones en cada pared (deben ser pequeños y centrados), así como las formas de las plantas de las habitaciones (que deben tender a ser cuadradas), son otros factores de importancia.

La única manera de lograr que los distintos muros de una construcción trabajen en conjunto y no aisladamente, lo cual mejora grandemente su estabilidad, es colocando refuerzos de materiales dúctiles (madera, caña, alambre, etc.). Este enunciado es válido tanto para construcciones nuevas donde es más sencillo colocar el refuerzo, como para las existentes donde es posible colocarlo exteriormente.

### **3.2 Sistemas continuos**

Consisten en construcciones de madera o caña como elementos estructurales (pórticos), que utilizan la tierra para crear elementos de cerramiento (paredes y techos).

El comportamiento sísmico de estas construcciones puede llegar a ser muy adecuado, si se logra un comportamiento integral y flexible y esto depende de la calidad de las conexiones, que son los puntos críticos.

Es muy importante reducir en lo posible el peso de los componentes de tierra y garantizar la durabilidad de la madera o caña.

## **4. Investigaciones realizadas**

El Departamento de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú ha realizado varios trabajos de investigación sobre construcciones de tierra, cuyos títulos de publicación pueden verse en las Referencias Bibliográficas.

Aquí describimos sucintamente su contenido:

### Referencia 1

Se utilizó por primera vez el método estático de ensayo de estructuras de tamaño natural colocadas sobre una base inclinable de 4 m. x 4 m. Una serie de estructuras de cuatro paredes encontradas y de 2,6 m. x 2,6 m. x 2,4 m. de altura —sin techo— y con variado número y ubicación de vanos y diferentes diseños de refuerzos se probaron sobre esa base, cuya indicación podía simular aceleraciones horizontales, estáticas, de 23 hasta 42 por ciento de la aceleración de gravedad.

### Referencia 2

Se obtuvo información básica sobre varios parámetros elásticos de interés en la construcción con tierra a través de variados ensayos: compresión cúbica y prismática, flexo-tracción (ensayo brasileño), compresión diagonal, corte, flexión en muros, volcamiento, etc.

### Referencia 3

Se insistió en la búsqueda de la ductilidad a través de refuerzos de caña y se revisaron y completaron los datos necesarios de resistencia al corte y otras, continuando lo iniciado en la Referencia 2, y con miras a disponer de valores utilizables para hacer proposiciones en el Reglamento Nacional de Construcciones.

Se obtuvieron buenos niveles de ductilidad. Ver

Fig. 3.

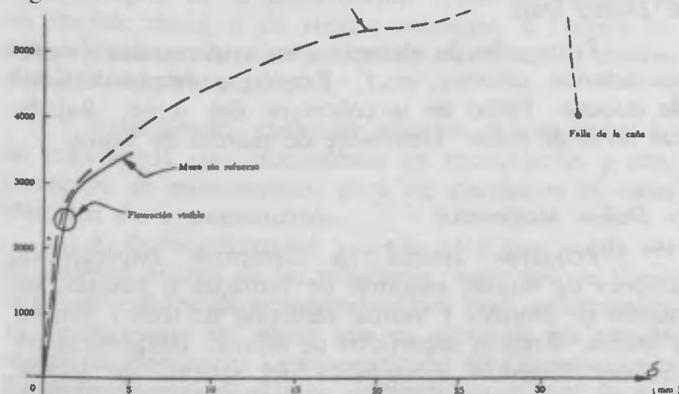


Fig. 3 Ductilidad en muros reforzados (Malla de caña). Carga Monotónica.

### Referencia 4

Programa desarrollado en coordinación con el Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México. Buscaba corroborar las fuertes diferencias entre los resultados de ensayos peruanos y mexicanos para las resistencias al corte de las mamposterías, con diferencias no apreciables en el ensayo de bloques individuales.

### Referencia 5

A través del estudio de las variaciones en la constitución del mortero y técnica de formación de las juntas de pega de la mampostería, se buscó explicar las diferencias anotadas, que se deben principalmente a la adhesión entre mortero y bloque.

Este trabajo permitió además proponer una clasificación de morteros con fines normativos.

### Referencia 6

Se perfeccionó el ensayo de corte directo que recoge la Norma de Adobe vigente y se observó el comportamiento cíclico de mamposterías de adobe que permitió evaluar la disipación de energía inherente a la fricción interna. Esta última información es de utilidad para la aplicación de las Normas Sismo-Resistentes a las construcciones de adobe.

### Referencia 7

Con apoyo de la Agencia Internacional de Desarrollo (AID) se desarrolló una investigación sobre suelos apropiados para construir con tierra y las razones de su mayor o menor propiedad.

Un buen suelo debe tener adecuada plasticidad y, a la vez, adecuada granulometría.

Las condiciones de secado de bloques y morteros de pega y el control de la fisuración por adición de arena —y paja— son determinantes de la resistencia final de las mamposterías.

El ensayo por compresión diagonal de un murete de 60 cm. x 60 cm. —que incluye adobes y juntas de pega— es el mejor para calificar la resistencia de una mampostería.

Una evaluación de laboratorio que permite optimizar la composición del suelo en base a mezclas de arena, se muestra en la Fig. 4, que relaciona la resistencia a la compresión Sigma m, con el parámetro IP-Alfa, el producto del índice de plasticidad, IP, y del cociente entre el peso del suelo que atraviesa las 40 mallas y el peso total.

Puede verse que hay un rango óptimo para IP-Alfa, lo que no ocurre para otros parámetros.

Cuando no se dispone de arena para modificar la granulometría del suelo, deberá usarse paja para controlar la fisuración. Puede usarse hasta en 4 ó 5% en peso. Ver Fig. 5.

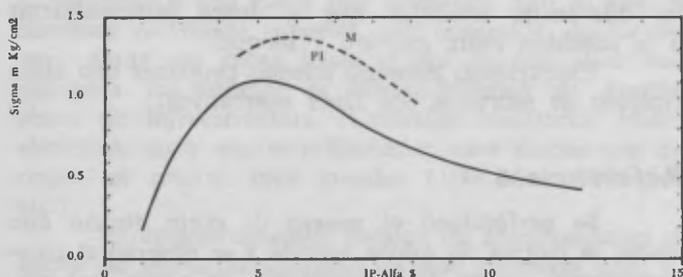


Fig. 4. Resistencia murete vs IP-Alfa.

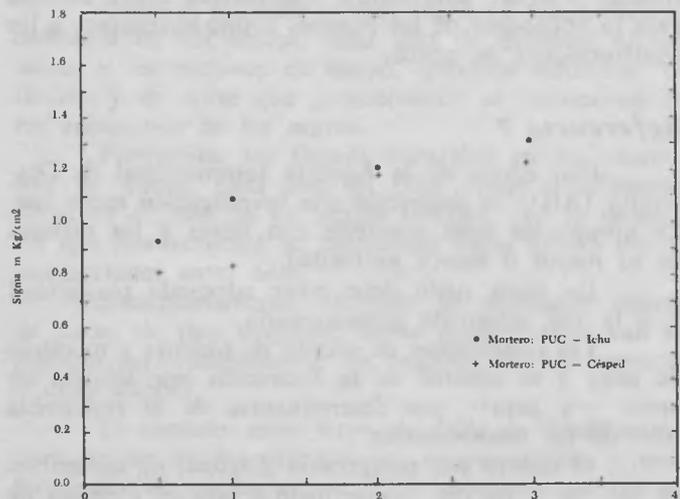


Fig. 5. Resistencia mampostería vs contenido de paja en mortero. Mortero: PUC-Paja: 100-C.

## 5. Evaluación y reparación de daños

Las reparaciones de fallas producidas por los sismos, a diferencia de otro tipo de fallas, exige un análisis cuidadoso del motivo que las ocasionó y no solamente una reparación que recupere su estabilidad estática. Se requiere proporcionar a toda la construcción una estabilidad dinámica, que no poseía (porque ya falló).

En otras palabras, existe una filosofía en el proceso de reparación, que consiste en evaluar los motivos y gravedad de las fallas, para repararlas y adicionalmente modificar las estructuras para que puedan resistir adecuadamente nuevos movimientos. No sólo se trata de reparar la falla local, sino configurar un nuevo comportamiento global antisísmico, que impida futuras fallas.

El proceso de evaluación y reparación, puede sintetizarse en los siguientes pasos:

- Clasificación de daños.
- Análisis estructural de la construcción dañada.
- Interpretación de las causas de las fallas.
- Diseño de la construcción reforzada o modificada.
- Reparación propiamente dicha.
- Seguimiento y evaluación de la reparación.

Refiriéndose exclusivamente a la construcción con adobe, es necesario primeramente clasificar los daños desde un punto de vista estructural:

### a. Daños leves

Fisuración de elementos no estructurales (muros secundarios, adornos, etc.). Erosión o desprendimiento de estucos. Fallas en la cobertura del techo. Rajaduras leves de pisos. Descuadre de marcos de vanos.

### b. Daños Moderados

Pequeñas fisuras en elementos estructurales, uniones de muros, esquinas de ventanas o puertas. conexión de dinteles y muros, conexión de techos (vigas) y muros. Erosión superficial de muros. Desprendimientos de elementos secundarios del sistema de techos. Ligeros desplomes de los muros. Rajaduras fuertes de pisos. Movimiento de marcos de vanos.

### c. Daños Graves

Rajadura de elementos estructurales, desprendimiento parcial de muros y techos. Desplome grave de muros. Falla de vigas principales del techo. Hundimiento diferencial de cimentación. Erosión profunda de muros.

El análisis estructural debe contemplar a su vez varios aspectos:

- Calidad de la mampostería.
- Existencia y tipo de refuerzo.
- Disposición de elementos resistentes.
- Idealización y cálculo de esfuerzos.

Es probable que se encuentre coincidencia entre los elementos más forzados según el análisis y los realmente dañados, lo que obligará a un replanteamiento de los elementos resistentes que existen, para modificar las concentraciones de esfuerzos comprobadas.

De no haber coincidencias, habrá que buscar otras explicaciones para las fallas, analizando los resultados de la calidad de los materiales o los detalles de las conexiones entre elementos o de los refuerzos con los elementos, o finalmente concentraciones locales de esfuerzos (columnas cortas, vanos mal ubicados, etc.).

Muchas veces las fallas revelan errores obvios de construcción que es posible reparar en forma particular y no guardan relación con el comportamiento de conjunto. Pero en otras, y para eso se realiza el análisis estructural, sólo es posible explicarlas con un estudio integral de la construcción (falta de rigidez en un sentido dado, o de rigidez torsional, o fuertes excentricidades en la distribución de elementos, o discontinuidad de rigideces, etc.).

Naturalmente cualquier solución deberá haber sido coordinada con especialistas en restauración y conservación de monumentos, para no desvirtuar el valor histórico de la construcción.

A título referencial y en la idea que pueda ser de utilidad alguna de las soluciones sugeridas, se transcribe un cuadro de recomendaciones para reforzamiento de viviendas de adobe que es parte de las conclusiones del Seminario Latinoamericano de Construcciones Sismo-Resistentes de Tierra, realizado en el mes de mayo de 1983 en Lima. (Ver Cuadro 1).

Para concluir, es importante recalcar la conveniencia de efectuar el seguimiento de las reparaciones, para poder evaluarlas y extraer conclusiones aplicables a futuros monumentos o casos de interés.

## 6. Prevención vs. reparación

Actualmente se realizan importantes esfuerzos por difundir la toma de conciencia de la necesidad de efectuar tareas de prevención frente a desastres naturales como pueden ser los sismos, inundaciones, huracanes, etc.

De manera especial y con mayor motivo, debe velarse por la tarea de prevención en el caso de los monumentos, que representan el patrimonio histórico-cultural.

La prevención sísmica, la evaluación y eventual reparación de monumentos para dotarlos de resistencia sísmica, es una tarea desafortunadamente muy poco atendida y muchas veces ignorada.

Parece lógico después de lo expuesto, que los procesos generales de restauración deban incluir a especialistas en sismo-resistencia en el trabajo interdisciplinario. De esta manera se aumenta significativamente la probabilidad de permanencia del monumento y lo que es también importante, se reduce los costos de una reparación que si no es preventiva, será mucho más aparatosa cuando ya haya ocurrido un terremoto.

La creencia de que una construcción es fuerte porque ya resistió varios terremotos, es tan errada como la de asumir gran fortaleza actual en un paciente que superó varios infartos al corazón.

## Referencias bibliográficas

1. Blondet, M. y Corazao, M. "Estudio Experimental del Comportamiento Estructural de las Construcciones de Adobe frente a Solicitaciones Sísmicas". Premio Sayhuite. Banco Peruano de los Constructores. Lima, 1973.
2. Blondet, M. y Vargas, J. "Investigación sobre Vivienda Rural". Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, 1978.
3. Vargas, J. y Ottazzi, G. "Investigaciones en Adobe". Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, 1981.
4. Hernández, O. y Meli, R. (México) — Ottazzi, G. y Vargas, J.

(Perú). "Investigación Cooperativa de Construcciones de Adobe". Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México y Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, 1980.

5. Vargas Neumann, J. "Albañilería de Adobe con Variaciones de Mortero". Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, 1979.

6. Ottazzi, G. y Torrealva, D. "Comportamiento de Elementos de Albañilería de Adobe en Ensayos de Corte".

IV Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Chiclayo, 1982.

7. Vargas N., Bariola, J., Blondet, M., Villa García, G., Ginocchio, J. "Propiedades del Suelo para Elaborar Albañilería de Adobe". Seminario Latinoamericano de Construcciones Sismo-Resistentes de Tierra, Lima, 1983.

---

## Investigación sobre el efecto a largo plazo del uso de un consolidante a base de silicato de etilo para el adobe

*Paul M. Schwartzbaum  
Seymour Z. Lewin*

### Introducción

Las pinturas murales de Teleilat Ghassul, Jordania, datan de 3,500-3,000 a.C. El soporte estructural de estas pinturas murales consistía en un muro de adobe de aproximadamente 13 cm. de espesor. Una de éstas, descubierta en 1977, se encontró fragmentada en 33 pedazos de mayor importancia y en muchos otros de menor dimensión. Fue, por lo tanto, restaurada, consolidada, y montada sobre un soporte adecuado para su exhibición en el Museo de Amman. Los detalles de dicho trabajo de restauración fueron descritos por Schwartzbaum, et. al., en el Tercer Simposio Internacional sobre la Preservación del Adobe, Ankara 1980 (1).

Los productos químicos empleados en la restauración fueron los siguientes: El estrato pictórico fue reforzado con aplicaciones de una solución de Paraloid B72 al 7% en acetona; los desprendimientos fueron tratados inyectando una solución de Paraloid B72 al 15%

en acetona. Los fragmentos desprendidos de los bordes se fijaron con Vinavil al 50% en agua (emulsión de acetato de polivinilo). Para prevenir pérdidas y desgastes durante la manipulación y el montaje de los pedazos, fue necesario reforzar el soporte de adobe. Esto se realizó, impregnando el adobe (lado posterior de la pintura mural), en un recipiente poco profundo con una solución de 'Wacker Stone Strengthener H' al 50% en tolueno. La solución fue absorbida por el adobe por capilaridad. Cuando se consideró que se había llegado al punto de saturación, a fin de retardar la evaporación del disolvente, se cubrió el pedazo con un papel de aluminio. Se dejó secar el pedazo consolidado durante 3 días.

El refuerzo del adobe fue un factor decisivo para una fácil manipulación durante la reconstitución y el montaje de la pintura.

El consolidante a base de silicato de etilo fue efectivo para la etapa inicial de consolidación. Sin em-

bargo, quedaba por determinarse su efecto a largo plazo.

El tratamiento del adobe se concluyó en 1979. Para estudios posteriores, se conservaron diversas muestras del adobe consolidado y también del que no había sido tratado. Consecuentemente, durante cuatro años, se han conservado y envejecido (en condiciones ambientales interiores normales). Además, contamos con muestras del adobe original que no ha sido tratado, obteniendo así, una medida comparativa al impregnarlas en el mismo tipo de consolidante. En este trabajo se presentan los resultados de estos ensayos de laboratorio, i.e., la determinación del efecto de envejecimiento natural de un consolidante a base de silicato de etilo durante cuatro años.

### A. Los componentes del adobe de Teleilat Ghassul

El adobe de Teleilat Ghassul está compuesto principalmente de partículas de cuarzo (0.1 a 2 mm.), restos calcíticos (0.1 a 1 mm.), y partículas de arcilla (menores a 0.002 mm.). Es a la arcilla a la que se le atribuye la propiedad de 'conglomerante' de la mezcla al fabricarse el adobe. Cuando se moja la arcilla, el agua es absorbida intermolecularmente y se expande.

Durante el proceso de deshidratación (secado), existe una atracción de las partículas de arcilla entre sí a través de fuerzas de tensión superficiales. Una vez deshidratada (seca), dichas partículas quedan unidas principalmente por medio de las fuerzas de Coulomb que ocurren a través del puente de hidrógeno entre los grupos OH en las partículas adyacentes.

Son los grupos OH que se encuentran sobre la superficie de pequeñas partículas de arcilla, los que producen una interacción con el consolidante. Es por medio de esta acción que el consolidante entrelaza tridimensionalmente las partículas de arcilla adyacentes (ver figura 1).

El contenido de arcilla en el adobe es decisivo para el éxito inicial del tratamiento de consolidación.

Se efectuaron medidas del volumen de la solución del éster de silicón absorbido por el adobe, mediante la inmersión de las muestras en el consolidante. Se observó que en 45 minutos, las muestras de adobe

de 23.29 gramos que no habían sido tratadas, absorbían (por capilaridad) 3.45 gramos de la solución 'Wacker H' (densidad: 0.9 g/ml), y 4.01 gramos en 2 horas. Este último valor corresponde a una porosidad del 19%, i.e., un volumen total de poros accesibles de 19 mililitros por cada 100 gramos de sólido.

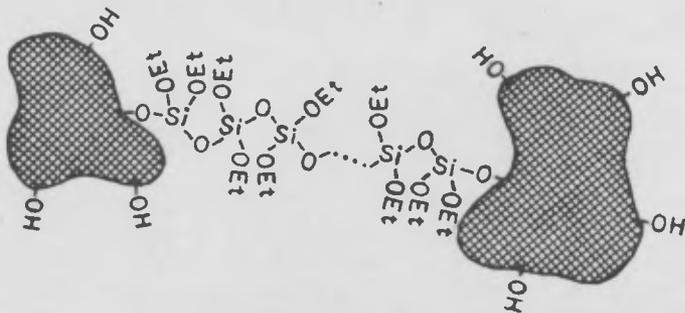


Fig. 1. Ilustración del mecanismo molecular mediante el cual dos partículas de arcilla se entrelazan a través de la hidrólisis y la condensación del silicato de etilo.

### B. Análisis de la composición siloxana

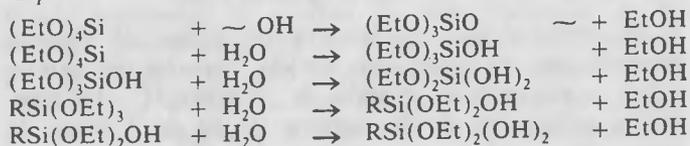
Los siguientes resultados se obtuvieron de los análisis de laboratorio realizados sobre una muestra de la solución 'Wacker H', que se había conservado en un recipiente cerrado durante dos años:

- 15% solvente (principalmente tolueno)
- 35% metil trietoxi-silano (monómero + dímero)
- 50% Tetraetoxi-silano (monómero + dímero)

Con esta mezcla de ésteres de silicón se produce una reacción de hidrólisis y de condensación cuando entra en contacto con la humedad, o con grupos OH. Mayores detalles de esta reacción y de los factores que las afectan se encuentran en la referencia 2.

Al proseguir esta reacción, existe una descarga de alcohol etílico (= etanol  $C_2H_5H$  o  $EtOH$ ) por cada grupo etoxi que se hidroliza. La hidrólisis ocurre sucesivamente y los grupos  $-OEt$  actúan estadísticamente en forma esporádica. Las líneas generales de la secuencia de las reacciones están resumidas en la siguiente ecuación:

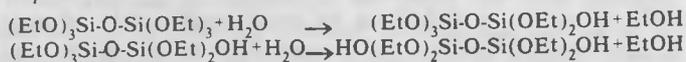
*Especies monómericas:*



etc.

etc.

*Especies condensadas:*



etc.

etc.

Durante el tratamiento o el envejecimiento del consolidante, las medidas del total de la descarga de alcohol etílico (o, en el caso contrario, del residuo de grupos etoxi), son un índice de la hidrólisis que ha ocurrido. Esto significa que si un promedio de un grupo de etoxi de cada molécula del éster de silicón ha sido hidrolizada, se observaría una mol de alcohol etílico por cada gramo de silicón. Si el efecto de endurecimiento incluye la formación de largas cadenas poliméricas de dietoxi-siloxano (ver figura 1), la cantidad molar del alcohol etílico descargado sería casi 2.0 veces la cantidad molar del éster de silicón introducido originalmente en la piedra o en el adobe.

Si todos los grupos etoxi han sido substancialmente hidrolizados, las especies que contienen silicón que permanecen en la piedra o adobe, consistirían en:

- ácido silícico,  $\text{Si}(\text{OH})_4$ , y sus polímeros (el producto final de la deshidratación de dichos polímeros es el sílica o cuarzo,  $\text{SiO}_2$ );
- $\text{CH}_3\text{Si}(\text{OH})_3$  y sus polímeros;
- y varios polímeros de condensación (ver figura 2).

En este caso, la cantidad molar de la descarga de alcohol etílico sería 4 veces el contenido de tetraetoxi-silano, más 3 veces el contenido de metil trietoxi-silano.

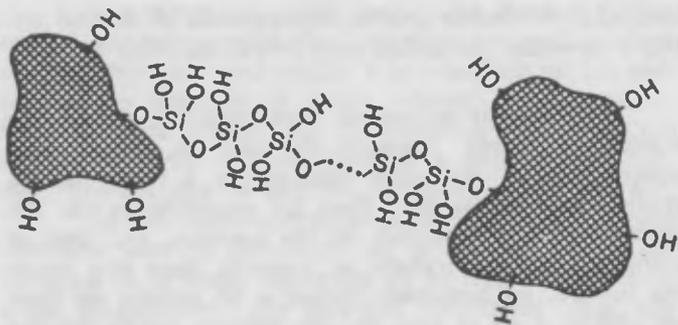


Fig. 2. Estructura molecular del posible producto de la hidrólisis de todos los grupos etoxi de un consolidante a base de éster de silicón. Nótese que dos grupos OH del mismo átomo tienden a deshidratarse.

Tomando en consideración los componentes de la solución 'Wacker H' utilizados en este trabajo, calculamos que una completa hidrólisis de 1 gramo de este material descargaría 0.71 gramos de alcohol etílico, y por lo tanto el sólido quedaría sin componente etoxi.

La hidrólisis, en estado de polímero lineal (ver figura 1, i.e., dietoxi-siloxano de tetraetoxi-silano, más metil etoxi-siloxano de metil trietoxi-silano), descargaría 0.40 gramos de alcohol etílico por cada gramo de solución 'Wacker H' y el contenido etoxi que permanece en el sólido equivaldría a 0.31 gramos de alcohol.

De allí que el análisis de la descarga del alcohol, o del residuo del componente etoxi, mostrarían el promedio de los componentes orgánicos que contienen silicón presentes en la piedra o en el adobe —inmediata o ulteriormente después de su aplicación. En el caso que, con el transcurso del tiempo, tales análisis no muestren cambios en su composición, se puede considerar la piedra o el adobe estables. En el caso contrario, si la composición cambia con el envejecimiento del consolidante, puede considerarse el proceso como motivo de preocupación, (aunque no lo es necesariamente, como se verá más adelante).

### C. Método utilizado para determinar el contenido del residuo del etoxi

El método para medir el contenido de grupos etoxi de una muestra, consistió en producir una hidró-

lisis total de dichos grupos, recuperando el alcohol etílico evaporado. Se utilizó para ello el siguiente método:

El análisis se realizó sobre una substancia que contenía al menos 1 gramo de éster de silicón, o su equivalente, en productos conseguidos a través de hidrólisis o condensación. Para las proporciones de los reactivos, las dimensiones de los aparatos, etc., que se utilizaron en este trabajo, se requirió, para una muestra líquida, un contenido menor a 10 gramos de éster de silicón, y en el caso de una muestra sólida (piedra o adobe impregnado), su peso no debería exceder 50 gramos.

Una vez pesada, se coloca la muestra en una redoma de 500 ml; se le agrega 50 ml de 9 M  $H_2SO_4$ ; y se tapona firmemente. En el caso del análisis de una muestra de piedra o adobe impregnado, se los reduce a polvo fino. Se deja reposar la mezcla, agitándola ocasionalmente para mezclar los componentes y asegurarse que el ácido entre en contacto con las partículas sólidas. Este proceso tiene una duración de al menos 6 horas. En el caso que la presencia del 'alkil alkoxi-silano' sea elevada, la muestra no será impregnada de inmediato con el ácido, y se la dejará la muestra reposar por uno o más días a fin de permitir que el ácido rompa la barrera hidrofóbica.

Cuando el ácido ha impregnado totalmente la muestra, y además, se la ha conservado en este estado por 6 horas (agitándola ocasionalmente), se conecta la redoma, usando un adaptador corto, a un condensador eficiente. Así, se destila el alcohol etílico dentro de un recipiente adecuado, e.g., una redoma graduada. A fin de obtener un taponamiento firme se utilizó aparatos de vidrio con tapones biselados.

Se controla la temperatura de los vapores en la redoma de destilación, recolectando la condensación hasta que la temperatura del vapor es  $110^\circ C$ . En estas condiciones, por medio de la condensación se obtiene substancialmente todo el alcohol etílico, además un poco de agua. Se pesa, y se determina el contenido de alcohol midiendo el índice refractor ( $n_{H_2O} = 1.334$ ;  $n_{EtOH} = 1.361$ ; las mezclas se interpolan linealmente, en relación al porcentaje del peso). Así, se puede estimar un mínimo de 0.1 gramo de alcohol etílico con una precisión de  $\pm 0.02$  gramos.

## D. Resultados de los experimentos

1. Se permitió que la muestra de adóbe de Teleilat Ghassul, que no había sido tratada, absorba por capilaridad la solución no diluida de 'Wacker H'. La saturación substancial de la muestra (luego de 2 horas de inmersión) produce un aumento del 17% de su peso. Luego se la envolvió en papel de aluminio y se la dejó secar durante 3 días. Se retiró, entonces, el papel de aluminio, dejándola secar al aire por 1 día más. Al final de este período, el peso de la muestra era 10.7% más que antes de la impregnación; i.e., la pérdida de peso del consolidante fue de 37.8%. Esta pérdida de peso es debida a la evaporación del solvente y del alcohol etílico, que se produjo en el sólido durante el período de deshidratación (secado), a través de la reacción del éster de silicón con los grupos  $-OH$ . Corrigiendo, a fin de obtener la proporción de solvente, esta pérdida de peso corresponde a la descarga de 0.27 gramos de alcohol etílico por cada gramo de ésteres de silicón mezclados originalmente. Los cálculos basados sobre las proporciones de varios ésteres de silicón en la solución del consolidante original, y la naturaleza de las reacciones, llevan a concluir que luego de los 4 (3 + 1) días iniciales del período de deshidratación (secado), el promedio de hidrólisis de los ésteres de silicón era de  $1.14 \pm 0.05$  moléculas de alcohol etílico por cada átomo de Si.

Considerando que este valor es un promedio, esto significa que existe una distribución de las especies hidrolizadas, incluyendo proporciones considerables de aquellas en las cuales solamente uno o dos grupos de etoxi, por cada molécula original, han reaccionado. Esto muestra que el proceso de consolidación inicial se debe, más bien, a la formación de cadenas cortas de siloxano, i.e., más oligómeros que cadenas largas de polímeros.

Además, se observa, que luego del proceso de deshidratación inicial en el consolidante se conserva intacta una proporción considerable de los grupos de etoxi originales. Así, la consolidación inicial se produce por medio de las moléculas de éster de silicón hidrolizadas y condensadas en cadenas de etoxi-silano (ver figura 1). Esto no sucede con las moléculas que se muestran en la figura 6.

2. El análisis basado en la pérdida de peso fue verificado analizando el residuo de etoxi contenido en la muestra deshidratada (3 + 1 día). Para ello, se empleó el proceso descrito anteriormente en la sección C (hidrólisis y destilación con  $H_2SO_4$ ). Utilizando los datos proporcionados en la sección D 1., la cantidad teórica de alcohol etílico que debería recuperarse de una mezcla de éster de silicón, parcialmente hidrolizada en una muestra de adobe, es de 0.77 gramos por cada gramo de consolidante deshidratado. La cantidad efectiva obtenida fue  $0.66 \pm 0.08$ . Estos valores concuerdan satisfactoriamente.

3. Se analizó el contenido de etoxi de una muestra del adobe de Teleilat Ghassul impregnada con la solución 'Wacker H', en 1979, utilizando la misma técnica que se describe en las secciones D 1. y 2. Se recuperó, de un sólido de 14.20 gramos, un total de 0.76 gramos de alcohol etílico.

La solución empleada en 1979 contenía la mitad de la cantidad de ésteres de silicón que los que se encontraban en la solución utilizada en los análisis de las secciones D 1. y 2. Presumiendo que el adobe absorbió la misma proporción de consolidante que las muestras utilizadas como medidas de referencia, y que el grado inicial de hidrólisis y condensación era el mismo, las muestras de adobe (con 4 años de envejecimiento) deberían haber producido, al concluirse la hidrólisis por  $H_2SO_4$ , una descarga de alcohol etílico de  $0.5(14.20|23.29)$  (0.77), o un equivalente a 0.23 por cada gramo de oligómeros de éster de silicón. La cantidad efectiva de alcohol etílico que se recuperó, del equivalente a 1 gramo de oligómeros de éster de silicón, presumidamente presentes en el proceso inicial, fue 0.11 gramos — i.e., menos de la mitad de la cantidad teórica, en el caso que no se hubiera producido la hidrólisis luego de la deshidratación inicial.

## E. Conclusiones

Los datos de los experimentos muestran que el efecto de consolidación y refuerzo, producido inicialmente por los ésteres de silicón en el adobe de Teleilat Ghassul, involucran la formación de oligómeros. En éstos se registra aún, una cantidad considerable de grupos etoxi potencialmente reactivos.

Una muestra de adobe envejecida, durante 4 años, en condiciones ambientales interiores normales, tiene un contenido de etoxi menor a la calculada en los análisis de las muestras de adobe original tratados recientemente. Esto prueba que la hidrólisis es un proceso continuo durante el envejecimiento a largo plazo. Además, muestra que la reacción es relativamente lenta.

En este momento, no es posible estimar el tiempo necesario para la conclusión de la hidrólisis (e.g., para llegar a la etapa mostrada en la figura 6), debido a las suposiciones que deberían formularse (e.g., que el grado de reacción es constante, independientemente al grado de hidrólisis y condensación; además, que la reacción inicial no depende de la concentración del solvente; etc.). Se puede afirmar que el grado de hidrólisis probablemente no cambia mucho durante los primeros años de envejecimiento.

Además, no ha sido determinado si el lento y progresivo aumento del grado de hidrólisis, durante el envejecimiento, resultará en una disminución del efecto de consolidación y de refuerzo. La etapa (vidriosa) de la condensación de los ésteres de silicón (2), que es la forma inicial presente en el líquido tratado (como realizada 'in vitro' en el laboratorio), se desmorona gradualmente formando un polvo fino al proseguir la reacción de hidrólisis. Se puede asumir que algo similar podría ocurrir con la piedra o el adobe impregnado, pero no se dispone de evidencia objetiva al respecto. Esto se debe a que no se sabe aún si este fenómeno ocurre cuando los oligómeros se han formado en los espacios intragranulares de la piedra o del adobe.

En todo caso, debido al proceso continuo de hidrólisis, existen razones para creer que si el efecto de consolidamiento disminuye, disipándose en un prolongado período de tiempo, el residuo que permanece en la piedra o adobe no interferirá con una nueva aplicación del éster de silicón, a fin de obtener nuevamente el efecto de consolidación.

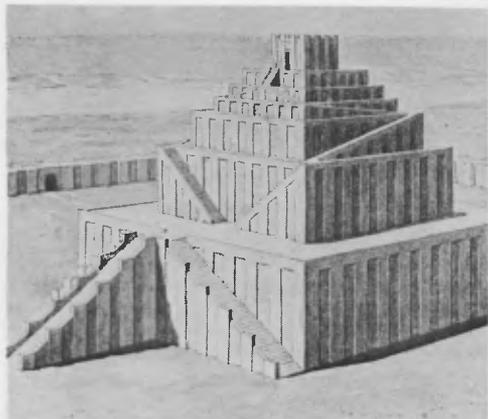
Citamos una advertencia: no se sabe aún si el efecto de la reacción de los oligómeros formados en la etapa inicial producen esfuerzos dentro de la piedra o el adobe. Se sabe sí, que un aumento del grado de hidrólisis va acompañado de una disminución del volumen equivalente a la mitad del siloxano.

La presente investigación, por lo tanto, es solamente un estudio preliminar sobre problemas de importancia primordial en la seguridad y estabilidad de los sólidos impregnados con ésteres de silicón. Con ésta, se ha desarrollado un método de análisis, y se ha percibido con mayor claridad algunas consideraciones sobre el proceso de hidrólisis y de condensación de una cierta mezcla de éster de silicón. Estudios posteriores serán necesarios con otros tipos de piedras y adobes utilizando un mayor tiempo de envejecimiento.

## Referencias

1. P.M. Schwartzbaum, C.S. Silver, y C. Wheatley, *The Conservation of a Chalcolithic Mural Painting on Mud Brick from the Site of Teleilat Ghassul, Jordan*, Tercer Simposio Internacional sobre la Preservación del Adobe, 29 setiembre - 4 octubre, Ankara 1980, ICOMOS, pp. 177-200.
2. S.Z. Lewin, *The Current State of the Art in the Use of Synthetic Materials for Stone Conservation. Part I. Inorganic and Metal-Organic Compounds*, Simposio Internacional sobre la Restauración y la Conservación de Bienes Culturales al Aire Libre, Belo Horizonte, Brasil, 30 agosto - 2 setiembre de 1983.

Reconstrucción de la Torre de Babel en Babilonia. Es muy probable que la enorme torre dedicada al dios Marduk fuera la Torre de Babel bíblica.



Reconstrucción del Templo de Emah en Babilonia, Iraq.





Irán. Yazd. Cúpulas de techo del bazar.

Punjab, Pakistán. Construcción de adobe.



Ecuador. Arquitectura rural en adobe.

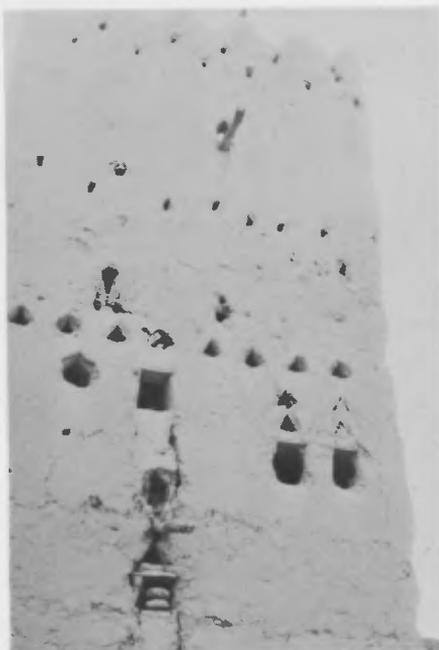


Página anterior:  
Mali. Construcciones de adobe.

Arquitectura de adobe y barro. Mali.

La iglesia de la Misión de Tumacacori, Nuevo México, Estados Unidos después de su restauración. Hoy es Monumento Nacional.

Utilización de instrumentos precisos de nivelación para detectar el asentamiento de las fundaciones en el Monumento Nacional de Tumacacori.



A la derecha:  
El Masmak en Riyadh, Arabia Saudita. En torno, la ciudad se deforma, "occidentalizándose".

La torre interior del Masmak en Riyadh, Arabia Saudita antes y después de la reconstrucción en 1982.



Ruinas de Chan-Chan, Trujillo, Perú: aspecto del sitio arqueológico luego de lluvias torrenciales en marzo de 1983. El drenaje es indispensable para resolver este problema.

Huaca del Dragón, Trujillo, Perú. Consolidación inicial del relieve mediante inyecciones de sustancias plásticas.



Fabricación de adobes en Üsak, Turquía.



Secado de adobes en Iraq.



Secado de adobes en la región andina.



Fabricación de adobes cónicos a mano en el Africa.

La mezcla de barro se refuerza con paja.  
Fabricación de adobes en la región andina.



Gers, Francia. Arquitectura de adobe con  
estructuras de madera. Nótese en la parte  
baja de la casa, las diferentes técnicas de  
enlucido.





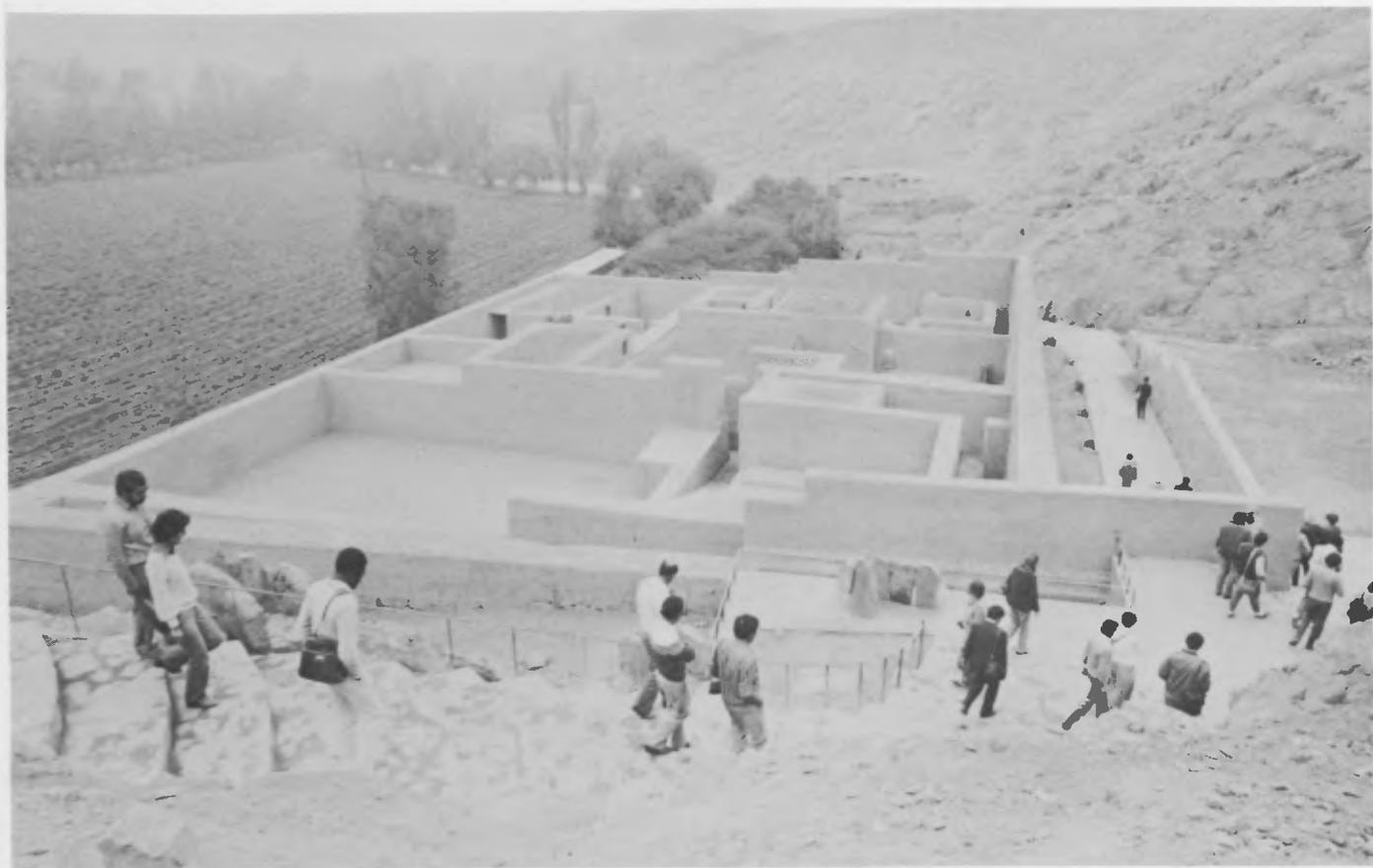
El Dr. Erder y el Sr. Sylvio Mutal, Coordinador Regional del Proyecto Regional de Patrimonio Cultural y Desarrollo PNUD/UNESCO conversan con el ex-Presidente del Perú, Arquitecto Fernando Belaunde Terry, durante la visita al Palacio de Gobierno.



El Dr. Cevat Erder, Director del ICCROM, y Ülku Izmirgiligil de Turquía en Machu Picchu.

Dos aspectos de las sesiones de trabajo durante el Simposio.

Los participantes en el Simposio visitan Purruchuco, una construcción precolombina de adobe en las afueras de Lima.





Giacomo Chiari (ICCROM), Seymour Z. Lewin (Estados Unidos) y Paul Schwartzbaum (ICCROM).

Un grupo de participantes en el Simposio durante la visita al Museo Nacional de Antropología y Arqueología, Lima.



A la derecha:  
País vasco francés. Construcciones con tierra al lado derecho  
de la calle.

Palacio Legislativo, Tlaxcala, México.

Convento de Tepeyanco, estado de Tlaxcala, México.

Abajo: Interior de la capilla abierta de Tizatlán, Tlaxcala.





A la izquierda:  
Casa típica del S. XVIII en las cercanías de Cusco. Se continúa utilizando como vivienda pero sin servicios ni instalaciones.

Casa Vivanco en Ayacucho, Perú, restaurada por el Banco Industrial para su sede en esa ciudad.

Casa hacienda de Buena Vista, Cusco.

Abajo: Mediante la medición periódica de la distancia entre la cuerda de una plomada y una abrazadera permanente de referencia se determinan los cambios en la inclinación de un muro.





Antiguo Colegio de San Bernardo, Cusco  
restaurado con ayuda de la UNESCO y  
hoy sede del Instituto Nacional de Cultura  
de esa ciudad.



A la izquierda:  
Antiguo convento de San Francisco, Santiago de Chile, hoy restaurado y sede de un museo.

Torre de la antigua Hacienda Mendoza en Rengo, Chile. Hoy es sede de un Monasterio de Monjas Benedictinas.



Bamba, Senegal. Enlucido de barro sobre adobe.



Malatya, Turquía. Viviendas de adobe.



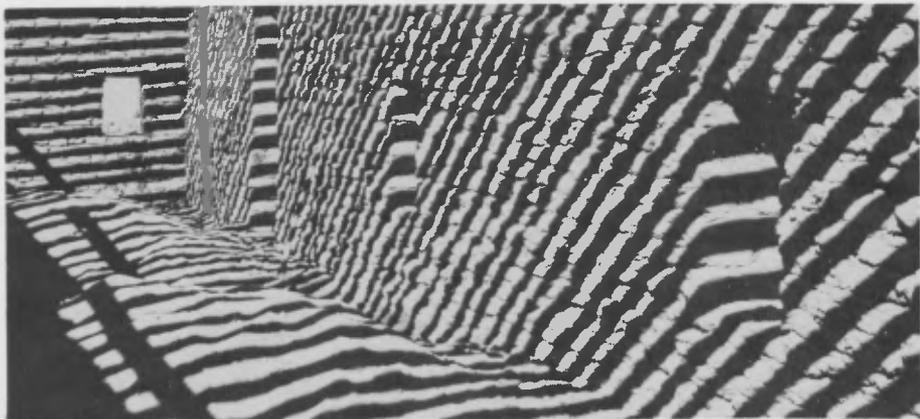
Experimentos realizados en la Universidad Católica del Perú para lograr construcciones sismorresistentes en adobe.



Fortaleza de Van, siglo XII d.C. Torres de adobe. Turquía.

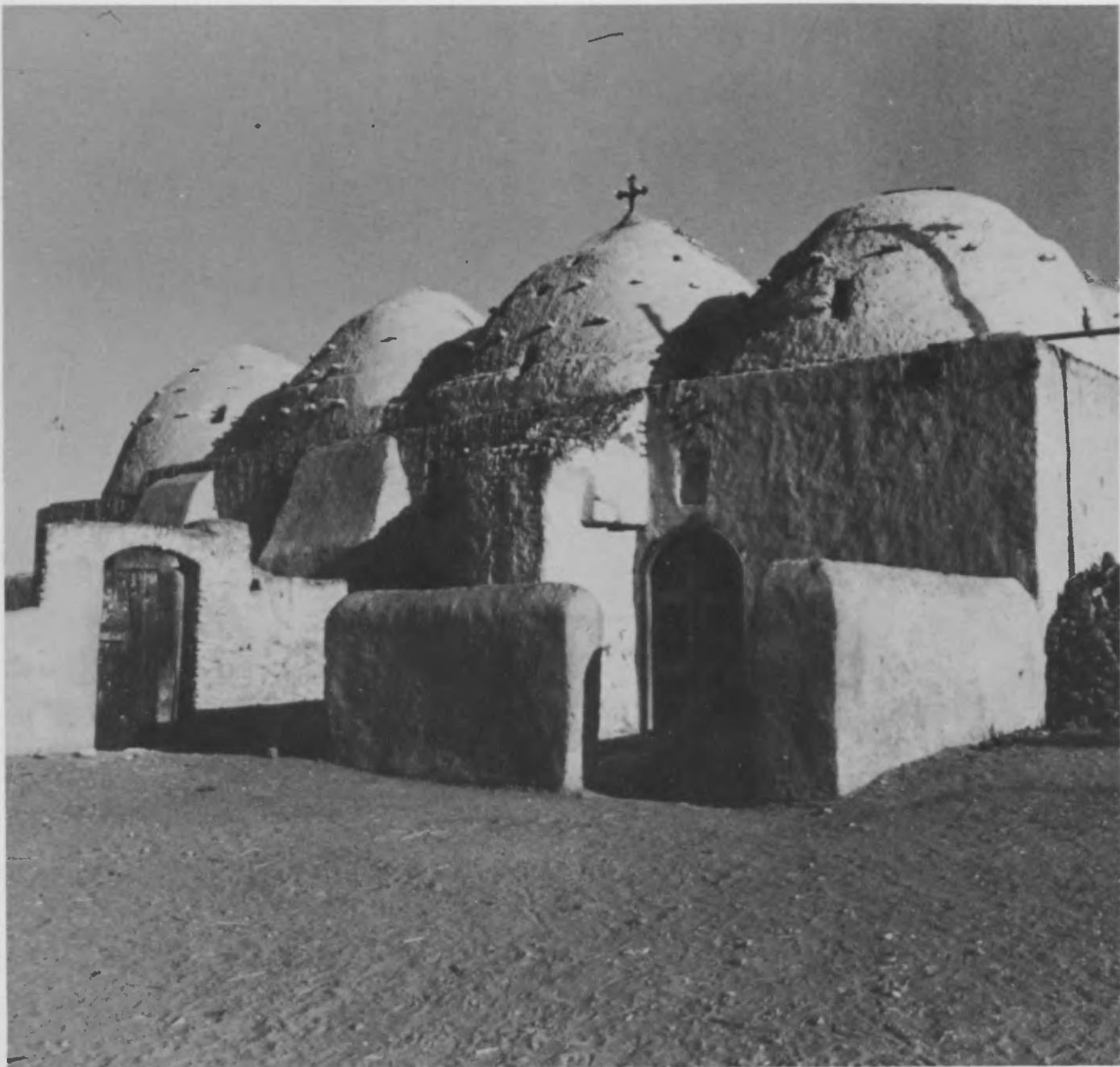


China. Oasis de Turfan. Estepa central de Yar.



Siria. Interior de una casa en construcción.  
Chan-Chan, Trujillo, Perú. Friso de barro.

Página siguiente: Convento en Tod, Egipto.



## La conservación de estructuras y decoraciones de adobe en Chan Chan

Ricardo Morales Gamarra

El presente documento expone los problemas de conservación de las estructuras y altorrelieves del complejo arqueológico de Chan Chan (s. XII-XV d.C.), ubicado en las proximidades de Trujillo, departamento de La Libertad, Perú.

Para una mejor comprensión del tema explicamos las causas de alteración, la técnica de construcción y elaboración de relieves, los criterios que norman la intervención restauradora y el tratamiento en sí.

### Factores de degradación

Expondremos las causas de alteración específicas al problema Chan Chan, cuya extensión se calcula en 18 Km<sup>2</sup>. Las clasificamos en dos grupos: intrínsecas (situación geotopográfica, naturaleza del suelo y defectos inherentes a la construcción) y extrínsecas (clima, fenómenos físico-químicos, etc.). No incluimos

los factores socio-económicos por centrarse el tema más en lo técnico. Debemos tener en cuenta que todas estas causas actúan interrelacionándose unas a otras.

Un primer reconocimiento de la terraza aluvial determina las siguientes características: ligera inclinación orográfica (entre 10 a 50 mts. s.n.m.), altamente salina (pH por encima de 7.5), textura de suelo que varía de arenoso a franco arenoso, buena conductibilidad eléctrica, napa freática próxima a la superficie (se estima a 2.60 mt. promedio) y cercana al mar (1,000 mts. aproximadamente). Como dato complementario, conviene citar que los terrenos al sur de Chan Chan eran conocidos en el siglo pasado como "Los Gramadales" por proliferar en ellos el gramalote (*Panicum Purpurescens*), planta propia de suelos húmedos y que no tolera sequías prolongadas. En conclusión, el suelo es húmedo, salino y poco arcilloso. Si a esto añadimos el acuerdo casi generalizado de que los adobes los hi-

cieron con material de la zona, comprenderemos el por qué todos los adobes de Chan Chan presentan cloruros y otros tipos de sales en variados porcentajes, que son activados por la humedad y complementados por las sales en suspensión que acarrea el viento desde el mar. Es conveniente, pues, reconocer la actividad negativa del clima, por ser el factor más dinámico en todo el esquema de degradación.

El tipo de clima que presenta Chan Chan no corresponde al que debiera tener por su ubicación geográfica. Las aguas frías de la corriente de Humboldt modifican el clima y geografía de la costa norte del Perú. Por ello, el verano es cálido, de escasas lluvias y poco húmedo; el invierno es templado, brumoso y con un tipo especial de precipitación.

Cuando las aguas cálidas de la Corriente del Niño irrumpen de norte a sur, se presenta una alteración sustancial del clima. La temperatura se eleva y mantiene cierto nivel en varios meses y las precipitaciones pluviales son torrenciales, causando graves inundaciones como las registradas en el presente año y en anteriores oportunidades como en 1701, 1720, 1728, 1858, 1891, 1925 y 1972.

Normalmente, entre los meses de enero a marzo se observan las temperaturas más elevadas (27°C máxima media), la humedad relativa más baja (81% máxima media); un viento predominante de S. y S.E. (11 mts/seg. — máxima media) y escasas lluvias que se dan en Semana Santa. No hemos conseguido datos pluviométricos oficiales, sin embargo, tomamos como referencia a Paul Coremans que señala para Lima 38 mm. por año y algo más hacia el norte. Zoltán Zsabo precisa un promedio entre 0.025 y 50 mm. por año para toda la Costa Nor Peruana. En el presente año hemos tenido un total de 36 horas de lluvia; la del 12 de abril tuvo una duración de 55 minutos con un promedio de 7 mm.

Entre los meses de julio a setiembre se observan las temperaturas más bajas (mínima media de 14°C), la humedad relativa más alta (media mensual de 86%), un viento predominante del S. y S.E.E. (12 mts. seg. — máxima media) y una precipitación pluvial casi nula llamada "garúa".

Estos datos climatológicos son básicos para reconocer la mecánica de afectación del adobe y plan-

tear las soluciones adecuadas al problema. La acción conjunta de estos fenómenos, denominada intemperismo, causa serios daños en las estructuras. La humedad nocturna reblandece las superficies del adobe y activa las sales; la insolación causa contracciones por el secado brusco de estas superficies y favorece la eflorescencia salina; el viento acarrea sales en suspensión (cloruros de sodio) y arena desde el mar, convirtiéndose en un elemento altamente erosivo y que además propicia la caída de las costras casi sueltas de las cabezeras de muro; finalmente, la lluvia desgasta superficies por la naturaleza deleznable de la arcilla, aumenta el peso de las decoraciones en voladizo, ocasionando su colapso y forma aniegos que por filtrarse en las cimentaciones causa la caída de muros y el desprendimiento de relieves.

Por estas razones hemos llegado a la conclusión que los trabajos de consolidación no se deben ejecutar entre julio y noviembre, principalmente por la humedad y actividad de sales que las cubiertas o techos no son una solución integral al problema lluvia, pues la concentración de agua en un determinado sector, implica un adecuado sistema de drenaje. Ahora bien, para pensar en un drenaje efectivo debemos considerar la presencia de estructuras subyacentes a las que tratamos de conservar. Vale decir, la solución a un problema debe contemplar acciones colaterales. Por otro lado, la protección pluvial mediante techos, determina una rápida humectación y salinización de las cabezeras de muros, por falta de radiación solar.

La permanente actividad erosiva del viento se ve facilitada por el perfil llano de la terraza aluvial, razón por la cual, se ha propuesto desde hace un buen tiempo la conformación de una barrera natural en base a árboles de pequeña, mediana y gran altura. Barrera que servirá asimismo como un elemento de señalización de la Zona Intangible y de modificador del clima.

Respecto a los peligros que representa la alta salinidad en Chan Chan, exponemos algunas conclusiones producto de los análisis realizados por la Srta. Noemí Rosario Chirinos, Químico del INC.

Las muestras proceden de la Ciudadela Tschudi. Las primeras en número de once fueron tomadas del Templete signado como ocho, el mismo que tiene una orientación con frente al mar. El promedio en cloruros

de 0.84% y en sulfatos 0.79%. Las segundas corresponden al Templete llamado Pelicanos Estilizados, ubicado de espaldas al mar y registra el siguiente cuadro:

Sales	Muestras Adobe	Enlucido	Cabecera de Muro
Cloruros	0.21%	0.22%	0.54%
Sulfatos	0.05%	0.09%	0.04%

Esto nos demuestra dos situaciones bien definidas. Primero, la ubicación de la estructura en relación al mar y al viento condiciona la concentración de sales, la misma que varía en concordancia a la altitud y movimiento de la napa freática. Segundo, que las concentraciones de sulfatos son similares o superiores al 0.1% que señala Munikendam como mínimo, para considerarlos perniciosos a un monumento en adobe.

### Técnicas de construcción y elaboración de relieves

La arquitectura Chimú se caracteriza por el uso exclusivo del adobe y el algodón como materiales de construcción. También se empleó la piedra, destinándose las grandes a los cimientos y la gravilla mezclada con barro muy ligoso para los sobrecimientos.

Esta argamasa de gravilla-barro sirvió también para elaborar los adobones, que encontramos conformando muros perimetrales de gran altura (Ciudadela Rivero) o en los núcleos funerarios en donde destacan como pesados dinteles en las tumbas. Su forma es trapezoidal, lo cual favorece su disposición en la estructura.

Los adobes son predominantemente rectangulares, también los hay trapezoidales. Su tamaño está en función del lugar que ocupen en la estructura, es decir, los más grandes en las partes bajas y los pequeños en la cima. Estos adobes, en la versada opinión de Kolata, mantienen una proporción relativa en sus medidas alto-ancho en cualquiera de sus tamaños. Este investigador añade un dato valioso para nuestros propósitos. En la elaboración de adobes emplearon diferentes tipos de moldes, incluso gaveras múltiples, y usaron como materia prima la basura que igualmente les

sirvió como relleno de estructuras. Evidentemente, esto nos sugiere cierta deficiencia que se complementa con el uso de la tierra salina de procedencia local. Así nos enfrentamos a un adobe más deleznable que lo normal.

La disposición de los adobes en los muros mantiene una característica que los especialistas reconocen como sismo-resistente. Ello consiste en asentar una hilada de cabeza y la inmediata superior a soga. Lo interesante es que los adobes no mantienen sus costados unidos por el mortero de barro, pues, prefirieron dejar vacíos de variada luz, que permitiera la elasticidad estructural en un movimiento telúrico. Sin embargo, debemos reconocer que una estructura de estas características facilita la filtración del agua pluvial, causando desmoronamientos o un literal escurrimiento de lodo.

Los muros perimetrales tienen forma trapezoidal y alcanzan alturas de hasta 12 metros. Los interiores, de forma rectangular, son más pequeños. Estos últimos forman decoraciones geométricas como rombos (muro en celosía) o escaques cuadrangulares. En este último caso, emplean vegetales como caña en una función de soporte horizontal. Su descomposición natural, el ataque de xilófagos y el exceso de peso del barro por absorción de agua pluvial, causan problemas de desprendimiento de adobes.

Los enlucidos y decoraciones manifiestan una excelente riqueza plástica, debido al 18% de arcilla que registra como promedio, porcentaje que se reduce en los adobes a un 12%.

Los relieves son ejecutados después de haber tendido el enlucido, aprovechando la plasticidad y liga de la arcilla. Una vez aplicado el mortero sobre el enlucido se da la forma al relieve por excisión, lo que queda definido como tal se completa de decorar con incisiones. Finalmente, se pule la superficie y se pinta a varios colores.

### Criterios técnicos

Nuestra intervención ha sido orientada por varios criterios, entre estos citamos los más importantes: a. Neutralizar los factores de degradación y consolidar las estructuras.

- b. Evitar las reintegraciones que tiendan a la recomposición formal o escenográfica del monumento.
- c. Justificar los añadidos en razón de estabilidad estructural, distribución de agua pluvial en cabeceras de muro, refuerzo y protección.
- d. Anteponer estas consideraciones a exigencias de orden turístico y/o aspecto estético en su presentación por ser éstas subjetivas y controvertidas.
- e. Considerar el carácter relativo del criterio de reversibilidad, por el tipo de tratamiento y naturaleza del adobe. En este caso, muchos productos resultan irreversibles por la mecánica de aplicación.

### Tratamiento restaurador

En principio consideramos que el tratamiento de una estructura debe seguir un orden técnico, que puede variar de acuerdo a las prioridades que determinan su estado de conservación. La intervención aislada de cada una de estas etapas no garantiza resultados integrales. Por ello, creemos que el orden normal debería ser el siguiente:

- a. Refuerzo estructural.
- b. Protección de cabeceras de muro.
- c. Consolidación de enlucidos y relieves, así como fijación de la policromía.
- d. Drenaje integral.

El refuerzo estructural se ha orientado principalmente a reponer adobes en aquellos sectores de muro que presentan huecos, fisuras o pérdida por derrumbe. Asimismo, supone el cambio de adobes salinizados por nuevos u originales reutilizados.

En el caso del muro perimetral de Tschudi, se han colocado hiladas de adobe nuevos (suelo-cal) en las secciones superiores a fin de proteger los originales del intemperismo.

Por otro lado, el empleo de llaves de madera (tipo algarrobo) ha obtenido buenos resultados para dar más cohesión a las partes desmoronadas que se tratan de reforzar.

En otros casos, partes de muro con decoración, ligeramente desplazados y en peligro de colapsar, han sido reubicados usando para ello "gatas" de automóviles y mortero de barro para afianzar su emplazamiento.

La protección de cabeceras de muro constituye uno de los puntos más críticos en la conservación de monumentos arqueológicos de adobe. Por ello, esta intervención pretende evitar la pérdida de altura del muro, las chorreras y surcos en los paramentos que afectan los relieves y enlucidos, así como la estabilidad estructural por filtración pluvial, a través de las grietas.

Recién a partir de 1977 se inicia la experimentación de este tratamiento en la Ciudadela Tschudi. La ejecución de este proyecto experimental contó con las sugerencias y apreciaciones de los expertos UNESCO, Srs. Giacomo Chiari, Rodolfo Vallín y José María Cabrera.

La idea general consistía en aplicar un mortero estabilizado (capping) en estas secciones. El mortero sugerido por el Sr. Chiari fue el suelo cemento (tierra-arena-cemento). Ahora bien, considerando la salinidad, humedad e incompatibilidad de este material con la tierra salina, planteamos como alternativa el uso de la cal. Posteriormente añadimos a este suelo-cal, soluciones de Primal AC-33 (Emulsión Acrílica) al 10 y 20% en agua, con el propósito de buscar una fórmula más resistente al intemperismo.

Luego de algunas observaciones (costo y aparente rigidez), efectuamos una serie de pruebas en base a tres patrones de mezclas de arena y tierra (2:1, 2.5:1, 3:1 vols.) a los que añadimos cal en unas y cemento en otras tantas, en porcentajes de 2.5/5/7.5/10/15/ y 20%. Los parámetros de evaluación fueron: color, resistencia a la gota de agua y dureza superficial. La prueba que obtuvo mejor resultado fue la de cal al 10% en las tres mezclas patrón, aunque la tonalidad blanquecina siempre fue un problema.

Nuestra insistencia en el uso de materiales plásticos, se debió al fracaso del suelo-cemento y la relativa resistencia del suelo-cal en exposiciones prolongadas. Precisábamos de un mortero estabilizado cuya resistencia al tiempo y la naturaleza, justifique la inversión y garantice una efectiva protección.

En un principio, este mortero se aplicaba respetando las formas originales de las cabeceras de muro, pero la evaluación del "capping" después de alguna lluvia, nos permitió observar las dificultades de distribución del agua, subsistiendo el peligro de las torrente-

ras, debido a que la intensidad de la precipitación superaba la capacidad de absorción del mortero.

Esto nos permitió encontrar una alternativa, dar a la cabecera de muro una inclinación deliberada hacia el paramento no decorado. Indudablemente, esta acción implica una alteración inevitable de la imagen que nos hemós acostumbrado a ver, pero, de ninguna manera significa una recomposición formal del sector intervenido.

La práctica de esta solución en el sector de los Arabescos, Ciudadela Gran Chimú, y la lluvia de enero del presente año, corroboró nuestra tesis. Los relieves del primero no sufrieron daño alguno, mientras que en el segundo, un pelícano estilizado fue afectado por las chorreras.

Prescindimos de la cal en la elaboración del mortero, quedando reducido a una mezcla de arena gruesa y tierra (2:1 vol.), y acetato de polivinilo al 5% en agua.

La aplicación sigue los pasos que se indican:

- a. Eliminación de las costras superficiales y la tierra húmeda-salina que se encuentra debajo de éstas.
  - b. Relleno de las grietas y huecos con un mortero de tierra-arena (1:2 vol).
  - c. Consolidación de los adobes con Mowilith DM 1H al 5% en agua, previa humectación con agua-alcohol (1: 1 vol.),
  - d. Añadido de adobes (reutilizados o nuevos) hasta conseguir una inclinación de la cabecera de muro, que encauce las aguas pluviales hacia el paramento no decorado.
- Para el caso de los muros con decoración en ambos paramentos, se elaboró con cañas una cubierta cóncava con tal inclinación que permitió el aforo del agua hacia una rampa falsa adosada a la estructura. Estos elementos son totalmente reversibles como el mismo "capping". Esta solución fue sugerida por Ismael Pérez.
- e. Aplicación de un mortero de arena gruesa y tierra (2:1 vol.). Las grietas que se produzcan debido al secado serán aprovechadas para que el mortero estabilizado tenga una mejor unión a éste.
  - f. Elaboración del mortero estabilizado conforme a lo expuesto anteriormente. La mezcla no debe ser acuosa para evitar su resquebrajamiento. La primera capa de-

be ser aplicada con espátula para lograr una buena adherencia y acabado con las manos para evitar superficies pulidas.

Las torrenciales precipitaciones del presente año nos han demostrado dos situaciones. La primera, resistencia del "capping", capacidad de absorción y secado sin resquebrajaduras. La segunda, un punto crítico ubicado en su unión con el paramento, el mismo que por falta de consolidación con un hidrofugante es afectado por el agua. Ello requiere indudablemente que se intervenga el enlucido con un producto como el silicato u otro producto.

Un segundo aspecto de la conservación en Chan Chan es el tratamiento de enlucidos y relieves. La excepcional calidad estética y carácter documental de estas decoraciones condicionan todo planteamiento restaurador, pues su tratamiento va ligado a las estructuras que le sirven de soporte.

La unidad enlucido-relieve condiciona el tratamiento en los siguientes niveles:

- a. Consolidación de la estructura arcillosa del enlucido y del relieve.
- b. Adherencia del enlucido al muro.
- c. Adherencia del relieve al enlucido.

Se ha realizado una serie de pruebas que ha consistido en aplicar sustancias químicas de naturaleza plástica en las superficies de enlucidos, relieves y aún de los mismos adobes. Estos productos han sido el Primal AC-33 (Emulsión Acrílica), Mowilith DM 1H (Acetato de Polivinilo), Paraloid B-72 (Copolímero Acrílico), Bedacryl 122-X (Metracrilato), Calatón CB (Nylon Soluble). Estas soluciones no han rendido los resultados esperados a pesar del reducido porcentaje (máxima 5%); al cabo de dos años comienzan a exfoliarse por efectos de la humedad contenida en la estructura o su orientación con respecto al mar. Además, la película plástica dificulta futuras aplicaciones. Sin embargo, su acción adhesiva sobre el enlucido, y de éste al muro o soporte, es decir, su aplicación al interior no presenta problema de exfoliación.

Hemos aplicado con buenos resultados el silicato de etilo 40, combinado con alcohol etílico de 96% y ácido clorhídrico. Esto lo observamos en las primeras pruebas que realizara Giacomo Chiari (introdutor de

esta técnica en el Perú en 1975) y las que posteriormente hemos continuado. Sin embargo, su aplicación aún no convence a algunos especialistas por su carácter irreversible y causar la alteración estructural del adobe. Pero, a la luz de los resultados, consideramos que este producto es, hasta el presente, el que mejores satisfacciones nos ha dado por su carácter hidrofugante, proporcionar buena consistencia y mínima alteración del color del adobe.

Para tener una idea de su propiedad hidrofugante y consistencia, reseñamos una sencilla prueba. Sumergimos dos muestras de relieve en agua, uno sin tratamiento y el otro consolidado por inmersión con silicato de etilo 40. A los 10 minutos el primero quedó totalmente destruido, manteniendo la costra superficial. El segundo, resistió cuatro horas sin alteración. Luego, lo sometimos a una temperatura de 52°C (secando a los 16 minutos); finalmente se sumergió por cuatro horas más sin mostrar evidencias de afectación.

Debemos recordar que la aplicación del silicato exige se cumpla con ciertos requisitos:

- a. Calidad del alcohol etílico (96% obligado).
- b. Evitar corrientes de viento que aceleren la normal evaporación del alcohol, que se debe retardar cubriendo la zona con plásticos por un tiempo de 5 a 7 días.
- c. Evitar elevadas humedades (contenida o ambiental) pues dificulta la polimerización del consolidante.
- d. Eliminar de la superficie a tratar todo elemento arcilloso adherido o polvo. Esto implica una limpieza prolija y respetuosa de las formas originales.

Ante el problema de adhesión enlucido-muro y relieve-enlucido, que no soluciona este producto, se conviene en el uso de materiales como Mowilith DM-1H o Primal AC-33 al 3 ó 5% en agua, tal como ya se ha explicado anteriormente. Las bolsas o vacíos que eventualmente se dan entre estos estratos se rellenan con mezclas acuosas de tierra-arena fina (1:2 vol.) y cal al 10%. Naturalmente, se humecta previamente la zona que va a intervenir.

De esta manera la solución se plantea por una técnica mixta silicato-acetato de polivinilo.

Finalmente, realizamos un drenaje con tubos de PVC de 4" de diámetro en el Templo del Arco Iris, llamado también El Dragón. Esta tubería fue tendida co-

nectada a los catorce depósitos cerrados que rodean la estructura central, colocando al centro de cada uno de éstos una caja receptora. Asimismo, se colocaron otras dos cajas receptoras en los sectores más bajos del corredor interior, con el fin de recibir el agua pluvial y evacuarla a dos cajas de 12 m<sup>3</sup> de capacidad cada una, ubicadas a 10 mts. del muro perimetral. La capacidad de ambas cajas fue superada por la lluvia. Con esta medida evitamos los aniegos que afectan los relieves y las estructuras, cosa muy importante si consideramos que este monumento carece de cimentaciones.

Hemos expuesto aquí los detalles más importantes de la conservación del adobe en Chan Chan; queremos hacer constar que esta labor fue desarrollada por un equipo de restauradores y arqueólogos desde 1974 a la fecha. Nuestro agradecimiento a Carlos Castañeda, Carlos del Mar, Héctor Suárez, Ana María Hoyle y al Director del Centro de Restauración, Cristóbal Campana,

## Conclusiones

1. La protección de las bases y partes inferiores de muros, requiere de acciones inmediatas que eviten planos inclinados que orienten las aguas pluviales hacia ellos.
2. El drenaje es una solución inmediata e imprescindible para Chan Chan y monumentos análogos.
3. La protección de cabecera de muros debe procurar morteros cuya estructura no difiera de los muros que protege. Estos morteros requieren un mantenimiento permanente.
4. Las experiencias de consolidación realizadas demuestran claramente las ventajas del uso del silicato de etilo 40 por sobre los materiales plásticos.
5. Es necesario elaborar un Proyecto de emergencia en el que se diseñen las acciones por prioridades, de acuerdo al tipo de desastre natural.

## Sugerencias

1. Elaborar un Proyecto Regional para la Costa Nor-Peruana, a fin de dictar y ejecutar las medidas adecuadas para proteger los monumentos arqueológicos en adobe de las lluvias, aluviones y otros desastres naturales.

2. Concordar la participación de la OEA, PNUD y otras organizaciones internacionales, así como del Gobierno Peruano, para la ejecución del referido Proyecto Regional de Protección del Patrimonio Arqueológico en Adobe.
3. Establecer en Chan Chan un Proyecto de investigación para la Conservación.

## Bibliografía

- CABRERA GARRIDO, José María, "Informe técnico *Misión UNESCO*", Cusco, 1977.
- COREMANS, Paul, "La Preservation du Patrimoine Culturel du Pérou". *Misión UNESCO*, mars-avril, 1964.
- CHIARI, Giacomo, "Informe técnico de trabajos en Chan Chan". Presentado al INC-Trujillo, 1977.
- MORALES, Ricardo, "Informe técnico del Proyecto Piloto de Conservación del Adobe". Trujillo, 1977.
- MASSARI, Giovanni, *Humidity in Monuments*, Roma, "International Center for Conservation", 1977.

- RAVINES, Rogger, *Chan Chan, metrópoli Chimú*. Lima. Instituto de Estudios Peruanos, 1980.
- Tecnología andina*. Lima, Instituto de Estudios Peruanos, 1978.
- SANPAOLESI, Piero, "Cause de détérioration des monuments", en: *La conservation et la restauration des monuments et des bâtiments historiques*. Paris, UNESCO, 1973.
- STAMBOLOV, J.R.J., Van Asparen de Boer, *The Deterioration and Conservation of Porous Building Materials in Monuments*. Roma, 1972.
- SZABO, Zoltán, "The Conservation of Adobe Walls Decorated with Mural Paintings and Reliefs in Peru". Zagreb, 5th Triennial Meeting ICOM, 1978.
- TORRACA, Giorno, "Informe Técnico". *Misión UNESCO*, Cusco, 1978.
- TORRACA, G. — CHIARI, G. — GULLINI, G. "Report on Mud-Brick Preservation", en: *Estratto de Mesopotamia (Revista di Archaeologia, Epigrafia e Storia Orientale Antica)*. Torino, G. Giappichiaelli Editore, 1972.
- VALLIN, Rodolfo, "Informe Técnico de Trabajos en Chan Chan". Lima CIRB, 1975-76.
- WINCKLER, E.M. — CLIFTON, J.R. "Solvents for Adobe and Stone Preservatives" en UNESCO-RIEEM, Colloque International. Paris, Junio 5-9, 1978.



## Un estudio de las viharas de adobe pintadas de Sri Lanka

*Asbley de Vos*

plo (vihara, pilimage), árbol de bo y plataforma (bodhi maluwa), el monumento en forma de cúpula que guarda reliquias sagradas (dagoba, stupa), sala de oraciones (bana maduwa) y las residencias de los monjes (pansala); tiene una fuerte influencia de las viviendas sencillas de las aldeas, en lo referente a la metodología y estilo.

En las aldeas, las viviendas eran básicas y se construían con materiales extraídos de los alrededores. La tecnología predominante era el barro, que se puede obtener con facilidad en diferentes composiciones y calidades. Se utilizaron seis técnicas básicas de construcción, a saber:

- |                        |                |
|------------------------|----------------|
| a. Quincha y Bahareque | (Varichchi)    |
| b. Cob (champa)        | (Undi)         |
| c. Adobe               | (Mordegal)     |
| d. Tapial o tapia      | (Thappa Bammi) |

La Isla de Sri Lanka, una república independiente situada al sur de la India, es predominantemente budista. Cuenta con una historia escrita, bien documentada, que abarca 2200 años y una civilización que se extiende mucho más lejos en el tiempo. En Sri Lanka no existen ni terremotos ni ciclones pero anualmente llueve durante cuatro meses y hay un 80% de humedad. Es, por lo tanto, un país con una vegetación agresiva y un clima tropical.

La vida en una aldea típica de Sri Lanka gira alrededor del templo, su punto central. El templo era el colegio, el centro comunitario, el concejo y el refugio. Sri Lanka puede jactarse de tener alrededor de 2500 templos de este tipo, de distintas formas y tamaños, dispersos por todo el país en diferentes condiciones de construcción, conservación o deterioro.

La tecnología para la construcción de edificios en un típico complejo de templos, que consta del tem-

- e. Paredes de piedra y barro (Sakka Bammi)  
 f. Bloque de Laterita (Cabook)  
 (a lo largo de la costa occidental)

Los paramentos verticales de las construcciones se protegían de la erosión de la lluvia mediante techos con aleros anchos.

Las Viharas son básicamente de dos tipos, los templos en cuevas (gal viharas) y los templos construidos sobre pilares o plataformas; los templos "estructurales".

a. Los templos en cuevas consisten de cuevas naturales, preparadas especialmente con una pestaña (o alero) gotera (kataraya), cortadas alrededor de la entrada de la cueva. Esta pestaña protegía el interior de la cueva de la lluvia, que se escurría por la cara exterior de la roca. Algunas veces se grababa el nombre del donante en esta pestaña. Justo debajo de la pes-

taña, un techo inclinado con soporte de madera y teja de terracota, apoyado en pilares de madera grabados o columnas de piedra (kuluna), con listones de madera (pekada), formaba un camino o corredor (pilla). Una pared gruesa, con una o más puertas y ventanas, separaba este corredor de las cuevas interiores donde se colocaba la imagen o imágenes.

Esta pared era de barro, cuidadosamente pulido, enlucido y cubierto de pinturas de los Jatakas (historias sobre la vida de Buda) u otros eventos importantes. El cielo raso se nivelaba y encolaba cubriéndose con una capa de arena finamente molida y arcilla mezclada con agua de arroz. Luego se preparaba esta superficie y se pintaba después.

b. Las estructuras de las viharas, así como las viviendas de las aldeas, se levantan más alto que la tierra circundante. Se construye sobre:



PARED DE BARRO COMO PROTECCION. PUERTA Y VENTANA EN MADERA. TECHO DE MADERA Y COLUMNATA AL FRENTE



TAMPITA VIHARA - SOBRE PIEDRAS GRUESAS, UNA ESTRUCTURA DE BARRO QUE INCLUYE UN SOPORTE DE MADERA. TECHO DE TEJAS.



TAMPITA VIHARA - SOBRE PILARES DE PIEDRA, CON SOPORTE DE MADERA. EN EL CENTRO, SANTUARIO CON PAREDES DE BARRO. TECHO DE TEJAS.



VIHARA SOBRE AFLORAMIENTO DE ROCA. ESTRUCTURA DEL SOPORTE DE MADERA INDEPENDIENTE DE LAS PAREDES. SANTUARIO DE BARRO. TECHO DE TEJAS.

1. Pequeñas columnas de piedra
2. Rocas
3. Zócalos altos
4. Afloramientos de roca lisa.

Las *vihas* en pequeñas columnas de piedra (Tampita Viharas) o sobre rocas, nos recuerdan los graneros de barro (bihi) o las despensas de arroz de las aldeas que se levantan en forma similar, como medio de protección contra las termitas (comején) o el incremento de la humedad. Estos templos consisten de un sencillo santuario de forma rectangular o cuadrada, cubierto por un techo a dos aguas, con soporte de madera y teja de terracota. La parte exterior del techo cubre la galería abierta, que rodea al santuario. El corredor y los aleros anchos que la rodean protegen la pared interna de los elementos; esta pared está hecha de barro enlucido, liso y pintado.

En las regiones montañosas, las *vihas* se construyen

a menudo en la cima de los afloramientos de roca. Estos templos se destacan en los alrededores y forman puntos focales en el paisaje. Las paredes son a menudo de piedra, con barro enlucido y pintado.

En otras áreas se construyen terrazas altas de piedra y barro sobre las que se edifican las *vihas*. Estas *vihas* son a veces de dos pisos. Tienen un techo, con soporte de madera, teja de terracota, con aleros anchos para proteger las paredes de barro. Los pisos superiores son de tablones de madera y reposan sobre soportes de madera inferiores.

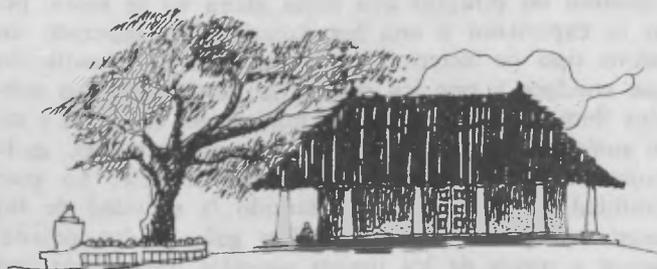
### Ubicación de las superficies pintadas

La mayor parte de las paredes de las *vihas* están cubiertas con pinturas de la Historia de Jataka, en paneles largos, angostos y continuos. Esta narración visual se intercala con una nota explicativa. En la mayoría de templos, las pinturas se limitan a la cara interior de los santuarios; sin embargo, existen ejemplos de *vihas* con fachadas exteriores pintadas. La decisión de pintar una pared en particular no depende de una convención sino de una decisión que surge del momento histórico.

Eran pintadas, además las cornisas, pilastras y techos. Se llenaron las áreas intermedias con diseños, a fin de crear una continuidad de la superficie pintada. Las estatuas de las diversas divinidades fueron primeramente enmarcadas en madera, moldeadas en barro, enlucidas, pintadas y colocadas según su importancia a la entrada de los santuarios. Las estatuas que se encontraban en la habitación interior del santuario tenían el centro de piedra, ladrillo o madera y eran moldeadas completamente en barro y enlucidas y pintadas con cuidado.

### Metodología

Para la preparación cuidadosa de la superficie de la pared, primero se emplastó de barro con una capa de arcilla y arena finamente molidas. Ideal para este propósito era la arcilla de los terraplenes de las termitas. Luego, se cubría con una capa delgada de caolín (kirimati), alisada y compactada al frotarla con una herramienta de metal o piedra. Finalmente, se le



VIHARA - CORREDOR EXTERNO, COLUMNAS DE MADERA O ALBAÑILERIA. PAREDES DE BARRO QUE ENCIERRAN EL SANTUARIO PRINCIPAL.



VIHARA - DOS PISOS. SANTUARIO EN EL PISO SUPERIOR. SALA DE ORACION (Bawa Adura) EN LA PLANTA BAJA.

cubría con una capa de *magnesita* (makulu).

El bosquejo de la pintura se ejecutaba luego en esta superficie completamente blanca, utilizando un pincel delgado hecho de hierba de teli tana (aristida adscensions) y pintura negra.

Los pinceles fabricados con cabello de la ardilla para trabajos finos, y aquellos hechos de la raíz del Pandanus (vetakeyiya) se utilizaron para llenar los espacios entre las figuras. Para pintar este fondo se usaba una técnica consistente en recubrirlo con dos o tres capas de pigmento rosado y rojo, hasta que se alcanzaba la intensidad final del fondo rojo requerido.

Los materiales utilizados en la fabricación de los diversos colores primero se juntaban y se molían cuidadosamente en un mortero de piedra hasta convertirlos en un polvo fino. Se mezclaba este polvo con goma (divul latu) del árbol de manzana elefante (*feronia elephantum*) y agua para formar una pasta. Para las pinturas se utilizaba la técnica de la ténpera. Las pinturas en el exterior se fabricaban con aceite del árbol de Dorana (*Dipterocapus Glandulosus*).

Los pintores representaban temas tradicionales en un estilo tradicional, inspirándose en escenas y objetos particulares del medio-ambiente contemporáneo. Estas pinturas son hoy en día una ventana en la Historia del tiempo. Su narración visual las hace más veraces que cualquier libro de historia. El escenario revela exactamente cómo vivía la gente en el período particular en que se realizaron las pinturas. La arquitectura, modas y diseños, el sistema de transporte, la comida, muebles, influencias foráneas, fauna y flora, etc. constituyen un fiel retrato de la época en las paredes.

## Factores de deterioro

Este patrimonio está sujeto a un número de factores de deterioro, tanto los naturales como los causados por el hombre. Aquél causado por el hombre, esto es, descuido o falta de mantenimiento, es, sin lugar a dudas, el más serio.

En el pasado, la aldea patrocinó y cuidó estos templos. Las sociedades del templo (Dayake Sabhas) repararon y repintaron los templos regularmente utilizando técnicas y métodos tradicionales. Hoy, con la educación y la búsqueda de bienestar material, se han des-

integrado los mecanismos tradicionales de protección. La población cuenta con menos tiempo, han variado los programas de materiales: se utiliza concreto para reparar el barro. Pinturas baratas, lustrosas y aceitosas, reemplazan a las tradicionales pinturas de pigmento, de modo que todo ello culmina en la destrucción en vez de la conservación de los templos.

En los templos, por tradición, se utilizaban lámparas de aceite; en la actualidad están provistos de lámparas eléctricas en un esfuerzo por exhibir las pinturas para los "turistas". Se nota a simple vista los alambres de la instalación eléctrica que cruzan las superficies pintadas.

Los templos del Oriente son objeto de una religión viva en oposición a las "actitudes de museo" en el Occidente. Los inmensos espacios oscuros se utilizan para la meditación, pero en la actualidad las luces eléctricas imparten una condición teatral a estos espacios simples. De pronto los límites son visibles. Las luces muestran las pinturas que hasta ahora no se veían, pero la exposición a una luz excesiva ha empezado un nuevo tipo de deterioro de exposición a la radiación que conduce a que los colores se destiñan. Estos templos iluminados atraen mayor número de visitantes y esto aumenta el nivel de humedad, lo que a su vez, es la causa de que la capa de la pintura se pele. La gran cantidad de visitantes ha destruido la santidad de los interiores de los santuarios. Los guías andan pesadamente a través de los límites sagrados arrastrando tras de ellos a una multitud de turistas, como gansos que en tropel cruzan la tierra de pastoreo en camino hacia el agua.

Tradicionalmente, las ventanas servían tanto para ventilación como para luz. La introducción de paneles de vidrio permite mantener fuera a los murciélagos, pájaros y conserva los niveles naturales de luz, pero destruye el efecto del movimiento del aire a través de la estructura, lo que resulta esencial para que sequen las superficies de la pared en el trópico húmedo.

## Conservación y conclusiones

Las causas de destrucción son universales y así también lo es la teoría de la conservación. Cada país

debería formular una teoría, la más conveniente a sus aspiraciones, dentro de las normas establecidas por las Convenciones Internacionales. No deberíamos olvidar que toda propiedad cultural pertenece al Patrimonio del Hombre. Es nuestro deber preservarla para aquellos que vienen después de nosotros. Nuestra elección de la metodología debe ser responsable y no debe experimentarse en exceso. Las metodologías tradicionales, que incluyen el mantenimiento cuidadoso y regular, han preservado gran parte de este patrimonio de los estragos del tiempo.

Esto presupone la necesidad de recuperar algo de este conocimiento perdido. El estudio consciente y la documentación sistemática de las tecnologías tradicionales es de una importancia primordial. La más humilde aldea es una fuente ilimitada de conocimientos. Muchas de las soluciones a nuestros problemas se encuentran al nivel más sencillo. Debemos ser suficientemente humildes para adquirirlos: no siempre podemos

rezar a los Dioses (UNESCO) para que nos envíen expertos a fin de resolver nuestros problemas. Es necesario desarrollar habilidades en nuestros propios países y debemos intercambiar experiencias unos con otros. Sólo entonces aparecerá el verdadero significado del Patrimonio del Hombre.

## Bibliografía

- Wickremasinghe, *Sinhalese Manuscripts in the British Museum*.  
Coomaraswamy Ananda K, *Mediaeval Sinhalese Art Pantheon Books*.  
Cave H. W., *The Book of Ceylon* - 1908. Cassell and Company Ltd.  
De Silva R. H., *The Technique of Ancient Sinhalese Wall Paintings* - Sigiri, Paranavitana Felicitation Volume - Colombo.  
De Vos Ashley, *Some Aspects of Traditional Rural Housing and Domestic Technology* - 1977. National Museum - Colombo.  
*Mud as a Totally Viable Building Material* - 1977. Architect in Development - Colombo.  
*Restoration and Rehabilitation of Historic Houses - Possibilities and Attempts* - 1982. Architect in Development - Colombo.



## Técnicas de tierra cruda (Banco) utilizadas en Mali

*Nianti Bouaré*

### I. Introducción

Mali está situado en el corazón del Africa Occidental; tiene una superficie de 1'240,710 Km. cuadrados y se extiende entre los 10° y los 25° de latitud norte. El meridiano de Greenwich pasa por Gao. El país, totalmente continental, está limitado por Argelia al norte; Niger al este; el Alto Volta, la Costa de Marfil y Guinea al sur y Senegal y Mauritania al oeste. Bamako, la capital, dista 1,272 Km. por vía férrea de Dakar, y 1,086 Km. por carrera del puerto de Abidjan.

El país se halla en la zona tropical norte; existen dos estaciones: la de lluvias, que dura de junio a setiembre, y la estación seca, que va de octubre a mayo.

El promedio anual de la temperatura varía según la latitud; hacia el norte la amplitud térmica anual es muy marcada.

El país está sometido a la influencia de dos vientos principales:

- un viento seco, el alisio, boreal o harmatán, que sopla de nordeste a sudoeste durante la estación seca.
- un viento húmedo y cálido, el monzón, que sopla del sudeste al noroeste y que trae las lluvias.

De norte a sur, pueden distinguirse diversas zonas climáticas:

- la zona de clima sudanés, tropical y húmeda, que se

extiende al sur de una línea que pasa por Kayes y Bandiagara. La pluviometría anual varía entre 1,350 mm. al sur y 800 mm. al norte.

—la zona de clima sahelino, tropical árido, que se extiende entre esta línea y el paralelo de Tombuctú con una pluviometría que varía entre 600 y 250 mm. por año.

—la zona sahariana, que se extiende al norte del paralelo de Tombuctú, cuya pluviometría anual es inferior a 300 mm.

Según el censo de 1976, el país tiene una población de 6'750,000 habitantes. El distrito de Bamako y sus satélites (Kati, Kulikoro) cuentan con 600,000 habitantes. Hay 43 ciudades de más de 5,000 habitantes.

Alrededor del 90% de la población trabaja en el sector primario (agricultura, pesca, ganadería).

Los historiadores están de acuerdo en reconocer —tan lejos como uno pueda remontarse en la historia de la humanidad— que la primera civilización vio la luz a orillas del Nilo.

De esta civilización egipcia se deriva la de los Proto-Wangara, es decir, de los Soninkés de la zona fronteriza entre Senegal y Mali.

El pueblo llamado Sarakolé en Senegal y Maraka en Mali ha heredado un conocimiento varias veces milenario y lo perpetúa de generación en generación (Cf: *Africa, cuna de las civilizaciones y Civilización negra o barbarie* de Cheich Anta Diop).

Ello explica por qué el estilo sudano-sahelino está tan extendido en esta zona del norte y noroeste del Africa occidental.

Los intercambios comerciales entre el Africa Negra y el Africa Blanca hicieron surgir ciudades en los cruces de las rutas de las caravanas. Las ciudades más antiguas: Tombuctú, Djenne, Mopti y Gao nacieron de este tráfico y su conformación responde a una textura flexible y a menudo radioconcéntrica.

El material de construcción utilizado fue siempre la tierra; a menudo las casas tenían dos y tres niveles y el espesor de los muros disminuía a medida que subía la altura. Esto les daba un aspecto de pirámide trunca.

La mayoría de estas construcciones se conserva todavía, gracias al mantenimiento constante que se da a los grandes edificios, es decir, las mezquitas y las

grandes casas "burguesas". Gran parte, no obstante, han sido destruidas por *razzias*, guerras u otros conflictos.

El uso de la tierra como material de construcción es algo que permanece anclado en el alma del sudano-sahelino, estrechamente ligado a la tierra nutricia.

La construcción de un edificio es ocasión de una serie de ceremonias. Se celebra el culto del *Gabiti* (ser que posee los poderes espirituales que confieren la gracia) y se vive un ambiente festivo que resulta de la ayuda que presta la comunidad a la construcción de la casa de un tercero.

El modo de construcción y el material han permanecido más o menos invariables. Sin embargo, sería deseable que se tomaran las medidas oportunas para la buena conservación de las ciudades antiguas, entre otras, Tombuctú, e igualmente que equipos de arqueólogos continúen investigando los sitios históricos enterrados, a la vez que se dedican a la protección de los lugares ya excavados.

## II. Materiales de construcción

Mali tiene un enorme potencial en lo que se refiere a materiales tradicionales de construcción.

En todas las regiones del país se encuentran: arcilla, material calcáreo, arena, laterita, etc. Igualmente, en ciertas regiones existen pizarra, esquistos y mármol.

### 1. El banco

El *banco* es el material de construcción más tradicional y el más comúnmente utilizado en Mali. Este material hace que la arquitectura maliana sea una de las más originales y conocidas tanto en el Africa como en el mundo entero.

Las canteras de *banco* se hallan en casi todo el país; no obstante, la composición química así como las propiedades físicas y mecánicas difieren de una región a otra.

Las viviendas de los pobladores rurales (más del 90% de la población total) están hechas de *banco* crudo. La totalidad de los monumentos históricos que constituyen el orgullo de la arquitectura de Mali, y que son

renombrados en el mundo entero, están igualmente contruidos en este material.

## 2. Algunos procedimientos tradicionales usados en la conservación del banco crudo

Las poblaciones rurales, preocupadas por preservar sus viviendas contra la intemperie han desarrollado procedimientos de conservación del *banco*; entre éstos podemos citar:

### — La estabilización con paja

Este método consiste en mezclar en cierta proporción paja con *banco* (banco armado). Esta estabilización con paja se usa tanto para la fabricación de los ladrillos como para los enlucidos.

### — La estabilización con aceite

En la región del sur se encuentra un árbol, llamado *Karité*, cuyas nueces dan aceite; los habitantes de esta región mezclan el aceite con el *banco* para obtener así un material resistente a los efectos de la lluvia. Generalmente, los enlucidos se estabilizan con aceite o con residuos de *Karité*.

### — La estabilización con desechos animales

En muchos pueblos se mezcla excremento de ganado con la tierra, para obtener un material más resistente a los agentes atmosféricos.

### — La estabilización por cocción

En las regiones de Mopti, Goundam y Diré se fabrican pequeños ladrillos cocidos. Estos ladrillos sirven como revestimiento de los muros y como enlucido. Se les utiliza igualmente para cubrir las azoteas. Este procedimiento prácticamente no se utiliza en las regiones con alta pluviometría.

## 3. Acciones emprendidas para la revalorización de materiales locales

Bamako, la capital de Mali, como hemos mencionado, se halla a más de 1,000 Km. de un puerto marítimo.

A partir de 1973, la crisis de la energía trajo como consecuencia un costo mucho más elevado del cemento; el gobierno de Mali empezó a elaborar entonces una política de revalorización de los materiales locales y de mejoramiento de las técnicas tradicionales de construcción.

Así, al Centro Nacional de Investigación y Experimentación para la Construcción y las Obras Públicas (CNREX/BTP) se le confió la investigación y el estudio de las canteras de *banco* a través de las distintas regiones administrativas de Mali, trabajo que fue solicitado por la Dirección de Urbanismo.

Los resultados de estos estudios se hallan en un documento titulado: *Estudios sobre la tierra estabilizada en algunas regiones de Mali*.

El proyecto más importante en el área de la investigación sobre el *banco* es el proyecto del Centro de Tecnología Adaptada (CTA), que tiene como objetivo mejorar la condición de vida de los pueblos más pobres a través de la mejora de su hábitat tradicional. Para realizar esto, es necesario encontrar un aglomerante básico que resulte barato.

Este proyecto, que entra ya en su tercer año, ha procedido a realizar un inventario de la tipología de la construcción en Mali. Igualmente, ha localizado las distintas canteras de calcáreo existentes en el país.

Este proyecto hará posible lograr aglomerantes de base baratos, instalando pequeños hornos artesanales de cal cerca de los poblados rurales.

Siempre con la preocupación de usar el *banco* como material válido de construcción, Mali ha iniciado la construcción de edificios socio-económicos, tales como los Centros de Salud; estas construcciones, financiadas por el Banco Africano de Desarrollo (BAD), serán ejecutadas por la ADAUA (Asociación para el Desarrollo de una Arquitectura y un Urbanismo Africanos).

Todos estos esfuerzos llevados a cabo por Mali, uno de los países que más severamente ha sufrido de la sequía, corren el riesgo de ser vanos si no se logra una solución adecuada para la conservación del *banco* crudo. En efecto, dado el costo exorbitante del cemento importado (1,100 Francos franceses; alrededor de US\$137 la tonelada) la estabilización con cemento, aun en porcentajes del 5% ya no resulta económica.

### III. Estructura de la investigación

Existen entidades de investigación prácticamente en todos los países del Africa occidental. Entre ellas podemos citar las siguientes:

—en Senegal: Escuela de Arquitectura y Urbanismo; Centro de Investigación del Hábitat, Urbanismo y Arquitectura (CRHUA).

—en Mali: el Centro Nacional de Investigación y Experimentación para la Construcción y las Obras Públicas (CNREX-BTP) y el Proyecto de Centro de Tecnología Adaptada (CTA), financiado por el PNUD.

—en Togo: el Centro de la Construcción y de la Vivienda de Cacavelli, cerca de Lomé (CCL).

—en la Costa de Marfil: el Centro de Investigación, Arquitectura y Urbanismo.

Un ensayo de sub-regionalización ha sido emprendido por el Centro de la Construcción y la Vivienda en Togo. En el nivel de la sub-región pueden citarse la ADAUA en Uagadugu (Alto Volta) y el ENDA en Dakar, Senegal.

Uno de los problemas que limitan el uso del *banco* es el de la techumbre. Hay investigaciones en curso para lograr resolver este problema, sin embargo. La ADAUA ha construido en Rosso, Mauritania, viviendas con techumbre en forma de cúpula. Asimismo, en Mali la Agencia de Cooperación y de Equipamiento (ACA, Francia) ha experimentado con techos de paja con filmes de polietileno intercalados. Aunque habría que ser prudentes en la estimación de la durabilidad de dichos techos de paja, todas estas experiencias merecen ser fomentadas y apoyadas.

Sería deseable que las organizaciones internacionales se dediquen a elaborar normas específicas para cada región, a fin de que las construcciones de *banco* tengan el mismo acceso a los préstamos bancarios que las construcciones de hormigón o morteros de cemento.

Mucho se ha hecho hasta ahora, pero desgraciadamente, no se ha centralizado la información. La UNESCO, el ICCROM o el ICOMOS podrían ocuparse de centralizar y de difundir toda la información existente acerca del *banco*.

## La protección y conservación de la ciudad de Tlaxcala, México

*Gilberto Reyes Zepeda*

Durante la Conquista, y como resultado de la alianza entre españoles y la cultura tlaxcalteca, se construyen entre otros edificios, varias capillas abiertas, edificios que son característicos en la primera etapa de la Conquista; conventos franciscanos en el siglo XVI e iglesias en los siglos XVII, XVIII y XIX.

Desde el punto de vista del trazado de las ciudades, se caracterizan varias de ellas, tales como las ciudades de Huamantla, Calpulalpán y la capital Tlaxcala, por haber mantenido prácticamente durante los últimos cuatrocientos años su misma imagen urbana. Como consecuencia, se han establecido medidas específicas para su conservación, y planes de restauración de varios edificios, tanto públicos como privados, todo esto con el objetivo de preservar las ciudades, sus edificios y la imagen urbana existente y futura como un legado cultural a sus habitantes.

La capital del Estado, la ciudad de Tlaxcala,

cuenta con 20,000 habitantes y en su entorno viven por lo menos otros 80,000 en pueblos y ciudades que conforman cinco municipios.

Se ha procurado, siguiendo los planes de desarrollo urbano y de acuerdo a las determinaciones que el Gobierno del Estado y el Instituto Nacional de Antropología e Historia han dictado para definir un área —casco urbano, que esta ciudad esté normada para mantener la imagen que tiene desde hace cuatrocientos años.

En lo que respecta a las calles y los servicios urbanos, la solución que se ha dado ha consistido en diseñar un ancho de banquetas adecuado para la circulación de peatones y plantar árboles y arbustos bajos. Se ha buscado la armonía en el color de las fachadas, dentro de un mismo rango de tonos que varía de los ocre al rojo óxido.

Este mismo criterio se ha aplicado en pequeños

poblados y ciudades en donde, además, se han arreglado los espacios comunes como plazas cívicas y lugares de reunión.

Se ha dado primordial atención a la recuperación y restauración de edificios públicos, de valor histórico y cultural, construidos con adobe y una piedra suave llamada *xalnene*, de fácil extracción, que, combinados, dieron una resistencia adecuada a los mismos.

Uno de los ambientes que se ha procurado conservar es el Convento de San Francisco, conjunto del siglo XVI que se ha mantenido incólume a través del tiempo, que consta de catedral, convento, muros y calles alledañas con construcciones que tienen como base el adobe y el *xalnene*, como es la plaza de toros.

Otro edificio es el de la pinacoteca del Estado, originalmente una casa-habitación adaptada, respetando todos sus espacios y recuperando otros ya muy deteriorados para sala de exposiciones y depósito de pinturas. El pajar de la casa se transformó en pequeño auditorio.

El Palacio Legislativo, localizado en el centro de la ciudad, construido a fines del siglo XVI, era un anexo de la iglesia llamada actualmente Parroquia de San José. Este edificio, en los últimos 30 años, funcionaba como hotel y se hallaba completamente deteriorado en su exterior e interior, habiendo perdido su carácter original. En su restauración se procuró respetar los muros más antiguos, encontrándose en su interior dos arcadas, que son los elementos de más valor que se rescataron de esta restauración.

El Archivo General del Estado se ubicó en lo que originalmente fue una escuela construida a principios de este siglo. Se respetaron los espacios originales,

creando a la vez un ambiente luminoso con un jardín interior.

La capilla abierta de Tizatlán fue un caso interesante de restauración; estaba próxima a derrumbarse y al recuperar el monumento, se logró también descubrir dos pinturas al fresco del siglo XVI.

El Convento de San Francisco en Tepeyanco, del siglo XVI, monumental por su construcción, comprende una capilla abierta de cinco grandes arcadas en doble cruzía que actualmente está en proceso de recuperación.

Otro convento del siglo XVI, uno más de los doce que existen en el Estado, es el Convento Franciscano de Atlihuetzia. Este conjunto es espectacular por su monumentalidad, encontrándose sin techar la nave principal y el convento en sí, pero se han conservado sus arcadas interiores principales en la zona del coro. También se mantienen en pie sus muros creando un espacio agradable e impresionante a la vez.

Lo que hemos mostrado en este Simposio es una parte del esfuerzo de un Estado, dentro de un país que es México, donde tanto habitantes como gobernantes están tratando de conservar, entre otras cosas, el patrimonio histórico y cultural que nos han legado nuestros antepasados. Es preocupación suya también dejar a las futuras generaciones los testimonios de los pasos del desarrollo cultural de un país. Esperamos que tengan la oportunidad de visitarnos y vivir plenamente estas obras en su lugar de origen y sobre todo, que las observen funcionando, ya que el criterio básico para su restauración y recuperación ha sido el que se utilicen en la vida diaria, lo que originará también su mantenimiento preventivo y oportuno.

## El monumento nacional de Tumacacori

*Paul McHenry, Jr.*

### Historia

La Misión de Tumacacori está situada aproximadamente a 50 millas al sur de Tucson, Arizona, un puesto avanzado septentrional de una cadena de misiones construida a fines del siglo XVIII por los Padres Franciscanos. Alrededor del año 1823 se completó su forma actual, y está en uso desde entonces. La estructura principal consta de una iglesia, construida principalmente de adobe con paredes gruesas de 6 pies en la parte inferior. La construcción de la iglesia incluye un campanario de una sola campana, una cúpula sobre el santuario y una sacristía con bóveda de cañón corrido. Se utilizaron adobes cocidos a baja temperatura en muchas decoraciones ornamentales.

La mayor parte de la superficie de la pared se

enyesó con un enlucido de cal/arena, utilizando un horno para secado de la cal ubicado en los terrenos del monumento.

Otras características del monumento incluyen restos parciales de un granero, capilla funeraria, edificaciones para el culto y una pared para el camposanto. El enlucido de la pared del camposanto se decoró con astillas de ladrillo rojo. Aún quedan algunas secciones originales. Las técnicas utilizadas para el enlucido emplearon materiales disponibles localmente, sin recurrir a los nuevos cementos pórtland u otros productos usados en la actualidad.

Hasta su declaración como Monumento Nacional en 1908, se destruyó y saqueó la estructura para aprovechar los materiales de construcción. Desde su adquisición, en varias ocasiones, se han renovado esfuerzos

para restaurarlo y estabilizarlo. Muchos de estos bien intencionados esfuerzos incorporaron nuevos tipos de materiales de construcción; por ejemplo, asfalto, ladrillos de adobe estabilizado, estuco de cemento coloreado, barreras de espuma plástica, varios tipos de revestimientos y selladores químicos impermeables. Algunas de estas reparaciones crearon efectos indeseados al concentrar humedad, con el resultado de un deterioro acelerado. La filtración de la humedad, de origen desconocido en las paredes macizas de la nave, constituyó una preocupación primordial.

## Normas para el diseño

Las normas establecidas por el Servicio Nacional de Parques eran las de estabilizar y preservar el bien cultural, en vez de buscar una restauración completa. La primera prioridad del proyecto consistía en determinar las causas del daño, estabilizar la estructura para prevenir el futuro deterioro, y no tomar acciones que tuvieran consecuencias imprevistas. "No hacer nada que pueda ser irreversible" es la primera regla de la tecnología de la preservación.

Era necesario examinar y evaluar los métodos y materiales estabilizadores utilizados en el pasado. La decoración de la frágil pared enlucida, que se deteriora rápidamente a causa de la humedad, debía ser estabilizada y preservada. Un propósito adicional era el de utilizar el proyecto como experimento *in situ*, a fin de determinar los procedimientos apropiados y prácticos para la restauración de estructuras de adobe.

## Ejecución

El problema primordial que debió encararse era la filtración de humedad en las paredes macizas, de origen indeterminado. Una primera investigación de la superficie no dio indicio alguno sobre el origen del agua. El practicar grandes cortes en la pared, a menudo una solución práctica para muchos edificios de tierra, no era aconsejable, debido a la naturaleza histórica del edificio. Se instalaron monitores de rajaduras para verificar y medir el movimiento y asentamiento de la pared. En los muros se colocaron sensores de humedad a intervalos regulares y en diferentes alturas

y profundidades, con el fin de determinar el perfil de los niveles de humedad. Al registrar durante varios años las mediciones hechas con estos sensores, se observó que el origen de la humedad surgía probablemente de la acción capilar en la base de la pared.

Estos perfiles aparentemente tenían cierta variación estacional. Las paredes estucadas de cemento, al prevenir la evaporación de la humedad de la pared, y la inserción de ladrillos de adobe estabilizados, han causado la transferencia de la humedad a otros sitios no afectados previamente. La tarea principal del esfuerzo estabilizador era determinar los materiales y técnicas empleados, duplicarlos, y evaluar los resultados comparándolos con materiales y métodos más modernos. Los métodos evaluados proporcionarían nueva información y normas para la conservación de otros monumentos de tierra al cuidado del Servicio Nacional de Parques.

Se construyeron en los terrenos del monumento paredes de ensayo de adobe, que fueron expuestas a varios tratamientos y condiciones. Los laboratorios NPS llevaron a cabo pruebas exhaustivas en suelos utilizados en paredes históricas existentes y en enlucidos, asimismo en materiales de reparación propuestos para su uso. Para la fabricación de adobes se utilizó mezclas de suelos mejorados, así como los existentes localmente. De acuerdo a las normas de laboratorio, los suelos locales parecían inadecuados, debido a su alto porcentaje de arcilla expansiva, pero se descubrió que actuaban bien, tanto para los adobes como para enlucidos. Se emplearon técnicas y materiales históricos tradicionales para las reparaciones, complementados en algunos casos con equipos y herramientas modernas. Se evaluaron los costos de mantenimiento continuo. Los vacíos en las paredes fueron reparados con ladrillos de adobe o enlucido de barro, según la importancia del daño. Se determinó por el método de ensayo y error las proporciones de mezcla satisfactorias, al duplicar la capa de la superficie original, y aplicarla a las paredes de ensayo. El color blanco puro que esto produjo resultaba una intrusión visual en el monumento; esto fue mitigado al añadirse un baño de tierra arcillosa, que realizó toda la apariencia del edificio.

Ensayos prolongados así como proyecciones de costo de un mantenimiento cuidadoso indicaron que el

empleo de materiales originales y de mano de obra intensiva no serían más costosos que los materiales modernos.

Un equipo de reparación, formado por el personal de mantenimiento del NPS, el personal regional y del monumento, complementados por personal local no especializado, incluía también a alumnos y profesores de la Universidad de Arizona. Se llevaron a cabo sesiones de adiestramiento y se han dado varias asignaciones para los equipos, adaptando las aptitudes naturales con las tareas a realizar. El trabajo se empezó y completó a tiempo. Al término de las reparaciones, el monumento presentaba una apariencia agradable, las superficies nuevas y viejas se integraban claramente, obviamente con los mismos materiales básicos, pero de-

lineando lo viejo de lo nuevo en una forma sutil.

Durante la gran depresión, en los años 30, la Administración para el Progreso del Trabajo construyó el centro de visitantes. Fue diseñado en el estilo arquitectónico de los edificios de la misión original; está hecho de adobe y en él se emplearon varias técnicas manuales. Contiene artefactos, modelos y objetos de características significativas. Un pequeño diorama del interior de la iglesia durante su período de apogeo constituye una muestra excepcional: el monumento está intacto y se pueden visitar los espacios que se usan actualmente; el diorama muestra la apariencia del espacio total restaurado completamente, a un costo mínimo, en contraposición al costo que significará la restauración total del monumento en sí mismo.

## Conceptos preliminares

El propósito de este estudio es proporcionar una descripción de los métodos de conservación de edificios históricos que se han utilizado en los Estados Unidos y en otros países. El estudio se centra en edificios de mampostería de adobe y de ladrillo, que son los tipos de edificios que se encuentran con mayor frecuencia en los Estados Unidos y en otros países. El estudio se centra en edificios de mampostería de adobe y de ladrillo, que son los tipos de edificios que se encuentran con mayor frecuencia en los Estados Unidos y en otros países.

El estudio se centra en edificios de mampostería de adobe y de ladrillo, que son los tipos de edificios que se encuentran con mayor frecuencia en los Estados Unidos y en otros países. El estudio se centra en edificios de mampostería de adobe y de ladrillo, que son los tipos de edificios que se encuentran con mayor frecuencia en los Estados Unidos y en otros países.

El estudio se centra en edificios de mampostería de adobe y de ladrillo, que son los tipos de edificios que se encuentran con mayor frecuencia en los Estados Unidos y en otros países. El estudio se centra en edificios de mampostería de adobe y de ladrillo, que son los tipos de edificios que se encuentran con mayor frecuencia en los Estados Unidos y en otros países.



## Adaptación de edificios y monumentos de adobe a nuevo uso

*Roberto Samanez Argumedo*

### Conceptos preliminares

A diferencia de expresiones artísticas como la literatura o la música, que pueden copiarse o hasta conservarse por tradición oral, las creaciones arquitectónicas están ligadas a la materia que las forma y cuando ésta se deteriora o desaparece, también parece la obra arquitectónica. En ese inevitable ciclo natural surge la necesidad de preservar las obras que han quedado a medida que transcurre la historia de la humanidad.

Sin embargo, la materia es sólo uno de los componentes de las obras arquitectónicas que nos han legado las generaciones precedentes. El carácter histórico, la condición de testimonio y la expresión estética son también factores ligados a la obra y por eso es tan importante y difícil al mismo tiempo, lograr la preservación de la herencia del pasado con verdadera autenticidad.

Por otra parte, la arquitectura siempre está ligada a su tiempo, al período en el cual tiene vigencia estética y funcional, por eso las edificaciones que perduran a veces han sido admiradas por sus contemporáneos y olvidadas después.

Esto nos demuestra que no es el monumento el que muda, sino la mentalidad de las personas, que cambian su modo de sentir y de valorar los testimonios históricos.

Nuestro siglo se caracteriza por la importancia que se concede a la historia que, consciente o inconscientemente, todos percibimos, aun siendo meros observadores de los acontecimientos y los cambios. Carlo Ceschi, el desaparecido maestro de la restauración de monumentos decía que, para darnos cuenta de cuán imbuidos estamos en la historia, basta observar cómo aún las personas medianamente instruidas pueden identificar cronológicamente el período al cual pertenecen los monumentos históricos de su ciudad.

En ese contexto es explicable que se hayan elaborado teorías y que existan principios éticos para conservar la herencia del pasado con absoluta autenticidad y que se haya desarrollado una tecnología de la restauración, referida sobre todo a las experiencias más antiguas y abundantes que son las europeas. En esas edificaciones de piedra o ladrillo se han aplicado experiencias acumuladas durante más de un siglo de trabajos de restauración bien entendida, aunque cabe señalar que existe una diferencia de experiencias y procedimientos cuando se trata de un material como la tierra. Sin descartar los principios teóricos que tienen validez universal, el contexto en el que están ubicados los edificios de adobe de carácter histórico, generalmente pertenecientes a países subdesarrollados, hace que no sea factible la aplicación de los métodos que se han mencionado antes.

Como alternativa se plantea la adaptación tecnológica y el empleo de tecnología apropiada, más cercana a las posibilidades económicas de los países subdesarrollados, que permite el rescate de los sistemas constructivos tradicionales y las técnicas artesanales usadas en el pasado.

Las experiencias en la restauración de edificaciones de adobe son muy recientes en comparación con las referidas edificaciones de piedra, mampostería o madera. En todos los monumentos se debe conservar en lo posible no sólo la forma sino la materia misma del edificio en la cual está contenida su personalidad y expresión estética, lo cual en el caso del adobe o la tapia constituye un verdadero reto. Debe lograrse restaurar esas edificaciones, sin convertirlas en copias despersonalizadas o variantes del inmueble que existía antes de la intervención.

### **Criterios para la adaptación**

Hace veinte años, cuando se llevó a cabo el Congreso Internacional de Restauración en Venecia, del cual surgió la Carta de Venecia, Piero Gazzola hizo importantes precisiones para corregir algunas ideas propuestas en las deliberaciones finales. Se proponía que: "en los monumentos considerados vivientes se admitan sólo aquellos usos no muy lejanos de su destino primitivo, a fin de no incurrir con las adaptaciones en

alteraciones de las partes esenciales del edificio".

Gazzola consideró que si bien era válida la intención de evitar que la adaptación a un uso práctico resulte contraproducente para la integridad histórica de un edificio, la intención se había formulado en forma errada. Primero, porque utilidades muy diferentes a las originales pueden resultar mucho más respetuosas de la integridad de la obra, que aquellas que repiten el destino inicial. Y ponía como ejemplo el hecho de que un palacio del renacimiento no puede ser convertido en vivienda sin ser afectado por cambios más o menos graves, que las exigencias de la vida moderna hacen inevitables, mientras que la adaptación a museo o centro cultural puede ser realizada con menor sacrificio.

También consideró que debía descartarse la distinción entre monumento "vivo" y monumento "muerto", porque se trataba de conceptos fundados en una aproximación empírica al problema. Si se quiere aludir a un monumento "vivo" porque es utilizable, cabía recordar que muchas ruinas son más vivas y utilizables que muchos monumentos íntegros. Finalmente propuso que la redacción quedase de la siguiente forma: "Que los monumentos que conservan íntegros sus espacios internos sean destinados a funciones que no comprometan la configuración formal de esos espacios".

Las precauciones y recomendaciones antes mencionadas no deben plantearse en forma dogmática o con rigidez absoluta, porque la gama de posibilidades de adaptar una edificación a nuevo uso es muy grande y cada caso constituye un problema específico; también porque es bastante difícil destinar recursos económicos para la conservación de inmuebles históricos y solamente de darles la posibilidad de un uso práctico, podrá justificarse en muchos casos inversiones que de otra manera no se harían. Si se comprendiera que una construcción antigua puede recibir funciones contemporáneas y que al mismo tiempo puede ser confortable, se evitaría la idea que aún existe en muchos funcionarios y técnicos que consideran como válida cualquier sustitución de lo viejo por lo nuevo.

Las veces que se ha tocado el tema de la conservación de los centros históricos se ha constatado que no es suficiente obtener dispositivos legales de pro-

tección de esas áreas y que es necesario ejecutar planes de renovación urbana estudiando la tipología de los inmuebles para proponer nuevos usos que introduzcan el confort contemporáneo sin alterar las estructuras tradicionales ni cambiar por otros a los habitantes de un barrio determinado.

Cada día que pasa se pierden más edificaciones de adobe, tapia o quincha en las ciudades históricas de Latinoamérica, por eso es imprescindible emprender proyectos pilotos y demostrar que a la vez que se puede preservar el pasado histórico se puede resolver el problema de la vivienda, tan álgido en todos los países.

Lamentablemente, no se toma conciencia de que lo que ocurre con nuestros monumentos y conjuntos históricos es semejante a lo que pasó en otros lugares donde la presión económica, derivada de la creciente demanda de terrenos y el encarecimiento de los mismos, hizo que los edificios cambien de uso pasando a ser locales comerciales y después viviendas colectivas turgurizadas. Al acelerarse el proceso de cambio en las estructuras sociales por la concentración de actividades productivas en pocos núcleos urbanos, se pasó a la demolición y sustitución de los inmuebles de las zonas centrales, hasta congestionarlas y deteriorar la calidad urbana de esas áreas. Al ocurrir esto nuevamente se produjo un éxodo hacia las zonas periféricas donde aparecieron núcleos modernos en torno a la actividad comercial. En ese proceso que se repite con algunas variantes en la mayor parte de las ciudades, la imprevisión, la tolerancia y la aceptación de iniciativas, que sólo tenían objetivos comerciales, ha producido un lamentable saldo para el patrimonio cultural y arquitectónico. Si queremos recoger esa lección y evitar que se siga repitiendo, es urgente llevar a cabo una renovación de los inmuebles usados como viviendas, así como otros edificios públicos que han caído en desuso, proponiendo y diseñando para ellos funciones diferentes, pero acordes con las necesidades de la comunidad.

### **La conversión de edificios históricos**

Es interesante observar el precedente que existe en la utilización actual de edificios industriales de los siglos XVIII y XIX. La mayor parte de esas intervenciones se han hecho en Inglaterra, Alemania, Ita-

lia y otros países de Europa, pero también en los Estados Unidos de Norteamérica. En todos los casos ha sido muy importante determinar la trascendencia social o cultural de la actividad para la que se debía habilitar el edificio.

La conocida publicación norteamericana ARCHITECTURAL REVIEW, dedicó uno de sus números a los edificios antiguos y su adaptación a usos actuales, destacando la importancia de esa labor, no sólo por el valor intrínseco de los inmuebles, sino porque su adaptación a nuevo uso puede enseñar a los arquitectos contemporáneos. Cabe destacar que la adaptación de los edificios del comienzo de la era industrial ofrece mayor libertad que la conversión de un monumento histórico importante, que por su naturaleza exige una intervención especializada y limita la posibilidad de elección de nuevos usos.

En las referidas intervenciones destaca la pre-ocupación por mantener el carácter original del edificio y respetar lo que era antes de su adaptación. La reutilización de edificios pre-existentes no es reciente. Durante el Renacimiento Miguel Angel adaptó un gran edificio romano, las termas de Dioclesiano en Roma, como la iglesia de Santa María Degli Angeli. Existen también ejemplos de ese tipo de aprovechamiento en nuestro medio, como es el caso del primer convento de Santa Clara en el Cusco, construido en 1558, que en 1649 fue convertido en la Casa de Don Gerónimo Luis de Cabrera y la Cerda, Alcalde y Justicia Mayor de la ciudad, aprovechando para la parte frontal del inmueble los muros de la iglesia.

En Alemania e Inglaterra, muchas iglesias que dejaron de prestar servicios religiosos han sido transformadas, con aceptación de la jerarquía eclesiástica. La iglesia Anglicana estudió las funciones que consideraba apropiadas para los edificios que ya no se utilizaban para el culto, proponiendo que se usen como salas de conciertos, bibliotecas, centros sociales, salas de exposiciones y museos.

En Urbino, Italia, el prestigioso arquitecto Giancarlo de Carlo adaptó un convento agustino del siglo XV, que se venía usando como cuartel del ejército y se ha destinado a dependencias universitarias con biblioteca, salón de actos y aulas. Se aprovechó al máxi-

mo las posibilidades del inmueble y se conservó la apariencia y el carácter de la edificación. La biblioteca, la sala de lectura y el depósito de libros que requerían amplios espacios se han construido a nivel de sótano, debajo de un jardín posterior y debajo del patio del claustro. Esa solución que ha requerido una compleja ejecución en obra, ha permitido una ejemplar adaptación a nuevo uso manteniendo el carácter y fisonomía originales del convento.

Para no extendernos con los ejemplos europeos, cabe citar por último un tipo de conversión de construcciones rurales adaptadas como centros de enseñanza de música, danza y teatro, museos o viviendas. Gracias al aporte de fundaciones privadas inglesas como el National Trust, se han rescatado en ese país, edificaciones rurales modestas pero que constituyen valiosos testimonios en una sociedad industrializada.

### **La adaptación a nuevo uso de edificaciones de tierra**

En el Brasil, el Instituto de Patrimonio Histórico y Artístico Nacional con apoyo del Programa de Ciudades Históricas de la Secretaría de Planificación, ha llevado a cabo un interesante programa de preservación del patrimonio histórico artístico. Muchos de los monumentos restaurados son construidos con tierra apisonada y constituyen un interesante ejemplo de intervención con ese material.

La casa de Antonio Díaz en Ouro Preto, la casa de la Intendencia en Sabará, convertida en Museo de Oro y muchas otras se han recuperado y destinado al uso museográfico y constituyen especiales atractivos turísticos dentro de los circuitos establecidos en las ciudades históricas.

En Chile se ha hecho interesantes trabajos de preservación de las haciendas de la región central, que constituyen valiosos testimonios de la construcción en esos ricos valles, usando adobes para levantar las casas patronales, instalaciones y espacios anexos. La Hacienda de Calera del Tango, que perteneció a los Jesuitas, es un vasto conjunto de edificios horizontales, con fachada de más de 200 mts. de largo y 10 patios. Pese a sus modificaciones y cambios se ha restaurado

y convertido en museo gracias a la iniciativa de un filántropo. Otros casos semejantes son la casa patronal Lo Fontecilla cerca de Santiago, restaurada por un historiador y la hacienda Lo Contador, del siglo XVIII, que pertenece actualmente a la Escuela de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Podríamos seguir haciendo un repaso de las experiencias de otros países latinoamericanos en la adaptación de edificaciones de tierra, pero creemos que será más ilustrativo hacer un comentario de ejemplos que los participantes en el Simposio tuvieron oportunidad de visitar, es decir de monumentos peruanos.

Una de las casas más lujosas y atractivas de la arquitectura colonial americana, fue sin duda el Palacio de los Marqueses de Torre Tagle, construido en Lima a principios del siglo XVIII. Esa casa señorial con azulejos sevillanos, galerías altas sostenidas por ménsulas superpuestas y arcos mudéjares, ha sido restaurada para servir de sede al Ministerio de Relaciones Exteriores. Otra casa de gran valor es la Oquendo, de fines del siglo XVIII, con cinco balcones y una portada que abarca toda la altura de la casa. Está siendo restaurada para ser usada por varias instituciones culturales vinculadas al Instituto de Cooperación Iberoamericano.

En la ciudad de Ayacucho, al conmemorarse los 150 años de la batalla del mismo nombre, que terminó con el dominio colonial en América, se logró una interesante iniciativa de la banca asociada, que determinó la adquisición de una casa antigua por parte de cada uno de los bancos comerciales. Esas casas de piedra y adobe se restauraron y utilizaron como sede de esos bancos o como lugares de exposiciones culturales.

En Trujillo, de notable arquitectura colonial, una de las casas neoclásicas de fines del Siglo XVIII, la Iturregui es utilizada como sede de un club social con buenos resultados y se han restaurado otras casas muy importantes por su calidad arquitectónica para servir de sede a bancos y entidades como el Colegio de Arquitectos.

Finalmente, en la ciudad del Cusco se han llevado a cabo varias adaptaciones a usos contemporáneos, de edificaciones coloniales de adobe. La primera intervención de ese tipo se hizo en la casa del escritor mes-

tizo, el Inca Garcilaso de la Vega, inicialmente convertida en Museo de Arte y después en sede del Archivo Histórico Departamental.

Dentro del Programa de Asistencia Técnica de la UNESCO y el Plan COPESCO, entre 1975 a 1979, se restauraron entre otros monumentos el Colegio Jesuita de San Bernardo, construido en 1620 y probablemente uno de los edificios cusqueños que ha tenido la más larga sucesión de usos, muchos de ellos inadecuados. Fue colegio, sede de la Junta Departamental, a partir de 1828, Sede de la Oficina de Correos, Sede de la Corte de Justicia y a comienzos de este siglo, pasó a ser local del Concejo Provincial, en cuyo poder estuvo hasta el terremoto de 1950. Restaurado al cabo de 28 años, el antiguo colegio se destinó como sede del Instituto Nacional de Cultura.

Otro monumento restaurado dentro del mismo programa fue la casa del Almirante, el más bello ejemplo de arquitectura civil de la ciudad, que destaca por la ventana en ajimez y una portada coronada por dos escudos, sus arcos y el patio con arcos en los dos niveles. Después de la restauración, una parte se ha destinado al Museo Histórico Regional y otra a un Programa Académico de la Universidad del Cusco.

También el Banco Hipotecario encargó la restauración de la Casa de Fernando de Vera y Zúñiga del siglo XVII, donde vivió en el siglo pasado la escritora Clorinda Matto. Ese inmueble con valiosa pintura mural funciona como sede del Banco. El Beaterio de las Nazarenas, que también es una antigua edificación de adobe, ha sido adecuado como oficinas administrativas del Plan COPESCO y la Casa de los Marqueses de Valleumbroso está siendo restaurada para que sirva de

local a la Escuela Regional de Bellas Artes.

Un edificio de adobe de mayor magnitud, como el Seminario de San Antonio Abad, está en proceso de restauración para luego ser convertido en hotel y tal vez sea el primer caso en la ciudad en que la adecuación a ese fin se hace en forma respetuosa del inmueble original.

Cabe destacar que numerosas edificaciones de adobe de la ciudad fueron reparadas y arregladas para funcionar como hostales y pequeños hoteles, pero en ningún caso se puede considerar que se logró una solución plenamente satisfactoria. Existen todavía en el Cusco valiosos inmuebles de valor histórico, que no han sido restaurados y que tienen usos inadecuados, como son las tres casas que albergan a las comandancias de la Guardia Civil, las casas en las que funcionan partidos políticos o en el caso más numeroso, aquellas que están adaptadas de cualquier forma, para que funcionen establecimientos comerciales.

En los últimos años, el uso incorrecto de algunos inmuebles ha provocado pérdidas irreparables para el patrimonio cultural, como es el caso del organismo político que funcionó en la casa de los Marqueses de Valleumbroso, hasta que una turba de estudiantes universitarios la incendió, o el reciente incendio de una casa comercial que ocupaba parte importante de un inmueble del siglo XVII.

Los ejemplos y comentarios expuestos a lo largo de estas páginas, permiten recoger la experiencia existente en la adaptación de edificaciones de adobe y tierra apisonada y se pueden extraer conclusiones válidas para las distintas realidades en las cuales se harán futuros trabajos.



## Protección y conservación de los conjuntos históricos de barro

Jacques Vérité

### 1. Conjuntos históricos y materiales de construcción

Para identificar la posición del material tierra en los conjuntos históricos hay que tener en cuenta las variaciones de las arquitecturas, de las ejecuciones y del material en sí.

Estas variaciones dependen:

— *para la arquitectura:*

- de "factores" ambientales... clima, relieve, naturaleza del terreno y materiales disponibles,
- del grado de desarrollo técnico de la sociedad,
- de factores socio-culturales,
- pero sobre todo "sin caer en un evolucionismo lineal... hay que considerar la habitación en relación con el desarrollo de las fuerzas productivas de una sociedad dada y con la complejidad creciente de su organización" (1).

— *para las ejecuciones:*

de las numerosas posibilidades: hábitats cubiertos de tierra o enterrados, hábitat troglodítico, *quincha*, capas de barro plástico (*barroca* en Brasil), *champas* (Argentina), cascarones de barro (tijuco en Brasil), capas de barro entre esteras de ramas, ladrillos hechos a mano, hechos en molde, bloques apisonados, tierra encofrada (tapia, adobón).

— *para el material tierra:*

de la naturaleza del terreno utilizado y de sus transformaciones (agregados y estabilizadores de las arcillas).

Pero este nivel general no es suficiente para dar cuenta de las variaciones de la presencia del material tierra en los conjuntos históricos. Inspirándose en los métodos de la lingüística sobre el estudio del *patois* (las lenguas vernáculas) y dialectos, vamos a de-

terminar reglas particulares. Para esto es indispensable enfatizar la ruptura entre lo vernacular y lo moderno (2).

### *Las arquitecturas vernáculas*

Las arquitecturas vernáculas son hábitats "concebidos y producidos en y para un lugar y una cultura específica" (3). En un momento dado éstas tienen una unidad dentro de un espacio geográfico; un área.

#### *a. Las áreas*

Las variaciones regionales, las diferencias y formas particulares definen las áreas arquitecturales. En el Perú podemos definir áreas arquitecturales a partir de dos ejes: a lo largo de la costa las variaciones son perceptibles de valle en valle; perpendicularmente a la costa las variaciones son visibles al interior de un mismo valle.

#### *b. Los límites y zonas de transición*

En realidad estas áreas son atravesadas por variaciones de arquitecturas, de ejecuciones y de materiales de construcción que obligan a relativizar los límites y a definir las zonas de transición.

—Las áreas diferentes pueden ser atravesadas por semejanzas ligadas con la geografía y las posibilidades de contacto. Pero la semejanza depende del criterio utilizado: la identificación de las diferentes formas de adobe prehispánico en el Perú revela una unidad de ejecución: todos son hechos a mano (4).

—En un área, las arquitecturas similares se construyen con materiales y ejecuciones diferentes: en 6000 años de historia, la unidad del valle de Chilca no se puede identificar ni a través de las ejecuciones ni a través de los cambios de materiales (5).

—Las evoluciones o las regresiones debidas a las intervenciones de los especialistas o a los tipos de edificios de un status particular, conducen a variaciones inclasificables. Por ejemplo, en el Sur-Oeste de Francia, en una zona de 5 km. alrededor del pueblo de Viozan, existe una ejecución de dameros compuesta de adobes y de piedritas, única en su género.

—Finalmente, aún en las sociedades sin escritura, los

intercambios culturales definen una unidad en la diversidad: los horizontes Tiahuanaco o Inca tienen una influencia unitaria identificables en las variaciones regionales con las que coexisten o se sobreponen.

### *Los estratos: arquitecturas de cultura y arquitecturas vernáculas*

Se define las arquitecturas de cultura como aquellas transmitidas y enseñadas por los escritos.

#### *a. El papel de las "arquitecturas de cultura"*

La primera aplicación de las "arquitecturas de cultura" está reservada a los monumentos e interviene en la modificación de las arquitecturas, de las ejecuciones y en la naturaleza de los materiales de construcción. Las investigaciones de los arquitectos contra la acción de los sismos en América Latina son un ejemplo: ... "Poco después de los sismos de 1606 y 1609, una junta de arquitectos decidió cambiar las cubiertas de la catedral de Lima que originalmente eran bóvedas de arista y cañón corrido por bóvedas de estilo ojival. . . A partir de 1636, Vasconcelos adoptó . . . un sistema de bóveda: . . . la quincha o bahareque. . . La quincha consiste en una ingeniosa unión de madera y caña con barro para construir los arcos, conjunto muy liviano que funciona como algo muy flexible en las vibraciones producidas por los sismos" (6).

#### *b. El saber de los "arquitectos de cultura"*

Puede transmitirse y sobreponerse a las técnicas vernáculas. Así para la quincha: "la innovación de este sistema se hizo popular en el siglo XVIII en la costa peruana y sur de Ecuador. Se puede afirmar que pocas son hoy las casas o edificios del período colonial y del siglo XIX que quedan en la región costera que no hayan usado el sistema" (6).

Pero la difusión de las "arquitecturas de cultura" se realiza también mediante variaciones:

—Si el proceso es lento, los progresos técnicos o las prácticas locales crean tipos particulares.

—Los diferentes grupos sociales integran las innovaciones en forma diferente. Las arquitecturas vernáculas pueden coexistir con "arquitecturas de cultura".

Son estos fenómenos los descritos por Tschudi cuando visitó Lima en 1839 y 1842: "la forma de construcción de las casas... puede ser considerada como típica, si bien existen variaciones. Los muros de las construcciones grandes son de adobe o de ladrillo; los de las pequeñas, meras paredes de caña, cubiertas con barro y luego pintadas... (7).

### c. Los efectos de "feed-back"

Hay también efectos de "feed-back" o retro-alimentación entre las arquitecturas vernáculas y las "arquitecturas de cultura". El ejemplo de América Latina es característico donde "el trasplante de ideas, de formas, de modelos y a veces de artistas debió adecuarse a los condicionamientos del "nuevo mundo" (6). Es por esta razón, por ejemplo, que durante el período colonial existen diferencias entre las dimensiones de los adobes: "En la sierra se usa de 41 a 61 centímetros de longitud, por 19 a 30 centímetros de altura. En la costa las dimensiones son menores" (4).

## Conclusión: Las arquitecturas del pasado

Los conjuntos de arquitectura del pasado se caracterizan en este análisis:

- Por áreas con límites imprecisos, atravesadas por elementos de unidad y variaciones.
- Por estratificaciones de arquitecturas, de ejecuciones y de materiales de los cuales algunos quedan como supervivencias.

## Modernismo y residuos

### a. El cambio del siglo XIX

No vamos a evocar los cambios producidos por la revolución industrial sino solamente a examinar tres aspectos:

- El transporte de materiales conlleva una modificación en el acto de construir permitida por los progresos técnicos. Un ejemplo característico es el de la acción de Haussmann en París: es él el primero en disponer de los medios técnicos necesarios para demoler la

ciudad de madera y tierra que era París a principios del siglo XIX.

- Los aglomerantes actuales: la cal hidráulica artificial y el cemento son también el resultado de progresos técnicos: a diferencia de los aglomerantes que les han precedido, éstos tienen capacidades reales de resistencia a la tracción.

- Las ejecuciones y las arquitecturas se modifican lentamente hasta que, al término de la segunda guerra mundial, se difunde los hormigones y bloques de cemento. Durante esta fase transitoria, se puede constatar la desaparición del material tierra pero el mantenimiento en sus ejecuciones: existen en Francia tapias de escoria y de cal, y también hormigones de cal o de cemento realizados con el sistema de la tierra encofrada.

### b. Hoy: el material tierra en los conjuntos

La posición actual del material tierra en los conjuntos históricos se define primeramente por dos situaciones extremas:

- Se ha destruido los edificios de tierra.
- La práctica de la construcción con tierra existe todavía. En este caso, ésta produce una nueva estratificación vernácula cuyas variaciones son las siguientes:
  - El desuso de los estabilizadores y aditivos antiguos modifica el material en su composición (el material es entonces de calidad deficiente en comparación con el de antaño). Puede darse también que aglomerantes modernos (laterita/cal o suelo/cemento) sustituyen a veces a estos estabilizadores y aditivos.
  - Sujeciones económicas simplifican las ejecuciones (los tiempos de mezcla o de secado no son respetados).
  - Se modifica las arquitecturas y la organización del espacio: llevan la huella de los efectos del "feed-back" con la arquitectura y el urbanismo dominante; son el reflejo de una nueva organización social.
- Luego, entre estos dos extremos, la posición del material tierra es muy variable. Existen conjuntos históricos donde la tierra continúa siendo dominante. Pero, a menudo, esto no se presenta más que en forma de residuos (recordemos que son estratificaciones). Las destrucciones amenazan considerablemente a este patrimonio de tierra, pero hay que recalcar también que las intervenciones sobre el espacio construido de

los conjuntos históricos tienen consecuencias positivas o negativas:

- Las acciones de modificación y de reparación de los hábitats contribuyeron a la destrucción de los residuos pero las nuevas construcciones situadas sobre antiguas casas de tierra o la colocación de nuevos enlucidos son formas de conservación del material tierra.
- La acción de los especialistas de la restauración que trabajan en los monumentos de los conjuntos históricos participa en la creación de nuevas modas cuyos efectos son positivos o negativos sobre la conservación de las estratificaciones de la tierra (ejemplo: las restauraciones del Alhambra de Granada).

### **Conclusión**

Dentro de un área arquitectural, la tierra se identifica a través de las variaciones del material, de las ejecuciones, de la arquitectura y de la organización del espacio.

Únicamente dentro de una estratificación hay unidad y hemos constatado lo siguiente:

#### **—tipos pre-industriales:**

- vernácula dominante
- modelos de cultura (a veces superpuestos)
- vernácula de cultura (que integra en el vernacular elementos de los modelos de cultura)
- modelo de cultura/vernácula (que integra en el modelo de cultura elementos del vernacular)
- popular dominante (que lleva a veces huellas de modelos de cultura)
- popular/vernácula (en los márgenes de los sitios urbanos)

#### **—tipos modernos:**

- uno o varios vernáculos modernos identificables según los grupos sociales y la proporción de materiales modernos empleados.

## **2. Los problemas de conservación**

No solamente debe actuarse sobre un material sino también sobre las huellas superpuestas o mezcladas de culturas.

### **Las dificultades técnicas**

#### **a. El problema fundamental: las características del material tierra**

—La transformación de un suelo en material es castigada por la naturaleza de los componentes del suelo y por la naturaleza del aglomerante, las arcillas: la tierra es un material cuya resistencia a la tracción es muy débil.

—Construir en tierra cuesta caro.

—Las características termofísicas no tienen nada de extraordinario.

#### **b. La acción sobre las estratificaciones y residuos**

A veces difícilmente identificables, las estratificaciones y residuos son a menudo víctimas de destrucciones justificadas en las operaciones de cura para "los edificios sin valor histórico ni arquitectural" (recomendación UNESCO).

#### **c. La conservación científica**

La conservación de los conjuntos históricos no es un acto científico como lo demuestra la misma recomendación de la UNESCO: "Los trabajos de restauración por realizarse *deberían* apoyarse sobre bases científicas... Una mayor atención debería prestarse a la armonía y a la emoción estética que resulta... de los diferentes elementos componentes de los conjuntos..." (el empleo del condicional es una confesión; armonía y emoción estética son valores sociales esencialmente variables).

### **Las dificultades ideológicas**

#### **a. La importancia del modernismo**

Los productos e incidencias del modernismo dominante (especulación inmobiliaria, higiene, mercado de materiales, pérdida de los conocimientos técnicos) participan en la desaparición del patrimonio en tierra ya sea directamente (destrucciones), ya sea indirectamente (el desdén).

#### **b. Los peligros de la nostalgia**

La actitud opuesta es también muy peligrosa. Al idealizar el pasado, generalmente limitado a una de sus

estratificaciones culturales, la nostalgia puede destruir tanto como el modernismo (por ejemplo la reconstrucción del Cusco después del sismo de 1950). Los residuos se convierten en *folklore* porque la apariencia es más privilegiada que el contenido.

### c. La postura del restaurador

El restaurador, lo desee o no, se ve influido por estas ideologías pues su acción no es científica. A. Stevens no tiene, por ejemplo, criterio cuando escribe lo siguiente sobre el estado de los techos de los Palacios d'Abomey (Benin):

1. "El techo antiguo de placas de aluminio... Integración: color de oxidado semejante a la del suelo: materia extraña..."
2. El techo nuevo de placas de aluminio. Integración: nula... (8)"

Las placas de metal en Africa —y en otros sitios— ¿son extrañas o vernáculos? ¿Debe ser "integrado" un techo?

### 3. Posibles soluciones para la protección y la conservación de la tierra de las arquitecturas rurales

En el "Seminario sobre la conservación del patrimonio africano" de 1982, el grupo de trabajo sobre la conservación de las arquitecturas rurales concluyó: "... lo que no hay que hacer:

- transporte de casas íntegras hacia la ciudad...
  - conservación con fines turísticos sin tomar en cuenta la opinión y los intereses reales de la población...
- Sería más razonable prever diferentes prácticas en materia de conservación y sobre todo:
- preservación *in situ* cada vez que esto sea posible, teniendo como correlación una política de reutilización de dichos centros.
  - sustitución documentaria... que permitirá conservar, por lo menos, el recuerdo.
  - en algunos casos excepcionales, especialmente para estructuras ya obsoletas... se puede imaginar una conservación más clásica *in situ* de algunos especímenes eventualmente sustituyendo su función" (9).

Los límites de estas proposiciones demuestran

que la tierra de las arquitecturas rurales está entre la desaparición y el museo.

### La tierra del mundo urbano

#### a. Los monumentos

Las soluciones de protección y de conservación y, en particular, las tecnologías apropiadas, han sido tratadas en este Simposio.

#### b. El tejido urbano especulativo

Debido a la nostalgia que revaloriza las cosas antiguas, ciertas partes de los conjuntos históricos constituyen el objeto de la apropiación privada de personas que cuentan con medios financieros.

La acción de protección debe hacerse:

- por imposición legal
- por incitación al ejemplo que debe venir de los especialistas y, sobre todo, ser transmitida a los actores (arquitectos, empresas, administraciones). Daremos como ejemplo la acción del arquitecto C. Sánchez Gómez en Granada y resaltaremos el papel que pueden desempeñar las empresas privadas o las asociaciones.

#### c. El tejido urbano degradado

Dos ejemplos nos proponen soluciones:

- En Túnez, pequeños equipos de obreros, financiados por la Municipalidad y dirigidos por arquitectos restauradores, aseguran el mantenimiento de las partes visibles de los hábitats. A esta acción se agrega una incitación para la revalorización de las casas en los propietarios o inquilinos.
- En el Albaicín de Granada, se ha propuesto la acción conjunta de los urbanistas y arquitectos municipales y los representantes de las organizaciones de cada barrio. Frente a una comunidad fuerte y responsable, la acción de protección y conservación puede ser eficaz aun si el riesgo de creación de una nueva estratificación (vernáculo/moderna/restaurada) existe.

### 4. Conclusión

La tierra de los conjuntos históricos desaparece con mayor rapidez que el patrimonio cultural que

todos sabemos va desapareciendo día a día. Tomaremos conciencia de la importancia de su conservación tratando de imaginar cuál será su porvenir, el cual posiblemente será muy similar a aquél del hábitat vernáculo francés (una gran parte del mismo está construido en tierra): "Probablemente en el año 2000, el número de personas que entrarán en residencias antiguas alcanzará el uno por ciento (de la población francesa)... No se trata solamente de un problema técnico o financiero o relacionado con el permiso de construir; es un problema de la sociedad" (10).

### Referencia de las notas :

1. CENTLIVRES P., "Habitat", in *Encyclopaedia Universalis*, Supplement, vol. 1, p. 697 et s., 1980.
2. GUIRAUD P., *Patois et dialectes français*, Paris. Puf. 1968.
3. ALEXANDROFF G. et J.M., *Architectures et climat*, Paris, Berger Levrault, 1982.

4. SAMANEZ ARGUMEDO R., "Los monumentos de adobe en el Perú y los casos de restauración efectuados en la zona de Cusco", Ankara, ICCROM, ICOMOS, 1980.
5. ENGEL F., *Geografía humana prehistórica y agricultura precolombina de la quebrada de Chilca*, Lima, Universidad Agraria, 1966.
6. PATRIMONIO CULTURAL DE LA HUMANIDAD, N° 10, Paris, UNESCO, 1977.
7. TSCHUDI J.J. von, *Testimonio del Perú, 1838-1842*, Lima, Perú, 1966.
8. STEVENS A., "Les palais royaux d'Abomey. République Populaire du Bénin. Sauvegarde et mise en valeur", Ankara, ICOM, ICOMOS, 1980.
9. SEMINAIRE DE PERFECTIONNEMENT SUR LES PRINCIPES ET LES TECHNIQUES DE CONSERVATION APPLICABLES AU PATRIMOINE ARCHITECTURAL AFRICAÏN, Abidjan, ICA, ICCROM, UNESCO, ATELIER: "Les architectures traditionnelles ont-elles un avenir?" Politique de conservation, 1982.
10. *Les résidences secondaires en France*, Paris, Notes et Documents, 1972.

### Conclusiones

—Este Simposio se desarrolló bajo el tema de conservación del adobe; no obstante, consideró también en forma global toda arquitectura de tierra, sea arqueológica, histórica o contemporánea, parcial o enteramente realizada con este material.

—Por ser el adobe un material utilizado continuamente a través del tiempo, las distintas culturas han podido decantar sus técnicas conformando maneras de construir propias, que se constituyen hoy en testimonios de la historia de los pueblos.

La arquitectura realizada en tierra y apoyada con materiales locales llevó a definir formas directas e inequívocas, basándose fundamentalmente en exigencias funcionales y de modos de vida que implicaron, en muchos casos, aspectos tradicionales, religiosos, sociales, de convivencia y de trascendencia de vida.

—Hay pueblos y ciudades que, por su ubicación geográfica, desarrollo económico y tecnológico, facilidades de mano de obra y disponibilidad de materiales regionales, no tienen otra alternativa que la de utilizar la tierra sin cocer para la construcción de sus edificios y viviendas.

La utilización de este material identifica y caracteriza el paisaje urbano —al hombre y su ciudad— creando una armonía en su entorno global, ya sea éste natural o realizado por la mano del hombre.

Es necesario, entonces, antes de cualquier intervención, conocer los rasgos culturales de los pueblos para evitar el enfrentamiento con la cultura preexistente.

Los monumentos históricos y, en general, las construcciones de adobe han sufrido serios daños debido a las inclemencias climáticas, los desastres naturales y al hombre mismo. Las desventajas asociadas con este

comportamiento vienen siendo superadas gracias a los trabajos de investigación realizados en los últimos tiempos.

### **Recomendaciones**

—Al analizar en este Simposio el uso y técnicas de la tierra sin cocer aplicados en la construcción en el área específica de Latinoamérica, se definió, por consenso general de los asistentes, que los conceptos emanados son de aplicación general en todo el mundo, y en especial, en los países en vías de desarrollo.

—El cometido de este Simposio no fue poner en tela de juicio la Carta de Venecia, ni ningún otro documento elaborado por convenciones gubernamentales o no gubernamentales cuyos principios ya han sido aceptados internacionalmente, mas sí enriquecerlos con un capítulo particular sobre la arquitectura de tierra.

En consecuencia, es necesario realizar estudios complementarios sobre el tema del adobe y su conservación bajo la tutela de la UNESCO, el ICCROM, el ICOMOS y otros organismos especializados.

—Estos estudios/documentos deberán contener entre otros datos: el inventario de usos, técnicas y tipología de edificios y ciudades existentes construidos con tierra sin cocer, conforme a la realidad histórica, social, cultural y económica de cada zona.

A fin de realizar estos estudios, se contemplará la organización de redes regionales y subregionales de expertos, quienes deberán formar un equipo interdisciplinario y geográficamente bien representado. Se sugirió que el ICCROM, la UNESCO y el PNUD, a través de los mecanismos pertinentes, hagan los arreglos necesarios para llevar a cabo dichos trabajos.

Los productos de estos trabajos deberán ser compilados en el término de dos años en el ICCROM, y formarán parte del banco de datos ya existente.

Estos estudios serán de gran utilidad, en especial para cursos de formación, sea en el ICCROM u otras instituciones nacionales, regionales o internacionales que tratan de la conservación del adobe y otros materiales de barro y tierra sin cocer.

—En el caso de intervención en las obras de arquitectura de tierra, *deberá* considerarse el lenguaje arquitectónico, su estructura original, los materiales y técni-

cas utilizados, así como el momento histórico de realización manteniendo y respetando la intención arquitectónica original con sencillez y sensibilidad.

—Los centros históricos construidos con adobe son el producto de una sociedad y deberán por ello ser valorados y protegidos como bien patrimonial del grupo humano que los creó, como un legado cultural a sus habitantes. Deberán asimismo considerarse como organismos urbanos vivientes, que conservan su vigencia de acuerdo con la vida contemporánea.

—El conocimiento de los valores de la tradición cultural asegurará que las ciudades y sus habitantes se desarrollen armónicamente.

De acuerdo al desarrollo acelerado de la época moderna, se deberá tomar en cuenta la dinámica urbana y las tecnologías locales al planear y proyectar el desarrollo de las ciudades históricas construidas con tierra sin cocer.

—El problema de los tugurios en las ciudades históricas, deberá considerarse también como un problema social y no tan sólo de diseño, donde la solución del problema económico y de mantenimiento es prioritaria para su eliminación. Por ello, en el caso de protección a las ciudades, se propone un trabajo experimental que promueva la autoconstrucción con asistencia técnica internacional.

Se deberá prestar atención especial al mantenimiento. Este deberá hacerse de preferencia con las mismas técnicas que las de origen y con materiales homogéneos.

—Con respecto a los sitios arqueológicos construidos en tierra, se recomienda la realización de un inventario pormenorizado con la colaboración de organismos tales como UNESCO, a fin de que los gobiernos y los especialistas puedan programar sus acciones de investigación, restauración y mantenimiento.

—En relación a la preservación, conservación y restauración de los sitios históricos, se recomienda que sea un grupo de expertos quien decida los criterios de trabajo, tomando en cuenta los intereses y propios conocimientos de la comunidad, ya que ésta es la heredera de la tradición original.

Esto deberá reflejarse también en la arquitectura de acompañamiento para la cual se recomienda tener en cuenta la sabiduría popular de la región.

Asimismo, se recomienda utilizar técnicas tradicionales, cuando aún existan, para completar o reparar edificios antiguos. Ello podrá asegurar la supervivencia de manos expertas en técnicas tradicionales y materiales análogos.

Los gobiernos deberán poner especial énfasis y empeño en la preservación de los testimonios históricos construidos con material tierra, apoyados en legislaciones nacionales y locales que garanticen su aplicación, a fin de que queden como legado cultural para las futuras generaciones. Se brindará exoneraciones tributarias e incentivos económicos para quienes cuiden del mantenimiento de estos testimonios.

—Los centros históricos deberán ser reflejo y genuina expresión de la vida de la sociedad que los ocupa, y no meramente falsos escenarios para el turismo.

—Es recomendable que organismos de crédito internacionales, como también los nacionales, estatales y privados, asignen rubros especiales destinados a la restauración, conservación y preservación de ciudades, edificios y viviendas construidos con material tierra.

—Se tendrá en cuenta que los edificios de adobe, por sus mismas calidades constructivas, no son adaptables a cualquier nuevo uso. Por ello, deberá estudiarse con cuidado las adaptaciones previstas, contemplando su adecuación funcional y estructural.

—Sabido que las instalaciones se tornarán obsoletas más rápido que el edificio mismo, el Simposio recomienda que en los proyectos que buscan dar nueva función a las construcciones de tierra, las instalaciones mecánicas sean incorporadas en forma perfectamente reversible.

—Se recomienda particularmente el estudio de refuncionalización de edificios de tierra para fines habitacionales, para permitir así su supervivencia y consecuentemente la del centro histórico.

—Considerando la crisis habitacional que se siente fuertemente en el mundo entero, se recomienda que la arquitectura de tierra sea explotada en función de sus ventajas económicas y climáticas ya experimentadas, incorporando los avances tecnológicos sólo cuando ellos sean necesarios.

En ese sentido, se recomienda que se realicen estudios sobre las características funcionales de la vivienda de adobe, tomando en consideración aspectos

técnicos, económicos y sociales.

—Teniendo en cuenta la necesidad de eliminar los prejuicios ligados a este material, el Simposio propone que se haga también una difusión masiva de las calidades alcanzadas, a fin de que la arquitectura de tierra siga siendo utilizada no sólo por los grupos de menor ingreso sino por todas las capas de la sociedad.

—Las estructuras de adobe que conforman los monumentos o sitios de interés deberán ser estudiadas para obtener seguridad frente a sismos y otros desastres naturales, aprovechando los avances tecnológicos y de investigación realizados en este campo.

—Los estudios de construcción y de restauración de monumentos actualmente dañados, ubicados en áreas de terremotos, deben considerar el estudio sísmico global de la edificación para poder interpretar el motivo de las fallas ocurridas o potenciales y conducir a diseños de reparación que impidan que éstas ocurran en el futuro.

Las entidades competentes canalizarán acciones preventivas que aseguren que sean especialistas quienes estén a cargo de las acciones de rescate y restauración en caso de producirse un desastre.

Se ha tomado nota de las obras que se están realizando en zonas afectadas por desastres naturales tales como Popayán, Colombia (sismo), y en el norte del Perú (inundaciones). El Simposio recomendó tomar en cuenta las conclusiones y recomendaciones del Seminario sobre Protección de Monumentos Históricos en Áreas Sísmicas organizado por UNESCO/PNUD, UNDRO, ICOMOS y OEA en La Antigua, Guatemala, y publicadas por el Proyecto Regional de Patrimonio Cultural PNUD/UNESCO. Recomendó asimismo la elaboración y publicación de estudios sobre la protección de monumentos, sitios históricos y edificios de adobe en áreas sísmicas.

—La intervención de reforzamiento estructural en bienes monumentales deberá agotar todas las posibilidades de emplear el mismo material o técnicas tradicionales antes de recurrir a otros materiales ajenos al adobe.

—Teniendo en cuenta los problemas particulares que presentan las superficies pintadas en paramentos de tierra y la necesidad de mejorar las técnicas de pre-

servación, se recomienda establecer en un país que posea un rico patrimonio cultural de pintura mural sobre barro y personal técnico especializado, un proyecto piloto de estudio, experimentación y formación de personal para la conservación de estas superficies. Con el fin de continuar los trabajos en este campo ya iniciados en el Perú, se recomienda que este estudio-entrenamiento se realice en el Perú, con el apoyo de la UNESCO e ICCROM.

—Un grupo de trabajo internacional evaluará, al término de dos a tres años, los resultados de este programa y establecerá las conclusiones pertinentes.

—Las universidades y centros de formación superior prestarán especial atención a la formación y a la investigación pura y a la experimental *in situ*, con el fin de mejorar las calidades del material. Con esta finalidad, se tomará en cuenta, en primer lugar, la recuperación de las técnicas tradicionales, y luego la posibilidad de incorporar los avances técnicos, de acuerdo a las características económicas, sociales y culturales.

—Se recomienda se efectúen cursos intensivos sobre conservación del adobe en centros de enseñanza ya existentes (tales como universidades), así como la inclusión de este tema en cursos nacionales, regionales e internacionales sobre restauración y conservación de monumentos y sitios históricos.

—La capacitación en la tecnología del material debe-

rá alcanzar a los niveles profesionales de mando medio y fundamentalmente a los grupos sociales que ejecutan por sí solos sus edificaciones, aplicando sus conocimientos tradicionales.

—Estos estudios deberán ser divulgados y puestos al servicio de los profesionales a fin de poder aplicarlos tanto en la conservación como en la construcción de nuevos edificios. Para ello también el Simposio recomienda continuar con la realización periódica de reuniones especializadas.

Se recomienda que los documentos de trabajo del Simposio, enriquecidos por las conferencias y diálogos, sean materia de una publicación especial que será divulgada mundialmente por los organizadores del evento, a saber: Proyecto Regional de Patrimonio Cultural y Desarrollo PNUD/UNESCO e ICCROM. Se recomienda también que la UNESCO publique y prepare con apoyo financiero público y privado, nacional e internacional, material didáctico (cartillas, exposiciones y audiovisuales) sobre la historia y conservación del adobe.

—Las conclusiones y recomendaciones a las que se ha llegado comprometen, de aquí en adelante, a los participantes en este Simposio a seguir las, enriquecerlas y divulgarlas en sus respectivos lugares de origen, con el objeto de que la arquitectura de tierra ocupe el lugar que le corresponde en el contexto del Patrimonio Cultural de la Humanidad.

### Conferencistas / Lecturers

- ALVA BALDERRAMA, Alejandro  
ICCRUM - Roma
- CHIARI, Giacomo (Italy)  
ICCRUM - Roma
- CROSBY, Anthony (USA)  
National Park Service  
Colorado - USA  
ICCRUM
- ERDER, Cevat  
Director  
ICCRUM - Roma
- ESTABRIDIS CARDENAS, Ricardo (Perú)  
Instituto Nacional de Cultura  
Lima - Perú  
UNESCO / PNUD
- HELG, Franca (Italy)  
Roma - Milán  
ICCRUM - IILA
- LEWIN, Seymour (USA)  
New York University  
New York - USA  
ICCRUM
- MORALES GAMARRA, Ricardo (Perú)  
Instituto Nacional de Cultura  
Trujillo - Perú  
UNESCO / PNUD
- REYES ZEPEDA, Gilberto (México)  
Gobierno del Estado  
de Tlaxcala - México  
UNESCO / PNUD
- ROJO ANABALON, Sergio (Chile)  
Consultor en estructuras, Santiago de Chile  
UNESCO / PNUD

- RUTENBECK, Todd (USA)  
National Park Service  
Colorado – USA  
ICCROM
- SAMANEZ ARGUMEDO, Roberto  
Instituto Nacional de Cultura  
Cusco – Perú  
UNESCO / PNUD
- SCHWARTZBAUM, Paul  
ICCROM – Roma
- STEVENS, André (Bélgica)  
Consultor, Gobierno de Bélgica  
ICCROM
- VERITE, Jacques (Francia)  
Consultor UNESCO – Paris  
UNESCO/PNUD
- VARGAS, Julio (Perú)  
Pontificia Universidad Católica  
Lima – Perú  
UNESCO/PNUD

## Participantes / Participants

### Argentina

- MONK, Felipe  
Centro de Estudios de la  
Sociedad Central de Arquitectos  
Buenos Aires, Argentina
- VIÑUALES, Graciela M.  
Universidad Nacional del Nordeste  
Resistencia, Argentina

### Bolivia

- PRADO RIOS, Luis  
Instituto Boliviano de Cultura  
La Paz, Bolivia

### Brasil

- ROMANELLI D'ASSUMPÇÃO, Livia  
Fundação Nacional Pro Memória  
Belo Horizonte, Brasil

- LEME GALVÃO, José  
Fundação Nacional Pro Memória  
Brasilia, Brasil

### Colombia

- MARTINEZ, Gloria  
Fundación para la Conservación y  
Restauración del Patrimonio Cultural  
Bogotá, Colombia
- CASTRILLON, Tomás  
Servicio Nacional de Aprendizaje  
Popayán, Colombia

### Cuba

- CUADRAS, Zoila  
Ministerio de Cultura  
La Habana, Cuba

### Chile

- CERVELLINO, Miguel  
Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos  
Copiapó, Chile
- BINDA, Edwin  
Universidad Católica de Chile  
Santiago, Chile
- YRARRAZAVAL, Amaya  
Universidad Católica de Chile  
Santiago, Chile

### Ecuador

- BOLAÑOS, Guillermo  
Museo del Banco Central  
Quito, Ecuador
- MUÑOZ, Patricio  
Comisión del Centro Histórico de Cuenca  
Cuenca, Ecuador
- DEL PINO, Inés  
Centro de Investigaciones Ciudad  
Quito, Ecuador
- ORTIZ, Lenín  
Concejo Provincial de Pichincha  
Programa Cochasquí  
Quito, Ecuador

## **España**

- SANCHO RODA, José  
Ministerio de Cultura  
Madrid, España

## **Etiopía**

- HAILE MARIAM, Jara  
Assistant Architec Restorer  
Adis Abeba, Etiopía

## **Estados Unidos**

- Mc HENRY, Paul  
Architect, A.I.A.  
Consultant Adobe Architecture  
Albuquerque, New Mexico, Estados Unidos

## **Guatemala**

- CEBALLOS, Mario  
Concejo Nacional para la  
Protección de Antigua  
Antigua, Guatemala
- MORALES, Jorge Mario  
Centro de Investigaciones de Ingeniería  
Guatemala, Guatemala

## **Haití**

- JOLIBOIS, Henri Robert  
Instituto de Protección  
del Patrimonio Cultural  
Port-au-Prince, Haití

## **Honduras**

- SOTO GEHLHAAR, Rolando  
Instituto Hondureño de  
Antropología e Historia  
Tegucigalpa, Honduras

## **Jamaica**

- BARNES, Stanley  
National Gallery of Jamaica  
Kingston, Jamaica

## **Mali**

- BOUARE, Nianti  
Centre National de Recherche,  
Experimentation, Bâtiment et T.P.  
Bamako, Mali

## **Nicaragua**

- IBARRA, Asdrúbal  
Ministerio de Cultura  
Managua, Nicaragua

## **Panamá**

- CABALLERO, Jaime  
Instituto Nacional de Cultura  
Panamá, Panamá
- TORAL, Demetrio  
Instituto Nacional de Cultura  
Panamá, Panamá

## **Perú**

- ARAOZ, Hernán  
Instituto Nacional de Cultura  
Cusco, Perú
- ASTETE CANAL, Luis  
Corporación de Fomento y Reconstrucción  
Ayacucho, Perú
- BECERRA CAMPANA, José  
Instituto de Investigación  
Universidad Nacional San Antonio Abad  
Cusco, Perú
- CARRILLO, Pablo Américo  
COPESCO  
Cusco, Perú
- CORNEJO GARCIA, Miguel Angel  
Universidad Nacional de Trujillo  
Trujillo, Perú
- COSMOPOLIS BULLON, Jorge  
Banco Central Hipotecario  
Lima, Perú
- CHANG LAM, Luis  
Concejo Provincial de Trujillo  
Trujillo, Perú



- ERMAN GUZMAN, Pablo  
Instituto Nacional de Cultura  
Lima, Perú
- ESCOBAR, Freddy  
COPESCO  
Cusco, Perú
- ESTELA, Bertha M.  
Instituto Nacional de Cultura  
Lima, Perú
- GALVEZ PEREZ, José M.  
Arquitectos Restauradores Ingenieros  
Estudios y Servicios (ARIES)  
Lima, Perú
- GIBAJA, Arminda  
Instituto Nacional de Cultura  
Cusco, Perú
- MARROQUIN P., Jorge  
Instituto Nacional de Cultura  
Lima, Perú
- PEÑA FLORES, Julio  
COPESCO  
Cusco, Perú
- ROJAS, Julio  
Instituto Nacional de Cultura  
Cusco, Perú
- TEJADA, Mario R.  
Instituto Nacional de Cultura  
Lima, Perú

### **Portugal**

- DE FREITAS TAVARES, Antonio das Neves  
Museu Monográfico de Conimbriga  
Condeixa, Portugal

### **Senegal**

- BERTHE, Mamadou  
Centre pour la Conservation  
des Monuments et Villes Historiques/Belgique  
Dakar, Senegal

### **Sri Lanka**

- DE VOS, Ashley  
Design Group Five  
Colombo, Sri Lanka

### **Turquia**

- IZMIRLIGIL, Ulkü  
Ministry of Culture and Tourism  
Istanbul, Turkey

### **Uruguay**

- HOJMAN, Carlos  
Intendencia Municipal de Montevideo  
Montevideo, Uruguay

### **Venezuela**

- DIAZ NOGUERA, Yazmin  
Complejo Cultural Helicoide Roca Tarpeya  
Caracas, Venezuela
- HOBAICA, Gustavo  
Fundación Grupo Tierra Cordiplan  
Caracas, Venezuela

### **Observadores / Observers**

- VARGAS MERA, Ramón  
Oficina Regional de  
Educación de la UNESCO  
Chile
- VIAENE, Martín  
Oficina Regional de  
Ciencia y Tecnología  
para la América Latina  
y El Caribe de la UNESCO  
Uruguay
- ROMANELLI D'ASSUMPÇÃO, Livia  
ICOMOS
- MUÑOZ NAJAR, Antonio  
FORD Foundation

### **Oyentes / Auditors**

#### **Bolivia**

- ESCALIER, Rolando  
PARRANDO, Lourdes  
SANDOVAL, Freddy

SANTILLAN, Amerlín  
TERAN, Olga  
URQUIZO, Carlos  
VELASCO, Luis  
VILLEGAS, Janet  
Universidad Mayor de San Andrés  
La Paz, Bolivia

### *Chile*

– MANCILLA, René  
Universidad del Norte  
Antofagasta, Chile

### *México*

– TEYSSIER, Esperanza  
Zona Arqueológica de Teotihuacán  
México

### *Perú*

– MACHICAO, Leonidas  
Colegio de Arquitectos  
del Perú  
– TORRES, Rafael  
Colegio de Ingenieros  
del Perú  
– GALLEGOS, Héctor  
INIAVI  
– TAKIZAWA, Juan  
– SANTOLALLA, Javier  
Instituto de Investigación  
y Normalización de la  
Vivienda  
– PALACIOS, Alberto  
Servicio Nacional de  
Capacitación para la  
Industria de la  
Construcción (SENCICO)  
– BARRIOLA BERNALES, Juan  
Pontificia Universidad  
Católica del Perú  
– CORREA ORBEGOSO, José  
ARIES

– GALVEZ DE SNYDER, Lydia  
ENACE  
– PIMENTEL, Víctor  
Proyecto Nuevo Museo  
Nacional de Antropología  
y Arqueología del Perú  
– HOYLE, Ana María  
JIMENEZ BORJA, Arturo  
DEL MAR, Carlos  
MORON, Eddie  
PAREDES, Ponciano  
SAAVEDRA, Luis  
SUAREZ, Héctor  
VARGAS, Elba  
Instituto Nacional de  
Cultura (Trujillo-Lima)  
del Perú

En calidad de oyentes asistieron igualmente representantes de las instituciones siguientes:

Also present as auditors were representatives of the following institutions:

### *Argentina*

– Dirección de Arquitectura  
de la Provincia de Jujuy

### *Chile*

– Instituto de Investigaciones  
Arqueológicas y de Restauración  
de Monumentos  
Universidad de Antofagasta

### *Ecuador*

– Concejo Provincial  
de Pichincha

### *Perú*

– Municipalidad de Lima  
– Concejo Provincial  
de Cajamarca





Supervisión general: *Sylvio Mutal*  
Traducciones: *Fanny Meerovici y Juana Truel*  
Edición: *Juana Truel*  
Diseño Gráfico: *Yolanda Carlessi*  
Fotos: *Mario Acha, Yolanda Kodelja  
y archivo*  
Foto carátula: *Arquitectura africana de adobe.  
Archivo: Centro de Tecnología  
Adaptada Bamako.*  
Foto contracarátula: *Fortaleza de Paramonga  
Costa norte, Perú  
Archivo: Servicio Aerofotográfico  
Nacional*  
Impresión: **INDUSTRIALgráfica S.A.**

02

1950	1950
1951	1951
1952	1952
1953	1953
1954	1954
1955	1955
1956	1956
1957	1957
1958	1958
1959	1959
1960	1960
1961	1961
1962	1962
1963	1963
1964	1964
1965	1965
1966	1966
1967	1967
1968	1968
1969	1969
1970	1970
1971	1971
1972	1972
1973	1973
1974	1974
1975	1975
1976	1976
1977	1977
1978	1978
1979	1979
1980	1980
1981	1981
1982	1982
1983	1983
1984	1984
1985	1985
1986	1986
1987	1987
1988	1988
1989	1989
1990	1990
1991	1991
1992	1992
1993	1993
1994	1994
1995	1995
1996	1996
1997	1997
1998	1998
1999	1999
2000	2000
2001	2001
2002	2002
2003	2003
2004	2004
2005	2005
2006	2006
2007	2007
2008	2008
2009	2009
2010	2010
2011	2011
2012	2012
2013	2013
2014	2014
2015	2015
2016	2016
2017	2017
2018	2018
2019	2019
2020	2020
2021	2021
2022	2022
2023	2023
2024	2024
2025	2025
2026	2026
2027	2027
2028	2028
2029	2029
2030	2030
2031	2031
2032	2032
2033	2033
2034	2034
2035	2035
2036	2036
2037	2037
2038	2038
2039	2039
2040	2040
2041	2041
2042	2042
2043	2043
2044	2044
2045	2045
2046	2046
2047	2047
2048	2048
2049	2049
2050	2050
2051	2051
2052	2052
2053	2053
2054	2054
2055	2055
2056	2056
2057	2057
2058	2058
2059	2059
2060	2060
2061	2061
2062	2062
2063	2063
2064	2064
2065	2065
2066	2066
2067	2067
2068	2068
2069	2069
2070	2070
2071	2071
2072	2072
2073	2073
2074	2074
2075	2075
2076	2076
2077	2077
2078	2078
2079	2079
2080	2080
2081	2081
2082	2082
2083	2083
2084	2084
2085	2085
2086	2086
2087	2087
2088	2088
2089	2089
2090	2090
2091	2091
2092	2092
2093	2093
2094	2094
2095	2095
2096	2096
2097	2097
2098	2098
2099	2099
2100	2100

ADOBE (EL) UNESCO/PNUD NXKGT

NATIE	DATE	
NOM	LIE	RIR



