

PAUL GRAHAM MCHENRY, JR.

# ADOBE

CÓMO CONSTRUIR FÁCILMENTE

trillas 





*Este libro está dedicado a todos los arquitectos, constructores y adoberos que con generosidad compartieron conmigo sus muchos años de experiencia, y a mi familia, que me alentó y renunció a muchos fines de semana y días festivos para que pudiera escribirlo.*

*Debo agradecer especialmente al arquitecto Thomas L. Lucero, quien preparó los excelentes dibujos y las ilustraciones.*

*Mis hijos, Bruce y Jamie, también fueron de gran ayuda en su preparación: Bruce trabajó muchas horas en el cuarto oscuro tomando y procesando fotografías y Jamie contribuyó con agudas observaciones y sugerencias. Por último, aunque igualmente importante, mi agradecimiento a mi esposa, Carol, que se encargó de mecanografiar mi terrible letra manuscrita.*

Traducción: **Rubén Castillo**

Rev. Técnico: **Jorge Méndez Contreras**

Arquitecto por la Universidad Nacional Autónoma de México

# **ADOBE**

## **CÓMO CONSTRUIR FÁCILMENTE**

**CAPÍTULO 13, INGENIERÍA ESTRUCTURAL PARA  
CONSTRUCCIONES DE TIERRA POR:**

**Gerald W. May, Ph. D.**

**PAUL GRAHAM MCHENRY, JR.**

**EDITORIAL  
TRILLAS**



Mexico. Argentina. España.  
Colombia. Puerto Rico. Venezuela

## Catalogación en la fuente

McHenry, Paul Graham  
Adobe : cómo construir fácilmente. -- México : Trillas,  
1996 (reimp. 2012).  
229 p. : il. ; 27 cm.  
Traducción de: Adobe and Rammed Earth Buildings  
Incluye índices  
ISBN 978-968-24-5131-7

1. Casas de tierra. 2. Construcción. I. t.

D- 693.22'M313a LC- TH4818.A3'M2.3 2794

Título de esta obra en inglés:  
Adobe and Rammed Earth Buildings

Versión autorizada en español de la  
primera edición publicada en inglés por  
The University of Arizona Press  
ISBN 0-8165-1124-1

*La presentación y  
disposición en conjunto de  
ADOBE. Cómo construir fácilmente  
son propiedad del editor.  
Ninguna parte de  
esta obra puede ser  
reproducida o transmitida, mediante ningún  
sistema o método, electrónico o mecánico  
(Incluyendo el fotocopiado, la grabación  
o cualquier sistema de recuperación y  
almacenamiento de información),  
sin consentimiento  
por escrito del editor*

Derechos reservados en lengua española  
© 1996, Editorial Trillas, S. A. de C. V.

División Administrativa,  
Av. Río Churubusco 385,  
Col. Gral. Pedro María Anaya,  
C. P. 03340, México, D. F.  
Tel. 56884233, FAX 56041364

División Comercial,  
Calzada de la Viga 1132,  
C. P. 09439, México, D. F.  
Tel. 56330995, FAX 56330870

 **Tienda en línea**  
[www.etrillas.com.mx](http://www.etrillas.com.mx)

Miembro de la Cámara Nacional de  
la Industria Editorial  
Reg. núm. 158

Primera edición en español OM  
ISBN 978-968-24-5131-7  
ψ(SS, SL, SA, SX)

**Reimpresión, 2012**

Impreso en México  
Printed in Mexico

# Prefacio

---

La tierra es el material de construcción más antiguo utilizado por el hombre y es la máxima expresión de lo que es tecnología apropiada. Apenas ahora empezamos a definir esta tecnología en términos científicos y de ingeniería.

El propósito de este libro es establecer la lógica de ingeniería para las diferentes tecnologías que han predominado, separándolas de los cuentos populares y prácticas tradicionales que pueden ser válidos sólo en ciertas circunstancias. Es de esperar que la información presentada permitirá que el lector obtenga conclusiones lógicas basadas en principios de ingeniería y aplicables a las diferentes condiciones de cualquier localidad en particular.

La tecnología de la construcción con tierra se desarrolló con base en prueba y error desde los orígenes primitivos de la humanidad. La necesidad, el tiempo, y la rápida disponibilidad de materiales fueron los ingredientes principales en su desarrollo. El hombre, con su ingenio natural, desarrolló formas para su utilización que variaban desde las muy simples hasta las de increíble complejidad, que fueron adaptadas al ambiente particular en que vivían. Todo refugio era, y debe ser, una manifestación de tecnología apropiada, moderada por las condiciones climatológicas y los antecedentes étnicos. La arquitectura apropiada debe incluir la utilización de materiales adecuados, y la forma se generará de acuerdo con los antecedentes del constructor.

La construcción con tierra, en una amplia variedad de formas, no es sólo el método más antiguo, sino también, es el material de construcción de uso más amplio hoy en día. Más de 50 % de la población actual del mundo vive en casas de barro. Hace 100 años en Estados Unidos su utilización era común, incluso hace sólo 40 años estaba muy difundida para la construcción de escuelas rurales y edificios públicos en el suroeste de esa nación, actualmente se usa cada vez más para construcciones residenciales en nostálgicos estilos históricos del suroeste.

Los cambios radicales ocasionados por la Revolución Industrial, la energía de bajo costo, una rápida expansión de los sistemas de transporte y distribución, y la preferencia por materiales más "modernos", virtualmente habían acabado con la utilización de la tierra como material de construcción en Estados Unidos. Abandonada como está actualmente, la habilidad para construir con tierra, tan común no hace muchos años, se ha perdido en gran medida, o por lo menos ha quedado relegada a un pequeño número de constructores vernáculos. Éstos son rurales en su mayoría, a menudo con poca educación formal, y su tecnología se basa más en la tradición que en la ingeniería. Casi siempre, la tecnología tradicional tiene sus raíces en prácticas lógicas desarrolladas a través de prueba y error. Las influencias interculturales y las migraciones culturales han dado como resultado una gran confusión en cuanto a la validez de las razones de ingeniería para los detalles de la tecnología.

Diseñé y construí mi primera casa de adobe hace más de 20 años, después de un variado historial de muchos años como constructor. La investigación bibliográfica no produjo más que panfletos del gobierno acerca de construcciones agrícolas y el registro ocasional de un constructor propietario, de sus ensayos y tribulaciones al construir su propio proyecto. Los reglamentos de construcción en el tema eran limitados o inexistentes, y las instituciones de crédito veían las casas de barro con gran desconfianza. La gran ayuda provino de los constructores vernáculos que construían con sus métodos tradicionales, a menudo difiriendo fuertemente con otros constructores vernáculos. La conclusión evidente de esta investigación fue, que no obstante la sinceridad de las conclusiones de cada uno de los proyectistas, éstas se basaban en experiencias dentro de una zona geográfica limitada. De alguna manera todos tenían razón, por lo menos hasta cierto punto, dentro de la tecnología de una localidad particular. Cada localidad tenía un conjunto de condiciones diferentes.

Los aspectos específicos y los detalles en la construcción de muros de adobe y de tierra apisonada son evidentemente diferentes y serán abordados por separado. Otras consideraciones básicas como son las cimentaciones y estructuras del techo tienen detalles que son comunes para ambas áreas, así que se tratarán como secciones en combinación. Las diferencias se señalarán cuando ocurran.

Se considera que la palabra adobe es de origen árabe; *atob* significa pasta pegajosa o suciedad. Es sorprendente, pero la palabra adobe no se usa en Medio Oriente, donde parece haber empezado la utilización del ladrillo de barro secado al sol. En el suroeste de Estados Unidos tiene varios significados: una casa de ladrillos de barro, es un ladrillo o es la mezcla de barro. La palabra adobe debe haber llegado del norte de África al Nuevo Mundo por medio de España. Para los propósitos de este libro, la palabra adobe se refiere al ladrillo de barro, a la tierra apisonada en sí y al muro de tierra, ya sea de adobe o de tierra apisonada.

Debido a los costos actuales de energía y la disminución en la disponibilidad de materiales convencionales hacen que sea lógico examinar los costos básicos de energía. Existe una inversión sustancial al crear los materiales manufacturados con los que se puede construir. Los más modernos son: el aluminio, el vidrio y el concreto; los cuales representan un enorme gasto de energéticos para su producción como materiales de construcción básicos, además del costo del transporte, desde fuentes ampliamente dispersas y lugares centrales de manufactura, hasta los sitios de construcción. Estas consideraciones indican por sí mismas que se debería mirar hacia el pasado para ver cómo es que nuestros predecesores resolvían los mismos problemas que se tienen hoy en día, pero sin los suministros de energía barata que se han malgastado desde su aparición. Siento que tenemos mucho que aprender y ganar del examen del pasado, si se puede situarlo en una perspectiva correcta.

La preparación de este libro representa la culminación de más de 20 años de investigación, exámenes de campo, pruebas con ideas que funcionaron, con otras que parecían lógicas

pero no funcionaron, y de reflexión profunda alrededor de las lecciones aprendidas de constructores y artesanos de varios países.

Todas las fotografías son del autor a menos que se indique otra cosa. Los dibujos del arquitecto Thomas L. Lucero, y de James G. McHenry.

PAUL GRAHAM MCHENRY, JR.  
Albuquerque, Nuevo México



# Índice de contenido

---

Prefacio 5

*Capítulo uno*

Historia y evolución de la construcción con tierra 15

---

*Capítulo dos*

Ejemplos de arquitectura de tierra 23

---

Oeste de Estados Unidos 23

Este de Estados Unidos 44

México y Latinoamérica 45

Europa 49

África 54

Medio Oriente 57

*Capítulo tres*

Selección de suelo 61

---

Ocurrencia 61

Características 63

Proporciones 64

Tamaño de partículas 68

Tipos de arcilla 69

Modificación 70

Sumario 72

*Capítulo cuatro*  
Manufactura de ladrillos de adobe 73

---

Secuencia de manufactura	73
Niveles de producción	81
CINVA-RAM	85
Estabilización	88
Prueba de los ladrillos	91
Sumario	96

*Capítulo cinco*  
Construcción de muros de adobe 97

---

Consideraciones básicas de diseño	97
Trabes de unión	99
Refuerzos verticales	101
Muros de adobe estabilizados	101
Mortero	102
Vanos	103
Marcos	103
Dinteles	104
Arcos	106
Cálculo de cantidades para materiales	106
Cantidades para producción laboral	109
Sumario	110

*Capítulo seis*  
Construcción de muros de tierra apisonada 111

---

Tierras	112
Cimentaciones	114
Moldes	114
Relleno y compresión	118
Diseño de muros	119
Cadenas y trabes de unión	119
Refuerzo adicional	121
Vanos	122
Dinteles	122
Soportes para los marcos	122
Repizones	123
Corte transversal típico de muro	123
Muros de barro anegado	124
Sumario	126

*Capítulo siete*  
Detalles en ventanas y puertas 127

---

Jambas para puertas	127
Cabeceras de puertas	128

Umbrales de puertas 129  
Jambas para ventanas 129  
Cabeceras de ventanas 129  
Repizones de ventanas 130  
Unidades especiales o hechas a pedido 130  
Puntos de soporte para muros ya existentes 130  
Sumario 131

*Capítulo ocho*

**Acabados en muros de tierra 132**

---

Superficies de barro al natural 132  
Muros de ladrillo con textura natural 134  
Empaste de barro 136  
Acabados 137  
Enlistonado para empaste de barro (puede ser una malla, red o trama) 138  
Empaste de barro estabilizado 138  
Estuco de cemento para muros exteriores 139  
Enlistonar 139  
Capa inicial o base 140  
Capa oscura 142  
Capa de color 144  
Empaste interior de yeso 145  
Enlistonado (colocación de una malla, red o trama) 145  
Capa oscura 146  
Capa de acabado 146  
Pinturas y selladores 147  
Sumario 148

*Capítulo nueve*

**Cimentaciones 149**

---

Requisitos 149  
Cimientos de grava 150

*Capítulo diez*

**Estructuras para pisos y techos 153**

---

Sistemas para pisos 153  
Estructuras para techos 157  
Aislamiento de los techos 158  
Bóvedas y domos 159  
Sumario 164

*Capítulo once*

**Valores de aislamiento y de masa térmica 165**

---

Valores "U" para muros de tierra 166  
Valores "U" efectivos 167

*Índice de contenido*

Estudios de masa térmica 170  
Construcción de muros dobles 171  
Aislamiento aplicado 172  
Energía incorporada en materiales de construcción 174  
Sumario 175

*Capítulo doce*

Consideraciones mecánicas 176

---

Plomería 176  
Sistemas de calefacción 177  
Aire acondicionado 179  
Sistemas eléctricos 181  
Sumario 182

*Capítulo trece*

Ingeniería estructural para  
construcciones de tierra 183  
Gerald W. May, Ph. D.

---

Propiedades materiales del adobe 183  
Propiedades de la tierra apisonada 186  
Diseño para cargas verticales 186  
Columnas 188  
Cargas laterales 189  
Diseño para cargas sísmicas 190  
Estructuras del techo 193  
Sumario 196

*Capítulo catorce*

Reparación y renovación de  
edificios de tierra 197

---

Estabilización 198  
Renovación 200  
Restauración 200  
Sumario 204

*Capítulo quince*

Reglamentos para la construcción con tierra 206

---

Reglamentos de construcción actuales 206  
Modelo de reglamento sugerido para construcción con tierra 207  
Sumario 217

*Apéndice A*

New Mexico Building Code for  
Adobe (*Reglamento de  
construcción de Nuevo México  
para adobe*) 1982 218

---

*Apéndice B*

Extractos del Uniform Building  
Code (*Código de construcción  
uniforme*) de 1982 222

---

Índice analítico

**223**



# Historia y evolución de la construcción con tierra

---

Los primeros inicios del refugio planeado y construido deliberadamente fueron casi los mismos en todas las regiones del mundo. En ese entonces, tal como sucede ahora, se tenían muchos niveles de desarrollo en un momento dado, dependiendo de la etapa de evolución social. Estos comienzos se remontan hasta los más antiguos días que las investigaciones arqueológicas han descubierto, donde sólo quedan las casi indestructibles herramientas de piedra. El hombre, en su etapa inicial de desarrollo, estaba en constante movimiento, siguiendo pautas de caza y recolección dictadas por la región donde vivía. La naturaleza migratoria de su subsistencia hacía imposible la construcción de una morada fija, a medida que se refinaban las pautas de caza y recolección, se repetían las visitas a muchos de los sitios más deseables (cuevas, barrancos, con proximidad a comida y agua). Éste fue el comienzo.

Los refugios más antiguos donde se utilizó la tierra fueron con el tiempo, de refugios temporales a estacionales; hechos de matorrales y ramas pequeñas, usualmente cubiertos con lodo para aislarlos del agua. La palabra *jacal* es el término común para este tipo de construcción (fig. 1.1). La mayoría de las actividades en este periodo tenían lugar al aire libre, y los refugios sólo se usaban en climas muy rigurosos. Algunos detalles físicos del diseño de la construcción tenían como objetivo la defensa contra animales y vecinos hostiles.

La posibilidad de obtener y utilizar elementos estructurales mayores, dependía de la invención de herramientas para lograrlo. No se disponía de muchas herramientas fuera de piedras filosas, varas con punta y las manos del constructor. También se necesitaba tener algún método para llevar agua hasta el sitio de la construcción.

A medida que aumentaron los conocimientos agrícolas hasta aumentar el nivel de cultura de la fase cazador-recolector hacia la de cultivo más intenso en localidades fijas, también aumentó la necesidad de refugio. De la existencia pasajera que ofrecía pocas o ninguna oportunidad de tener una habitación fija, los humanos aprendieron a crear excedentes de comida y métodos para almacenarla. Los excedentes crearon tiempo y posibilitaron el deseo de desarrollar formas de refugio más sofisticadas. Estas primeras moradas eran en parte subterráneas, creando una especie de cueva, forma con la que el constructor estaba familiarizado, y fueron llamadas *casas fosa*.