

Tesis para optar por el grado de:  
Doctor en Arquitectura  
con Especialización en Tecnología

Tecnologías de la Arquitectura  
con Tierra sin Cocimiento

M.en Arq. Francisco j. Pérez de Salazar Verea



Facultad de Arquitectura  
División de Estudios de Pos-Grado  
México, D.F., agosto de 1989





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INTRODUCCION

La tierra conforma el 74% de la corteza terrestre lo que la hace inestable como producto comercial dejando a su vez de ser material publicitario.

A pesar de esto, las necesidades de cien millones de personas que viven sin ningún cobijo y más de mil millones viviendo en cobertizos y barracas, hacen que la tierra siga siendo un material de construcción que pueda satisfacer la demanda de vivienda que, según las Naciones Unidas, en los países de desarrollo es superior a las 500 000 anuales (200 000 en Latinoamérica, 200 000 en África y 100 000 en Asia).

Este material ha sido objeto de extensas investigaciones y experimentos que han logrado mecanizarlo mediante una producción controlada, permitiendo estabilizarlo. \* Este objetivo es uno de los más importantes de esta tesis y de la industrialización de la tierra \* e impermeabilizarlo.

Es bien conocida la resistencia de la tierra a la compresión trabajando inclusive en arcos y bóvedas, aunque es relativamente débil a los esfuerzos de tensión y torsión y muy sensible al contacto con el agua, todo lo que en ella necesita es "un buen sombrero y botas", que en el idioma constructor significa aleros y rodapiés adecuadamente proporcionados al clima.

Su proceso de elaboración nos lleva a una amplia variedad de transformaciones como material de construcción, su extracción, movimiento, mezcla y moldeo implican una inversión en herramienta y maquinaria así como una organización laboral que obligan a tomar en cuenta los factores socioeconómicos.

Desafortunadamente se ha pensado en la tierra como un material para pobres y subdesarrollados, lo cual ha frenado su utilización en otros niveles a pesar de que se ha demostrado que cumple con los estándares de seguridad, durabilidad y confort. Los cuales se analizan a lo largo de este trabajo.

Estamos preparados para cumplir y adaptar a las condiciones actuales, nuevos y más eficientes sistemas de construcción con tierra que permanezcan como un testigo del desarrollo de la arquitectura nacional.

Este trabajo se ha estructurado y se presenta de la siguiente forma:

- \* Se analiza detalladamente en el capítulo VII 2

En el capítulo I se analiza la historia de las diversas tecnologías de la tierra hasta la época contemporánea que la industrialización ha logrado considerables avances.

En el capítulo II se analiza el "QUE", o sea la tierra con sus principales características.

En el capítulo III se analiza el "DONDE" y en el IV el "COMO" obtener y analizar la tierra.

Ya conociendo al "material" hago un muestreo del empleo de la tierra en la construcción tanto en México como en el resto del mundo.

De una manera particular, el capítulo VI analiza las "partidas" más relevantes de la construcción que apoyadas en el diseño estructural y sísmico de los especialistas, y en la estabilización de la tierra que tiene como muy importante recurso a la maquinaria y equipo logrando impactar positivamente a la industria de la construcción.

Este impacto tiene anexos con economía, política, sociedad y cultura que se analizan en el capítulo VIII.

Los capítulos IX y X presentan un esquema actual de las instituciones y organismos que están y deben continuar en mayor esfuerzo su apoyo e investigaciones para el desarrollo de estas tecnologías que son una salida necesaria para la solución de gran parte de la vivienda y de la arquitectura en nuestro país.

# I HISTORIA DE LA CONSTRUCCION CON TIERRA SIN COCIMIENTO

## I-1 HISTORIA UNIVERSAL

En la pintura figurativa encontramos el inicio de la manifestación artística que posteriormente representa la arquitectura funeraria y religiosa, que es el germen de los primeros testimonios de construcciones realizadas por el hombre.

Estas las ejecutan con lo que tienen a la mano: piedra, tierra y madera (ver lámina 2) que, como materiales fundamentales en la edificación de su refugio o vivienda resuelven las necesidades primarias; pero la piedra rebelde a la herramienta y la madera resiste además de escasear, mientras que la tierra no exige para ser utilizada más que se le modele para construir pisos, paredes y bóvedas.

Tan lejos por donde se puede remontar la historia es posible encontrar ladrillos endurecidos a fuego que parecen originarios de las regiones asiáticas donde nacieron las anes ígneas quedando su localización al este del río Eufrates. Hay claras muestras de estos inicios en Troya, Santorin y Pompeya, donde las paredes de tierra descansan sobre un basamento de morillos cuyos intersticios están rellenos de arcilla, quedando como el primer sistema constructivo conocido que precede a la mampostería.

Las cunas de la arquitectura histórica son Egipto y Caldea, comarcas donde la tierra constituye el material de las construcciones más antiguas. Estas deberán su adelanto en relación con otras civilizaciones a que construyeron con arcillas antes del descubrimiento de la más rudimentaria herramienta. En Egipto la tierra cruda fue empleada en forma de tabiques de 14 a 38 cm de lado con espesor mínimo de 11 cm, ligando con paja desmenuzada y colocándolos después de su secamiento al sol con hiladas que se asentaban con una argamasa, remplazada por una capa de arena que llena los vacíos con igual eficacia y que reparte más correctamente las presiones de las cargas gravitacionales.

Dada la escasez de madera de gran parte de la rivera del Nilo, los egipcios recurren a mover andamiajes con tierra que les facilita la elevación de materiales, la circulación de los peones y la erección de grandes muros.

Otro sistema constructivo empleado comúnmente fue el de bóveda esférica (ver lámina 5), que sin auxilio de cimbras y con perfil elíptico levantaba anti-

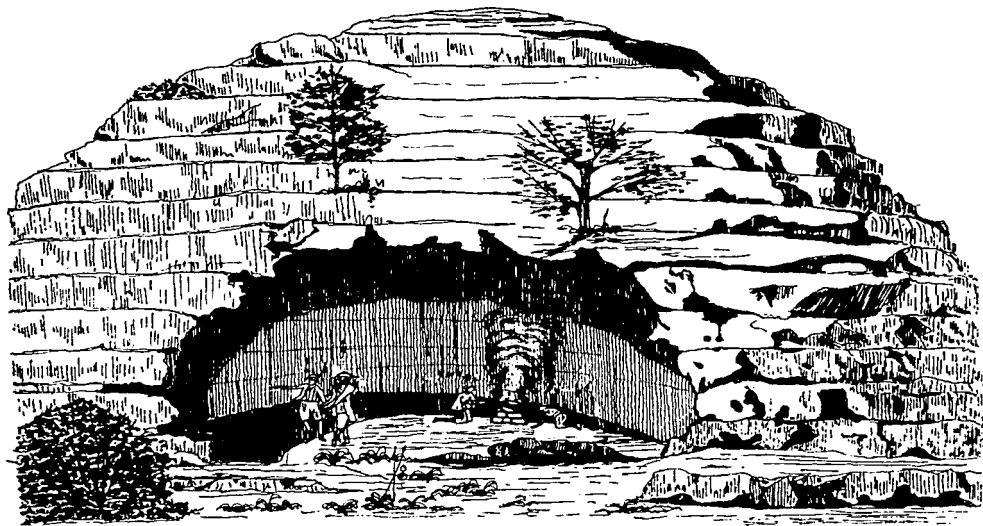


LÁMINA NO. 1.

Copia de un grabado antiguo del descubrimiento de una cueva prehistórica acondicionada para vivienda que es probablemente el tipo del primer espacio natural ocupado por el hombre, que aprovechando una formación natural, se protegía de la intemperie y de sus enemigos.

llos concéntricos de ladrillos hasta cerrar una corona indeformable. Para la bóveda de medio cañón se procede con capas verticales y no por hiladas convergentes, asentándolas con argamasa. Una vez terminada la bóveda se le reviste con un segundo cañón que la envuelve con una disposición radial en las hiladas.

El constructor egipcio levantaba los muros sin andamiaje y las bóvedas sin perchar; la idea dominante es evitar las instalaciones auxiliares; las arquitecturas primitivas se encaminan directamente a su objetivo.

Caldea y Asiria se asienta en las planicies del Tigris y el Eufrates desde 4 000 años A.C.

Los relatos de Herodoto estipulan que los muelles y fortificaciones eran fundamentalmente de tierra cruda y el Génesis, sitúa en Babilonia, la torre más antigua que describe la historia, describiéndola como una obra de tierra endurecida al fuego.

En los valles de Mesopotamia, la tierra fue empleada en formas diferentes. En Asiria, que tenía mayores recursos maderales, se usa la tierra apisonada para la construcción de grandes muros y plataformas, pero en Caldea, que no existen estos recursos, se usa el ladrillo común: 30 a 40 cm de lado por un espesor variable de 5.5 a 11 cm, colocándolos en estado pastoso y humedecido, evitando la argamasa en las juntas y dejando que la acción solar una las hiladas. Los asirios recurren al uso del ladrillo cocido sólo cuando la humedad pudiese disgregar a la mezcla. El suelo de los patios expuestos a las lluvias se pavimentó con un empedrado de tierra cocida asentando sobre una capa de betún que es una argamasa impermeable. Al igual que los egipcios, los constructores asirios, conocieron la bóveda de ladrillo, quedando como únicas muestras las que cubren sus galerías y tumbas.

Persia es la primera comarca tocada por las influencias de Asiria y Egipto. Moidea su tierra en "panes" que tenían 33 x 8 cm, colocándose desecados al estilo egipcio. El ladrillo cocido sólo se destinaba para partes que requieren excepcional solidez asentándolo con un baño de morero de cal, para asegurar la homogeneidad de los muros. Los persas refuerzan con madera las esquinas de sus edificios difundiendo este sistema que ya habían usado babilonios y egipcios. Sus bóvedas cónicas y esféricas, se asemejan mucho a las de los egipcios.

En la India, poco se construyó con arcilla debido a las inundaciones y humedades del subsuelo; a excepción de la zona que va del Tibet al Eufrates.

En el siglo III a.C. mientras las naciones europeas empleaban ladrillo crudo, la gran muralla china estaba construida o por lo menos revestida con ladrillos cocidos asentados sobre morero de arcilla. Las paredes de sus casas poseen muros huecos que economizan y aíslan térmicamente la vivienda.

En Japón, para evitar la transmisión sísmica, se toma la precaución de aislar el esqueleto de madera de la mampostería que la sostiene. Dado el clima lluvioso de China y Japón las techumbres inclinadas se recubren de tejas cocidas.

Es en Micenas donde se presentan los primeros rastros de civilización en el Continente Europeo, construyendo casas de techumbres terracedas con sus muros de tierra desecada, se propagó por toda la cuenca del Mediterráneo presentándose ejemplos muy característicos como el palacio de Cresos y las fortifi-



LÁMINA NO. 2.

Viollet-Le-Duc, plantea una de las primeras alternativas de vivienda a las que pudo recurrir el hombre primitivo, en que aprovechando la existencia de árboles jóvenes, y reforzándoles con ramas, se les hacía converger hacia un punto para así formar una estructura cónica que era entretejida con varas y paja en líneas horizontales que a su vez se terminaban con tierra cruda colocada manualmente.



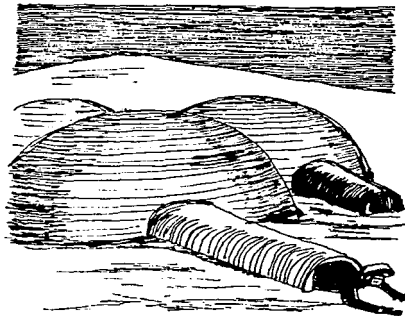
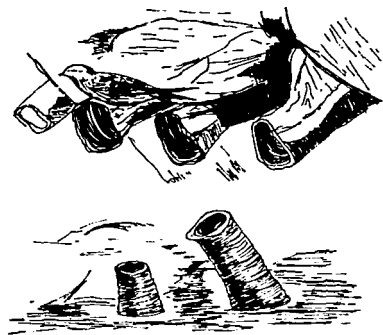


LÁMINA NO. 3.

El hombre, como buen observador, se dio cuenta que los elementos naturales y de su región, podían ser utilizados con eficiencia, las golondrinas (a) o las avispas (b) son un claro ejemplo de analogías en las que se pudo haber inspirado.

El empleo de materiales adecuados a un espacio y sistema correctos, hacen posible que vivan dentro de un aceptable confort los esquimales. (c).

caciones etruscas de Arezzo. En Atenas, según Vitrubio describe, los tabiques crudos medían 30 x 8 cm.

Para el caso de los tabiques cocidos, el ejemplo más antiguo que se conoce es el filepeon en Olimpia que data del siglo IV a.C.<sup>1</sup>

Son los romanos quienes introducen el mortero de cal y arena ya conocido por los persas y cartagineses que asociados con morillos y con la arcilla endurecida al fuego logran las grandes construcciones del Imperio. El tabique y el ladrillo empleados, permitieron moldear espacios de su arquitectura, logrando la ornamentación con el mármol y otros materiales.

Estos muros para dar el espesor requeridos se estilan construyendo dos paramentos de tabiques que son rellenos con mampostería o cascajo y ligados por hiladas de tabique cada 60 cm (ver lám. 4).

Esta mampostería o cascajo, nunca se mezcla de antemano, sino a medida que los paramentos ofrecen suficiente estabilidad es colocada y apisonada.

En las bóvedas, emplean la arcilla cocida como cercha, que dispuesta sobre una cimbra horizontal conforma el peralte de la bóveda o cúpula. Posteriormente se agrega esta mampostería que viene a ser continuación monolítica del muro. En algunos acabados más finos como el panteón se emplearon embaldosados curvos hasta de 60 cm que quedaron como cimbra muerta en el lecho bajo de la cúpula.

En Bizancio, las mamposterías se ligan con mortero, cal y arena, generalmente mezclados con tejas apisonadas que soportan sus bóvedas de ladrillo, ejecutadas sin apoyos auxiliares. Usan la bóveda de aristas e inventan una sobre perchinas, con el estribo integrado que es sustituida por el contrafuerte en la arquitectura gótica.

Retornando a Persia, el arte musulmán hace su aparición en el siglo VII, momento en que la arquitectura bizantina se halla completamente consolidada, sufriendo éste una fuerte influencia de Bizancio. Inician construcciones de arcilla colada sobre esqueletos de madera que nos recuerdan a los viejos sistemas egipcios. Construyen con éxito bóvedas de cañón corrido, sobre nervaduras y de arista.

Asimismo, sus cúpulas de mampostería ahuecada, cónicas, alveoladas y bulbosas que se desarrollan hasta el siglo XVI cuando el aislamiento invade la India.

Europa, adormecida por más de cinco siglos en sus guerras contra los bárbaros, repentinamente despierta a un periodo, entre los siglos XI y XII, de grandes empresas por las cruzadas.

Las nuevas divisiones sociales limitan el número de obreros de la construcción por lo que se busca un ahorro en la mano de obra. El aparejo, las juntas vivas o aparentes que exige un trabajo de precisión, es desechado, y el arte sólo puede renacer con la ruptura del procedimiento del pasado. El mortero que constituía para los romanos un material exclusivamente de agregación, se vuelve no sólo un material aglutinante, sino un transmisor de presiones que, por sus cuali-

<sup>1</sup> Choisy Auguste. *Historia de la arquitectura*, Editorial Víctor Leru, Buenos Aires, 1974, pág. 148.

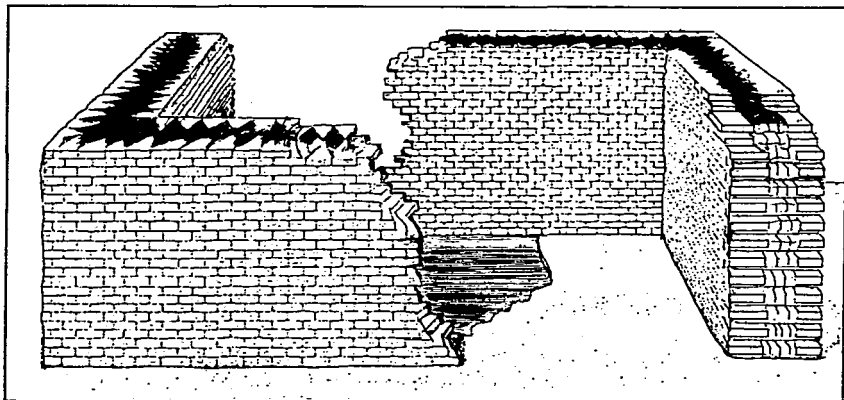


LÁMINA NO. 4.

Muros romanos con acabados mixtos en tierra cruda y tierra cocida, el exterior es de ladrillo y el interior relleno en tierra cruda apisonada.

Bajo estos sistemas, se introducen los concretos de puzolana que se fabrican a base de mezclas sobre rocas basálticas.

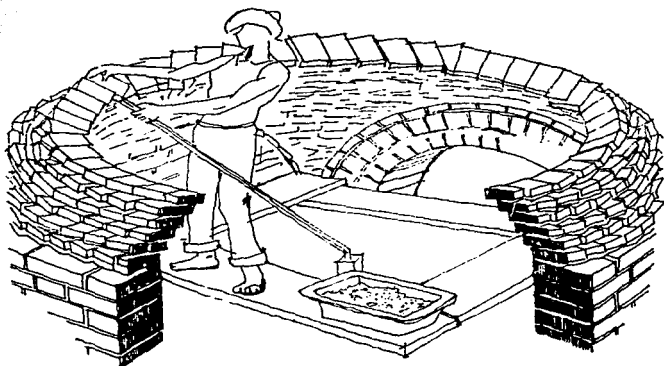


LÁMINA No. 5.

Proceso de construcción de una cúpula mediante compás que fue y sigue siendo empleada en lugares secos y desérticos donde la madera es muy escasa, evitando a su vez el uso de cimbras para su construcción.

dades plásticas, sirve para regular la repartición de las cargas entre las hiladas de piedra que se acepta con un espesor natural de cantera dejando la regularidad y los recortes que acarrear desperdicios.

La arquitectura gótica que usará la nervadura, el botarel y dará diferente empleo a la luz y el espacio, aplicará los mismos materiales que la arquitectura románica.

La búsqueda de mamposterías elásticas y la costumbre de colocar las piedras totalmente talladas fueron la consecuencia de la experimentación para regular las pesadas cargas a que estaban sometidas sus construcciones.

Las ligaduras metálicas se diseñan en forma de grapas trabadas en hierro y afirmadas con plomo. La religiosidad fijada por los cruzados y la estabilidad política y social, permiten mejorar la apariencia y la calidad de sus construcciones en las que la arcilla se encuentra casi ausente.

Uno de los escasos ejemplos es la chimenea que se introduce en Francia por el contacto de los cruzados con Asia y que prolifera en abadías, castillos y viviendas.

En el caso de la arquitectura militar toda se presenta bajo el aspecto de recinto amurallado de mampostería, admitiendo rara vez murallas de tierra con remate de empalizadas.

No es sino hasta el Renacimiento y precisamente en Italia, en que se revalora el uso de la tierra cocida construyendo así los viejos palacios de Bolonia y Siena.

Cuando en el siglo xiv, Petrarca y Poggio ponen de moda la antigüedad, se reforma el sistema de ornamentación que nunca afecta el cuerpo del edificio.

Algunas veces, como sucede en las catedrales de Milán y Florencia, la estructura de arcilla se usa como basidor para sobreponer una marquetaría de mármoles. Las bóvedas y las cúpulas siguen siendo construidas generalmente con cimbra.

En la construcción francesa del Renacimiento, la mayor influencia italiana consiste en la asociación del ladrillo y la piedra. El ladrillo, abandonado generalmente durante la Edad Media, vuelve a ser empleado en el castillo de Blois que se remonta al rey Luis XII o en Saint-Germain, donde los muros son de morillo decorados con hiladas de ladrillo.

En la época de Enrique IV se implanta un nuevo estilo en la construcción de los muros en que la combinación y adecuado manejo de piedra y ladrillo, enmarca aberturas y lucernas prolongando blancas líneas que se destacan sobre el fondo de los muros.

Durante los siglos xvii y xviii el campo arquitectónico se divide entre las influencias de Italia y de Francia. Es así como en Alemania, Inglaterra, Rusia y varios países absorben procedimientos y formas que constituyen un análisis de las prácticas que llegan a principios del siglo xx, con la excepción de la introducción del acero que se empleó para cubrir los espacios en que el empleo de la bóveda hubiera implicado excesivas dificultades. Una de las aplicaciones conocidas más antiguas es la del mercado de Trigos en París, cuya cúpula data de 1809.

En esta época se descubre la eficacia del acabado aparente, industrializando el empleo de ladrillo y tabique prensado que logran un acabado agradable sin recubrimiento, logrando eficiente permeabilidad a la compresión. También se inician aplicaciones de acabados vidriados que provienen de las cerámicas de China y Japón.

Sobre el Continente Americano la arquitectura se desarrolla en Perú y Mesamérica principalmente, en donde con sólo instrumentos de pedernal se concluye en el uso de materiales arcillosos empleados en apisonamientos de encajonados móviles o con ladrillos y adobes secados al sol. Los basamentos más antiguos que se conocen en las ciudades mayas estaban contruidos por un núcleo de piedras y tierra: ya sea de barro fuertemente apisonado mezclado con agua o piedra ligada con el mismo material.

En Cuicuilco y en la Huasteca se encontraron algunas cimentaciones reforzadas a base de troncos de árbol combinados con muros de barro cocido. Los muros estaban contruidos de barro con un grueso aplanado de pequeñas piedras de tezontle molido y cal. Sobre de éstos había techumbres de vigas que recibían morillos transversales a manera de largueros, que se cubrían con esteras tejidas y por último un grueso aplanado de cal, arcilla y tezontle con la pendiente necesaria para el escurrimiento del agua. Los altares estaban contruidos de barro que se colocaba húmedo y comprimido sobre el cual se extendía un finísimo color rojo que lo cubría totalmente.

En Teotihuacán y Cholula,<sup>2</sup> las construcciones más antiguas (S. II) usaron para sus muros bloques labrados de tepetate asentados con lodo y recubiertos con un aplanado de 1 cm de barro sobre el cual se aplicaba la pintura. El núcleo de sus pirámides es totalmente de barro extendido en capas horizontales que ofrecen un alto grado de compresión.

En Chalchihuites, se emplearon adobes y ladrillo cuyas dimensiones promedio son de 89 x 10 cm de grueso, mientras que los indios Pueblo o los de Casas Grandes en Chihuahua, labraron y cavaron hasta bóvedas en el piso y muros de arcilla.

En los muros de algunas ruinas de los Navajos se han encontrado varas verticales de madera que sirvieron de bastidor para colar posteriormente con tierra.

En el Perú como lo más representativo se presentaron diversos estilos y técnicas con la arcilla aplicada. En la época formativa Costeña se techaron construcciones con huesos de ballena junteados con arcilla y cal; ejecutándose también profundos relieves en arcilla sobre muros de piedra.<sup>3</sup>

En la cultura Nazca, se fabricaron grandes bolas de adobe que se usaron en la construcción de muros, así mismo en los valles de Lima y Lurín se emplearon adobes prismáticos con una inclinación derivada del ángulo de reposo de la arcilla, la cual se reflejó en los taludes mayores y en las pirámides, dejando por tradición y recuerdo esta influencia en la arquitectura pétreo.

Otra de las técnicas más generalizadas fue la del "Adobón" o Tapial hecho

<sup>2</sup> Ignacio Marquina Wah, *Arquitectura Prehispánica*, SEP; tomo I, pág. 63. México, D.F.

<sup>3</sup> Héctor Velarde, *Arquitectura Peruana*, Ediciones Stadium, Perú, 1978, pág. 24.

en grandes bloques de barro modelados sobre el lugar, de un metro y medio cúbico de volumen.

Todas estas remotísimas y variadas técnicas de construcción con tierra cruda, continuaron durante toda la Colonia, y hoy mismo siguen empleándose en cercas y muros de Perú, Colombia, Ecuador y el Brasil.

## I-2 HISTORIA EN MEXICO DE LA CONSTRUCCION CON TIERRA

En México al igual que en el resto de los países, el empleo de la tierra cruda ha sido muy difundido en todo tipo de climas y localizaciones.

El empleo de arcillas residuales de calidad probada como las de Ixtapalapa, Villa del Carbón, Cholula, Chalco, Los Remedios, Tlaquepaque, Oaxaca, Guanajuato, etcétera, fomentó grandes desarrollos de vivienda de los que se tienen pocas muestras actuales por diversas causas.\*

- a) Dada la facilidad, economía y rapidez de la construcción con estos sistemas, los propietarios las abandonan con igual facilidad.
- b) La emigración del campo hacia las ciudades.
- c) La influencia de las nuevas tecnologías con poderosos sistemas comerciales.
- d) El abandono de las construcciones por nomadismos, guerras o daños naturales.
- e) La falta de mantenimiento adecuado.

A pesar de esto, varios millones de mexicanos siguen haciendo y usando viviendas de tierra cruda por las innumerables ventajas que ésta presenta.

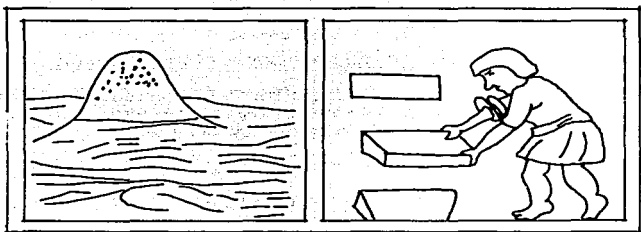
Se conocen innumerables muestras en la arquitectura prehispánica de Tula, Teotihuacán o Cholula. A 10 km de Casas Grandes en el estado de Chihuahua, están las ruinas de Paquimé del año 1060 después de J.C., que tienen una fuerte similitud con la cultura "Pueblo", de las que hacia 1532 Cabeza de Vaca relata la solidez de sus construcciones que alcanzan hasta cinco niveles.

También en Chihuahua, en la zona montañosa hacia el oeste de "Pueblo Madera", en un camino de terracería que se dirige a Huayanopa se llega a la zona de la Apacheña en que las casas están dentro de concavidades en grandes acantilados verticales, conservándose aún silos de 2 metros.

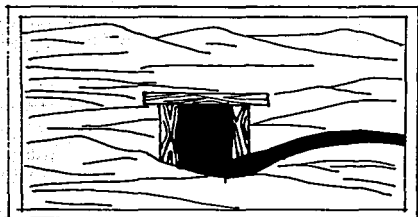
En la tierra de San Miguel de las Cruces en Durango, existen viviendas de muros colados con piedra y barro de 15 cm y con techumbres de murillos y lodo.

También en Durango, en el municipio de San Dimas, hay unas cuevas que habitan los indios Xiximes a base de muros colados y usando escalas hasta de 10 metros.

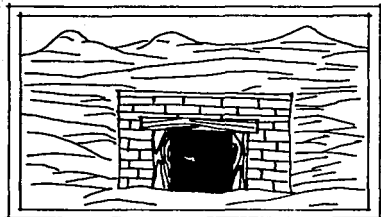
\* Información proporcionada por el Dr. Liberto De Pablo del Instituto de Geología de la UNAM.



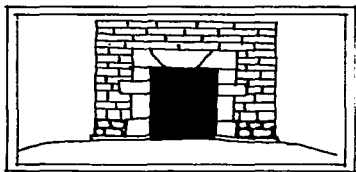
*Aborigen mexicana que hace adobes en la época vitreinal*



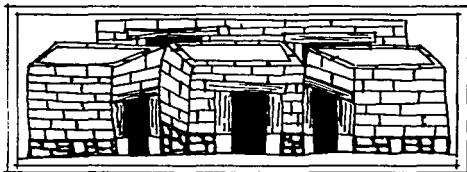
*Pequeña cueva usada como vivienda. Excavación en tierra con jambas y dinteles de madera.*



*Cueva grande con el frente cerrado con un muro de adobe.*



*Vivienda de tipo suburbano de adobe y piedra.*



*Agrupamiento de viviendas de adobe, piedra u mortero.*

LÁMINA NO. 6.

Diversas representaciones de construcción en tierras representadas en el Códice Florentino.



En Mesoamérica, encontramos a "La Venta" en el estado de Tabasco, que fue casi totalmente construida en arcilla ya que no existía la piedra, por lo que los enormes bloques usados deben de haber sido llevados desde lugares muy lejanos.

Caso similar es el de Comalcalco en el mismo estado, en el que se usó ladrillo con dimensiones generales de 25 cm de largo por 19 cm de ancho por 4 cm de grueso, pero que en zonas particulares se llegaron a fabricar hasta de 1.00 m de largo por 0.50 m de ancho y 5 cm de grueso.

En Jonacatepec, Morelos, subsisten los Silos o Cuexcomatl (coscomaies) con sus 3 metros de altura a base de varas y lodo.

En La Higuera, Nayarit, los indios Amuzgos ahogan troncos en los muros colados para dejar "enrejados" o celosías para una mejor protección y ventilación.

En Perote, Veracruz, Calpan, Puebla y Altzayanca,<sup>5</sup> Tlaxcala, se continúan empleando los bellos muros de tapias o tierra apisonada en cimbra; y en toda la República desde Comitán, Chiapas, hasta Ciudad Juárez, Chihuahua, podemos encontrar innumerables muestras del empleo del adobe en sus diversas técnicas y variedades.

Como un caso interesante y diferente es necesario mencionar la zona arqueológica de las 40 casas (Chihuahua), que fueron dadas a la luz por el explorador noruego Carl Lumholtz, hacia 1898 y que hasta 1980 es visitada por el departamento de prehistoria del INAH para publicar, posteriormente, un estudio encabezado por Arturo Guevara Sánchez.

Dentro del conjunto de las cuarenta casas que se aloja en diversas cuevas que están sobre los acantilados del arroyo "del Garabato, está" la llamada cueva "de las ventanas" que está en 90.45 m sobre el nivel del arroyo y el plano inferior de las estructuras está a 24.5 m por abajo del límite superior del acantilado.<sup>6</sup>

Esta cueva fue empleada para construir un conjunto de estructuras de adobe que se encuentran parcialmente cubiertas, con un techado existente en 3 recintos de la planta alta.

La mayor parte de los muros de este conjunto fue construida con la técnica de las tapias o muros colados apisonados presentando una coloración 10 YR 5/3. Los arqueólogos utilizan la tabla Monsell para clasificar exactamente el color café con textura de luz noble y como agregado principal la arena con mineral arcilloso.

La angulosidad elevada y la pobre dosificación del material son evidencia de que este tuvo poco transporte de la fuente de suministro al lugar de depósito, por ello se infiere que el material es de procedencia local.

<sup>5</sup> Hoy en día se puede visitar esta población que está construida en un alto porcentaje bajo el sistema de tapias que alcanzan hasta 8 y 10 m. de altura. En la carretera de Huamantla a Veracruz desviar a la izquierda.

<sup>6</sup> Arqueología en el área de las 40 Casas de Arturo Sánchez Guevara, colección científica INAH-SEP p. 35.

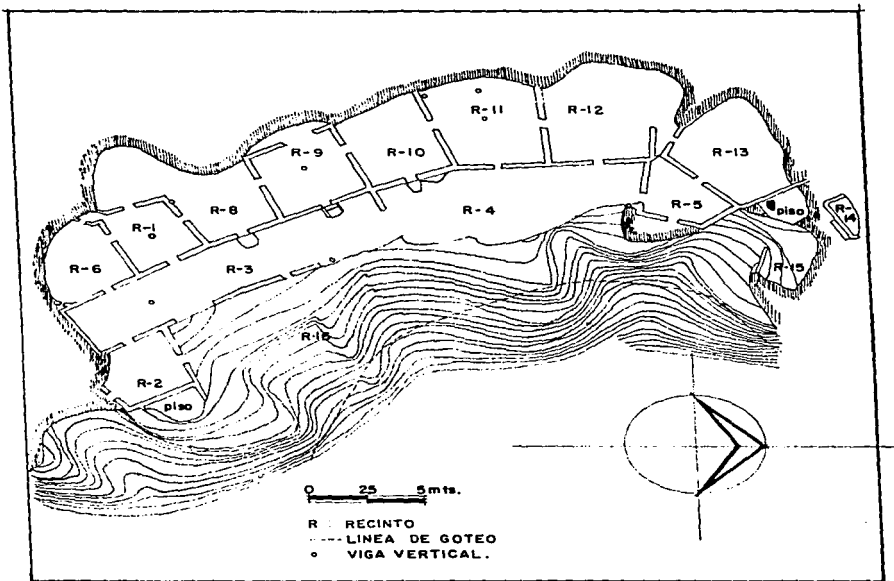


LÁMINA NO. 7.

Planta arquitectónica de la cueva de las ventanas, planta baja, conjunto Las Cuarenta Casas, Babilcora, Chihuahua (p. 36 del título "Arqueología en el área de las 40 casas").



LÁMINA NO. 8.

25

Apunte de elevación (Imaginario), tomado con base en la planta cueva de las ventanas, Las Cuarenta Casas, Babicora, Chih.

Durante la construcción de los muros, se solían agregar rocas de mayores dimensiones que los del promedio de la grava a efecto de reducir el volumen de lodo requerido para la edificación. En algunos casos fue utilizada una serie de troncos de diámetro pequeño, que atados con hojas fibrosas eran cubiertos con lodo por ambos lados. A este sistema se le llama bajareque en el campo mexicano.

Todas las estructuras se fueron desplantando sobre la roca madre, lo que hizo innecesario el empleo de cimentación. La techumbre fue a base de morillos de pino descortezados de 10 cm de diámetro, que se recubrieron con una capa de lodo.

En varios casos se reforzó la techumbre con una viga maestra transversal, la cual se solía apuntalar en la parte central.

Las puertas típicas de la cultura Paquimé en forma de "T", tienen una altura aproximada de un metro que supone una forma de construcción defensiva. Los pisos eran también de barro muy bien compactado, y los aplanados eran de arcilla con carbonato de calcio.

Ya durante el siglo XVI los franciscanos, dominicos y agustinos, y en el siglo XVII los jesuitas se ocuparon de confirmar esta tradición donde los materiales no permitían el empleo de la piedra (a pesar del exceso de oferta de mano de obra). La arquitectura civil y el clero secular, también asimilan la construcción con tierra cruda, logrando ésta preservarse hasta la actualidad, mostrándose con todas sus cualidades en toda la República, para lo cual hago un muestreo global que explica su aceptación, por tener una buena durabilidad mientras se le dé mantenimiento adecuado.

1. B. CALIFORNIA NORTE
2. CAMPECHE
3. COAHUILA
4. CHIAPAS
5. CHIHUAHUA
6. DISTRITO FEDERAL
7. DURANGO
8. ESTADO DE MEXICO
9. GUERRERO
10. HIDALGO
11. JALISCO
12. MICHOACAN
13. MORELOS

Misiones Jesuitas de Villa de Loreto, San Javier, Luigi, Mulege y San Borja.  
Bacachoben.  
Muzquic, Saltillo y viviendas a 2 km en dirección hacia Artega.  
Chiapa de Corzo, San Cristóbal de las Casas, Amatenanco.  
Paquimé en Casas Grandes, Las 40 Casas, Ascensión, Janos, Galeana Namiquipa, Villa Ahumada (prehispánica) y La Apacheña.  
Tacuba, Tlalpan, Sanctorum y Cuajimalpa.  
Villa Ocampo y San Miguel de Cruces.  
Malinalco, Los Sauces y Ayapango.  
Cocula, Tulimán y El Mogote.  
Zempoala, Tula, Huichapan y Chillico.  
San José de Gracia y Lagos de Moreno.  
Pátzcuaro, Morelia y Tancitaro.  
Tepoztlán, Tlayacapan, Tepalcingo y Amayucan.

14. NAYARIT	La Higuera, Huajicori y La Salada.
15. NUEVO LEON	Monterrey y alrededores.
16. OAXACA	Oaxaca, Mitla, Santa María Alboradas, Etla e Ixtaltepec.
17. PUEBLA.	Huejotzingo, Calpan, Jolalpan, Amozoc y Tzicatlan.
18. SINALOA	Mazatlán, Rosario, Guamuchil, Pánuco y Copala.
19. SONORA	Misiones de Tabuanaia, Caborca, Cocospera, Cucurpe, Magdalena de Kino y Alamos.
20. TLAXCALA	Salizayanca, El Carmen Atlihuelzlia y Mena.
21. VERACRUZ	Perote, Tierra Blanca, Coacella Sabaneta y Magueyitos.
22. ZACATECAS	Tacuelleche y La Batea.

### I-3 LOS SIGLOS XIX Y XX. LA INDUSTRIALIZACION

Los primeros libros importantes de este tema aparecen hasta fines del siglo XVIII: *El arte del albañil* de Gouffon y *Tratado sobre el arte de construir* de Rondelet.<sup>7</sup> Todos están de acuerdo en que una buena opción para que una edificación dure mucho tiempo es hacerla con tierra cruda apisonada. El arte de construir pasó de generación en generación, en todas las provincias de Francia, tanto en tierra apisonada como en ladrillos de tierra cruda.

Los pueblos buscan medios para luchar contra los incendios. François Cointeraux afirma que el apisonado de tierra cruda es la mejor opción, debido a que no sólo es un aislante contra el fuego, sino que crea un ambiente saludable, además es de una solidez a toda prueba y muy económico. También promueve el uso de tierra apisonada recomendando usarla para todo tipo de terreno y difundir su técnica. Rondelet considera su uso práctico y aconseja promover la técnica para sustituir las construcciones de madera.<sup>8</sup>

Sin embargo, sus convicciones se enfrentarán a una resistencia psicológica, ya que Gouffon y Cointeraux indicarán las posibilidades que existen para disimular la tierra: Gouffon habla de casas de tres pisos recubiertas con una mezcla a base de cal que hace "olvidar" que las construcciones están hechas de tierra apisonada. Cointeraux explica también que si se quiere disfrazar la tierra basta recubrirla con algún otro material. Para acabar de convencer a sus lectores explica que "los comerciantes ricos" de la ciudad de Lyon no dudan en hacer sus casas de tierra cruda apisonada.

<sup>7</sup> *Boletín* de información de arquitectura, suplemento de octubre de 1981, Escuela Nacional Superior de Bellas Artes, París, Francia, p. 2.

<sup>8</sup> *Boletín* de informaciones de arquitectura, *op. cit.*, p. 2.

En el siglo XIX debido al uso creciente de ladrillo cocido, la tierra cruda fue considerada como un material pobre, sin embargo, en la Segunda Guerra sigue siendo un material de construcción común. Construir era una actividad cotidiana y el apisonado formaba parte del conocimiento general de la gente.

Construir con tierra requería tiempo, y en una sociedad en la cual el dinero escaseaba, inicialmente la participación colectiva permitía realizar una construcción. Debido a varios problemas como el éxodo rural y la llegada de ideas nuevas, esta técnica se ha ido perdiendo.

La guerra de 1945 trajo una época de escasez de materiales y de energía que incitan a las potencias europeas a utilizar todos los procesos de construcción que aprovechen al máximo los recursos locales. A la industria se le da prioridad para construir la infraestructura buscando una solución para reconstruir las edificaciones del medio rural. Es así que los arquitectos y los ingenieros redescubren las prácticas milenarias y universales de la construcción con tierra cruda apisonada.

El recurrir a la tierra fue resentido como algo anacrónico, y ésta fue considerada como un material específicamente rural. El arquitecto Dufournet en 1945 declara que aunque este es un proceso más bien rural, puede ser utilizado en la construcción de habitación urbana. La asociación tierra-rural es probablemente la base de prejuicio desfavorable para el uso de este material, es por eso que el arquitecto Dufournet dice "vamos a volver a hacer la tierra apisonada como antes, pero para que el término sea mejor aceptado la llamaremos tierra mejorada", "diremos que haremos hormigón de tierra estabilizada, este término tendrá como ventaja el tranquilizar al cliente", pero lo que puede modificar ese prejuicio, es una campaña bien formulada.

Francia se lanza en una campaña de construcción a base de tierra pero a la inversa de la hecha en Alemania y la URSS, los franceses se limitan a sus esfuerzos. La actitud de inversionistas, arquitectos e ingenieros está dividida, algunos no pueden imaginar que este tipo de construcción pueda volver a ser un proceso habitual, otros al contrario ya lo esperaban. El bloqueo de esta campaña se explica debido a la actitud de la época que, oponiéndose a la utilización de este material, frenó considerablemente las investigaciones. Ninguno de los talleres puestos en marcha llegó a su meta.

En el proyecto de la ciudad de Tergneir en Aisne, una sola casa fue hecha de tierra. En Pas-de-Calais en 1945, de un programa de 15 granjas una sola fue hecha como experimental en Vacqueriette. El escaso número de estos proyectos no permitieron dominar, ni proveer este material "nuevo", esto no obstante sus grandes ventajas: abundancia y disponibilidad sobre el lugar no necesitan transporte ni transformación costosa como el cocimiento.

Por otro lado el mismo periodo, en Alemania Democrática se racionalizaba esta técnica a través de estudios sistemáticos de todos los medios de producción tradicionales (ladrillos crudos, apisonado, etcétera).

Con la fabricación de elementos prearmados y con una racionalización avanzada de los talleres se construyen varios miles de habitaciones y edificios entre 1945 y 1958 (Mulchen Wallwitz). Inglaterra trabajaba en el mismo sentido. No es

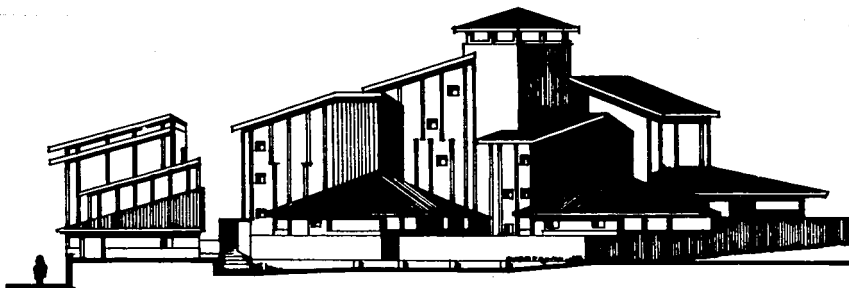


LÁMINA NO. 9.

Viviendas de bloques de tierra vibro-compactada y estabilizada dominadas por una torre de cinco pisos de tapial no estabilizado, en la zona del Ecomuseo de Nord-Dauphine, Francia, 1982.

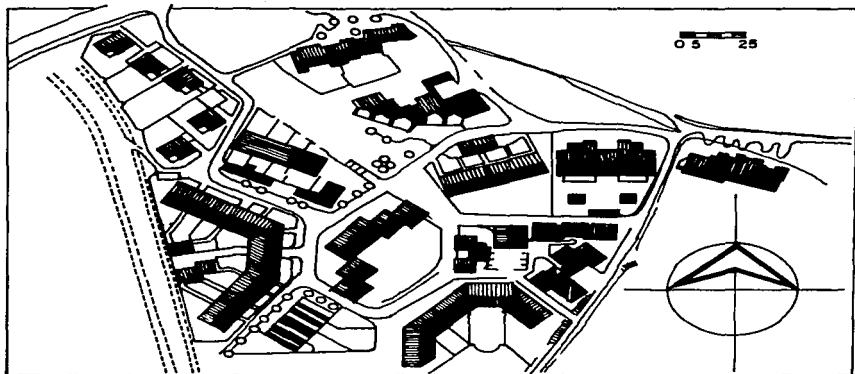


LÁMINA NO. 10.

Centro habitacional, educacional y de servicios a base de tierra cruda en L'Isle D'Abeau, Francia, 1984. Desarrollado en un conjunto de 40 hectáreas que aprovecha su localización y las ecotécnicas disponibles.



hasta 10 años más tarde que Francia comenzó a realizar estudios serios en África Occidental por la intervención de J. Dreyfus (Dakar, Brazzaville).

Se puede observar que la tierra siempre ha sido utilizada como material para construcción, sin embargo, cada vez que se manifiesta un poco más de interés en ello, argumentos ambiguos son desarrollados para que las construcciones de tierra sean desplazadas hacia el campo. En Lyon en la segunda mitad del siglo XIX por decreto del prefecto Vaisse, toda construcción apisonada es prohibida en la zona urbana. Esto tiene por objeto "el refrenar la inmigración rural salvaje y mantener un control de la población urbana, en las parcelas y en la producción de construcciones".

Con la industrialización, el empleo de la tierra para la construcción no deja de crecer, y le debe su actualidad a la conjunción de crisis energéticas a partir de las cuales se desarrolla una polémica sobre la tecnología adecuada y la necesidad de una investigación seria en el sentido de un aumento de tecnología y posibilidad de exportación. En efecto, la inadaptabilidad de las formas de habitat de sobrevivencia económica, orientan a los países del tercer mundo hacia una prospección de los materiales locales y la búsqueda de un habitat económico (autoconstrucción). Desde entonces los países quieren construir con la investigación para permitir una reactualización de técnicas y su exportación, abriendo por ese camino nuevos canales económicos.

Como una muestra de este entusiasmo y aprobación, enlistaré a continuación grupos de diversos tipos de edificios en las más variadas y lejanas comunidades que se han desarrollado con técnicas de tierra cruda en la mitad del siglo XX.<sup>9</sup>

- Centro médico en Mali.
- Hospital en Mauritania.
- Hoteles en Mombasa, Taos, Argelia y Kenya.
- Centro artesanal en Marruecos.
- Instituto de Cultura en Mali.
- Centro de Información en Mauritania.
- Iglesias en Nuevo México, Alburquerque y Colombia.
- Viviendas en Luxor, Egipto.
- Cooperativa agrícola en Egipto y Afganistán.
- Villas agrícolas en China.
- Conjunto unifamiliar en Alburquerque.
- Vivienda múltiple en Australia, Bélgica y España.
- Vivienda unifamiliar en Yemen del Nore, Irán, Irak, Arabia Saudita y Burkina.
- Biblioteca municipal en Perú.

<sup>9</sup> Des Architectures de Terre, pp. 148, 150, 152, 153, 154 y 156.

<sup>10</sup> Desde los años cincuentas, Arquitectos e Ingenieros como Dreyfus en Senegal, Mason, Ichter y Honsens en Marruecos, Hassan Fahy en Egipto y Ramírez en Colombia vienen buscando soluciones prácticas a pesar del abandono Dethlor, Jean; *Las arquitecturas de Tierra* INAH, SEP, Mexico, 1985, pág. 15.

## II LA TIERRA COMO MATERIAL BASICO

### II-1 LA TIERRA Y SUS ARCILLAS

Tomando en cuenta que la arcilla es el "alma" de la mezcla de tierra que une a los elementos opuestos para balancear y tomar la mezcla idónea, hago mención a los conceptos más importantes obtenidos en los diversos cursos que bajo la tutoría de la doctora Graciela Pacheco, llevé en la división de estudios superiores de la Facultad de Química de la UNAM.

#### DEFINICION QUIMICA Y ESTRUCTURA

En ciencias de la tierra, el término "arcilla" se usa en dos sentidos. Uno es granulométrico, con referencia al tamaño de la partícula. En Geología, la "función arcillosa" de los materiales abarca a toda partícula de diámetro inferior a 4 micras (una micra = 0.001 mm), en tanto que en Edafología<sup>11</sup> el límite superior se fija en sólo 2 micras. Los minerales que pueden estar presentes en esa función de rocas y suelos son bastante numerosos y de una gran diversidad química, ya que tanto óxidos del hierro como partículas de materia orgánica o carbónica pueden estar presentes.

El otro sentido en que se maneja el término es petrográfico y mineralógico y se refiere a materiales sólidos naturales de grano muy fino (menos de 2 micras) de carácter terroso, colores claros, poca dureza y que se tornan plásticos al ser mezclados con cantidades relativamente pequeñas de agua (plasticidad es la propiedad de algún material al deformarse por aplicación de presión, siendo retenida la configuración así adquirida después de dejarse de aplicar la presión).

Los minerales naturales que poseen las propiedades indicadas han sido aprovechados para cerámica, construcción y otros usos desde tiempos inmemoriales. En la mineralogía moderna se les denomina minerales arcillosilíceos. Sus análisis químicos han revelado que se componen esencialmente de sílice (SiO<sub>2</sub>),

<sup>11</sup> Edafología significa: suelo, ciencia que trata de la naturaleza y condiciones del suelo en relación con las plantas y los materiales para construcción.

alúmica ( $Al_2O_3$ ) y agua ( $H_2O$ ), pero que hay especies con apreciables contenidos de hierro (Fe), de elementos químicos alcalinos, como Sodio (Na) y Potasio (K) y alcalinoférricos como Calcio (Ca) y Magnesio (Mg).

Los minerales arcillosilíceos pueden ser cristalinos o amorfos.

En la mineralogía moderna, el estado cristalino es aquel en que los átomos del mineral se encuentran alojados en el espacio en forma ordenada y regular, en tanto que en el amorfo, los átomos están en desorden. La mayoría de los minerales arcillosos son cristalinos, pero hay especies amorfas y muchos casos de desorden parcial.

Cristalinidad implica una estructura atómica en el espacio, que en el caso de estos minerales arcillosos es una de las bases para su clasificación. Hay dos arreglos fundamentales en la estructura de las arcillas, el de sílice y el de lámina.

## TIPOS DE ARCILLAS

Los tipos más comunes de arcilla son:

a) *Arcillas sedimentarias*. Estas arcillas se depositan en los diferentes receptáculos (mares, lagos, ríos, etc.) después del acarreo que sufren por los diversos medios como son: el agua, el aire, y el hielo; de aquí que se pueden encontrar arcillas sedimentarias, marinas, lacustres, de pantano, estuarinas, fluviales, glaciales y eólicas.

b) *Arcillas residuales*. Estas arcillas se forman "in situ" por intemperismo que sufren las rocas, sin embargo, en su mayor parte son arrastradas por los agentes erosivos y depositadas en la cuenca de sedimentación.

c) *Arcillas hidrotermales*. Estas arcillas creadas por la acción hidrotermal de las soluciones ascendentes que actúan sobre rocas principalmente feldespáticas y pueden ser transportadas y depositadas como sedimentos.

d) *Arcillas volcánicas*. Se originan a partir de materiales detectados por las erupciones volcánicas y depositados ya sea en el continente o en el mar.

## COMPOSICION DE LAS ARCILLAS

La arcilla es un compuesto de elementos silíceos y aluminio (Al) con agua químicamente combinada. Puesto que el silicio y el aluminio se encuentran generalmente en combinación con el oxígeno, como óxidos, se les llama sílice ( $SiO_2$ ) y alúmina ( $Al_2O_3$ ). Una de las arcillas es conocida en química como un silicato hidratado de alúmina, su fórmula ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ).

Las arcillas constituyen los sedimentos geológicos más difundidos en la naturaleza, los aluminosilicatos hidratados se encuentran en todas las proporciones ponderales de sus tres componentes.

Constituyen minerales de composición  $Al_2O_3$  (0.3-8)  $SiO_2$  (0.5-9)  $H_2O$  y de acuerdo con su importancia geológica y técnica, se dividen en tres grandes gru-

pos que, de acuerdo con su composición y estructura reticular, se clasifican de la forma siguiente:

Las arcillas proceden, en todos los casos, de minerales madre que son rocas aluminosas, y preponderantemente de los feldespatos, que éstas contienen. Como minerales madre de las arcillas los feldespatos por sus componentes ácidos se consideran como formadores de caolín.

**Caolín:** También se le llama arcilla china. El caolín es la más pura de las arcillas, lo que explica su blancura después del quemado. Su composición química es aproximadamente: 39.5% alúmina, 46.56% sílice y 13.95% agua.

Esta roca no es considerada comúnmente como arcilla, puesto que su plasticidad es cero. Sin embargo, cuando ha sido molida adecuadamente y mezclada con arcilla plástica, produce buenos utensilios.

**Arcilla de bola:** La arcilla de bola es la más plástica de todas las arcillas y se usa para añadir esa cualidad a arcillas que son menos plásticas.

La arcilla sola no es suficiente para producir buenos cuerpos, en la cerámica son necesarios otros materiales naturales como la roca, la piedra y la arena de clases especiales.

**Sílice:** En las industrias de productos arcillosos, la sílice es usualmente llamada pedernal. Se le conoce también como cuarzo y arena.

La sílice se encuentra generalmente en forma de roca, piedra y arena. La arena que se conoce como arena sílice es de color blanco puro.

**Cuarzo:** Es una roca silicosa que puede encontrarse negra, roja, amarilla, verde o de otro color en la naturaleza. El cuarzo es muy resistente a los cambios químicos y físicos.

**Bentonita** ( $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 9H_2O$ ): Es una ceniza volcánica que se usa para dar plasticidad y como agente suspensivo en las arcillas, contiene alúmina y sílice que cambia la composición del vidriado. Se usa para dar plasticidad.

**Talco:** Es roca hidratada de silicato de magnesio. En cuerpos arcillosos que necesitan fuego, el talco sirve como refractario y como fundente en cuerpos que requieren altas temperaturas. Aumenta la resistencia eléctrica y reduce la contracción del cuerpo y la expansión por humedad que elimina el agrietado capilar.

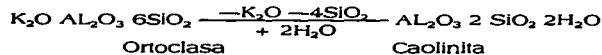
**Cenizas:** Las cenizas de materiales orgánicos vegetales son de mucho valor en la cerámica; debido a su contenido mineral contienen usualmente calcio, magnesio, potasa, sílice, alúmina, ácido fosfórico y hierro.

## FORMACION DE LAS ARCILLAS

Acerca de la formación de las arcillas se han establecido 2 teorías, una de ellas es sustentada por los geólogos y la otra por los químicos.

La antigua teoría aceptada preferentemente por los geólogos, admite que el caolín se ha formado por acción meteorizante o del agua ácida sobre los feldespatos y sobre los cristales del feldespato.

Este proceso se interpreta como una levigación de álcali y eliminación de  $4SiO_2$ .



La teoría química de la formación de la arcilla a partir de disoluciones, es decir, operando en autoclave en geles de alúmina y ácido de silicio, ha conseguido producir caolinita y casi todas las otras clases de arcilla.

Los minerales del grupo de montmorillonita pueden obtenerse operando a presión en presencia de álcalis e hidróxido alcalino térreos, siendo Mg el que produce mejores resultados.

Por tratamiento en autoclave de geles de  $\text{AL}(\text{OH})_3$  y de sílice precipitados conjuntamente se obtuvieron los siguientes minerales de la arcilla:

- a 310°— Caolinita
- a 350°— 365° Diquita
- a 350°— 365° Beidellita
- a 500°— Pirofillita

## REACCIONES DE LAS SUBSTANCIAS ARCILLOSAS

Comportamiento frente a los ácidos:

Si bien la substancia arcillosa es insoluble en ácidos a la temperatura ordinaria, las arcillas alofánicas que la acompañan se disuelven en ácido clorhídrico concentrado especialmente en caliente. Sin embargo, la substancia arcillosa también es totalmente soluble en ácido sulfúrico caliente. En las construcciones de tierra cruda, este comportamiento se repite haciendo a la mezcla muy eficiente ante el embate de diferentes tipos de acidez.

## COMPORTAMIENTO FRENTE A LOS ALCALIS

Los hidróxidos alcalinos en solución acuosa atacan de forma diferente los caolines y arcillas, probablemente descomponiéndose en este caso la substancia arcillosa, ya que los extractos alcalinos contienen alúmina y sílice en la proporción de 1:2, que es la que existe en las arcillas.

El caolín dializado se puede combinar con hidróxido alcalino, lo que puede ponerse de manifiesto mediante un reactivo específico del (OH); es decir el Ni dimetilgloxima.

De la misma manera también puede combinar álcali el metacaolín, es decir, el caolín calentado a 500°.

La caolinita sólo puede reaccionar en medios básicos o ácidos.

En el punto neutro pH = 7, ambos son inertes y no se hallan en condiciones de reaccionar.

*La pirofilita* contiene los grupos OH en el interior de su retículo, quedando hacia el exterior los grupos de  $\text{Si}_2\text{O}_5$  con poca capacidad de reaccionar. Por esta razón, resulta muy adecuada debido a la falta de los ácidos y bases.

*La montmorillonita* en cambio, tiene sus grupos OH enlazados al Si, hallándose en parte en el borde del retículo; por lo tanto puede compararse con los grupos OH activos del ácido silícico y especialmente de las bases.

Presenta intercambio catiónico tanto medio básico como ácido, no obstante su pH = 8 muestra un mínimo.

Los sulfatos se presentan casi en forma de sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ) el contenido de sulfatos es de 0.1 a 0.28% en la arcilla de bola y de 0.015 para los caolines.

El sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ) y el sulfato de sodio se consideran más perjudiciales que el sulfato de potasio debido a que este compuesto se separa sin agua de cristalización.

*Hierro*: Esta impureza de las arcillas se presenta como pirita, oxhidrato y formando parte integrante de la subsistencia arcillosa. En productos refractarios y de cerámica son visibles manchas negras de hierro por la combinación de óxido ferroso con arcilla que deben evitarse eliminando el hierro.

#### *Causas de error*

1. La descomposición de la sustancia arcillosa por ácido sulfúrico.
2. La disolución de la sílice coloidal en disolución de hidróxido sódico y precipitación con ácidos clorhídrico.
3. Evaporación a sequedad del residuo con flurhidrico. La alúmina o álcali separados se calcula como ortoclasa.

Asimismo se descompone la mica.

El cuarzo, finamente dividido se disuelve en la disolución de hidróxido sódico

Si queda mica sin descomponerse por acción del ácido sulfúrico, es considerada erróneamente como ortoclasa.

*Arcillas refractarias*: Las arcillas refractarias se pueden dividir en arcillas plásticas y arcillas de pedernal duro. También pueden clasificarse según su contenido de alúmina. Los ladrillos refractarios se hacen, por lo común, de una mezcla combinada de arcilla de pedernal y plástica, que se forma, después de mezclarse con agua, a la hechura que se requiere.

Los ladrillos secos se queman en hornos periódicos o de túnel, a temperaturas entre 2200 y 2700°F. Los hornos de túnel permiten la producción continua y una temperatura uniforme de cocción.

Los ladrillos de arcilla refractaria se utilizan en hornos secadores, hornos para hierro maleable, incineradores y muchas porciones de hornos metalúrgicos. Son resistentes al asillado y resisten bien muchas condiciones de escoriado; pero,

en general, no son convenientes para utilizarse con escorias de alto contenido de cal, escorias de cenizas de carbón fluidas o en condiciones de carga intensa.

*Los ladrillos de sílice:* Se fabrican a partir de rocas trituradas de arcillas refractarias para recubrimiento de hornos, que contienen, aproximadamente, 97 a 98% de sílice.

Resultan especialmente valiosos cuando se requiere una buena resistencia a las temperaturas elevadas. Recientemente, los ladrillos de sílice para usos especiales se están empleando en la industria acerera. Tienen un contenido menor de alúmina y, con frecuencia, una porosidad más baja.

Los ladrillos de sílice se usan mucho en los hornos de coque, los techos y las paredes de los hornos de hogar abierto, los techos y las paredes laterales de los tanques de vidrio y como recubrimiento de hornos acereros eléctricos ácidos. Aun cuando el ladrillo de sílice se astilla con facilidad (se resquebraja debido a los cambios de temperatura) por debajo del calor rojo, es muy estable, si se mantiene la temperatura por encima de esa gama y, por esta razón soporta bien las condiciones de los hornos regeneradores.

Cualquier estructura de ladrillos de sílice se debe calentar con lentitud hasta llegar a la temperatura de trabajo; con frecuencia una estructura grande requiere dos semanas o más.

*Ladrillos refractarios aisladores:* Son una clase de ladrillos que consisten en caolín o una arcilla refractaria muy porosa, con notable ligereza en su peso (de aproximadamente la mitad a una sexta parte de la arcilla refractaria), tienen baja conductividad térmica y, de todos modos son suficientemente resistentes a la temperatura para utilizarse en forma adecuada en el lado caliente de la pared del horno, permitiendo paredes delgadas de baja conductividad térmica y un bajo contenido de calor, éste resulta particularmente eficiente para el ahorro de combustible y tiempo en el calentamiento.

Los refractarios aislantes se usan primordialmente en la industria de tratamientos térmicos, para hornos del tipo periódico.

Hay ciertos tipos de ladrillos especiales, que se pueden obtener de productos individuales. Los refractarios muy cocidos de caolín son particularmente valiosos en condiciones de cargas pesadas y temperaturas severas o en las condiciones de asillado intenso.

*Clases de arcilla empleadas en cerámica.* En cerámica, las arcillas se subdividen sencillamente en caolines y barros. Los caolines son blancos y de cocción blanca presentando un tamaño, en grano, de unas 0.5 a 2 micras. Mientras que los barros generalmente son coloreados y de grano que puede ser de una micra hasta las finas dimensiones coloidales.

La arcilla para ser utilizada en la industria cerámica, debe tener determinadas propiedades identificadas por el análisis físico-químico. La más importante es la plasticidad siguiéndoles en importancia, la contracción, resistencia y tamaño del grano.

La plasticidad es una propiedad de las arcillas y puede variar de forma por presión, torsión y tracción soportando y conservando, sin romperse ni rajarse, su estructura después de que ha cesado la fuerza que lo ha producido.

La arcilla es un coloide solvato liófilo, la carga eléctrica de las partículas es la causa de la estabilidad de la suspensión; ya que es neutra y su carga negativa procede de los OH absorbidos del agua.

Casi todas las arcillas cocidas presentan una elevada resistencia hacia la comprensión y una reducida resistente a la tracción. Cuando se dobla una barra de efectúa en las capas interiores el trabajo de comprensión y en las superiores la tracción. La resistencia a la flexión tiene una importancia mayor para los productos cerámicos.

De todas las arcillas, mejor es el caolín, pero es cara y consecuentemente poco factible para la construcción. Las arcillas volcánicas son también buenas y más accesibles.

## II-2 CRITERIOS PARA LA SELECCION DE MUESTRAS

Para la ejecución de cualquier obra, el arquitecto, ingeniero o constructor deberá hacer una cuidadosa selección de materiales para la realización del proyecto.

En el caso de la selección de la tierra se requiere de una mayor difusión, ya que no se incluye más que superficialmente dentro de los programas de enseñanza en Universidades y Centros de Capacitación. Por esto y para su conocimiento se hará una analogía con el concreto, el cual tiene el mismo enfoque científico que la tierra.

En ambos casos se tiene grava, arena, limo y arcilla en proporciones variables con cualidades diversas según sus diferentes porcentajes de agregados. Tal como sucede con el concreto, se determinan:

- a) Granulosidad
- b) Plasticidad del aglutinante
- c) Densidad o compactibilidad

Para mayor claridad ver láminas 11 y 12 de los criterios de congruencia del adobe así como el análisis granol métrico.

Se han hecho muchos experimentos con tierras de minas o de viejas construcciones en buen estado, para determinar su resistencia al intemperismo después de un largo plazo.

Las arcillas encofradas se comportan inicialmente bien, pero con el tiempo y el secado regresan a su estado natural.

Los granulados de arena y grava no se pueden unir solos por carecer del adherente, que en este caso deberán ser la arcilla y el estabilizante, o ambos.

De la arcilla, los granulados y el cemento como producto de la mezcla de las dos opciones anteriores, resulta la elección a desarrollar e investigar.

Según el sistema constructivo, se han determinado una serie de pruebas de laboratorio de granulosidad, plasticidad y compactibilidad, bajo los cuales es ne-



# CURVA GRANULOMETRICA DEL CONCRETO Y DE LA TIERRA

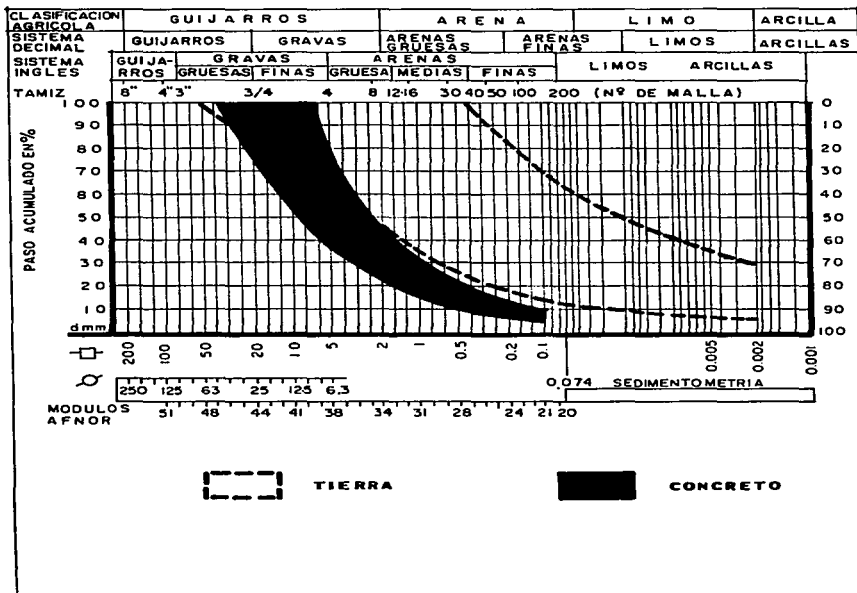


LÁMINA NO. II.

La gráfica demuestra que los concretos comprenden solo los granos y arenas gruesas y finas, teniendo un rango mayor de sedimentación. Las tierras abarcan fundamentalmente las arenas, limos y arcillas con un menor rango de sedimentación. Las arenas son suelos compuestos por pequeños fragmentos de roca, no tienen cohesión; las arenas se clasifican en tres grupos tomando como base el juego de mallas que va de la Nº 1 a la Nº 200.

La arena media pasa la malla Nº 10 (1.65 mm.), se retiene en la malla Nº 4 (0.42 mm.). La arena gruesa pasa la malla Nº 4 (4.69 mm.), se retiene en la malla Nº 10 (1.65 mm.).

# CURVA GRANULOMETRICA DE AGREGADOS Y AGLUTINANTES

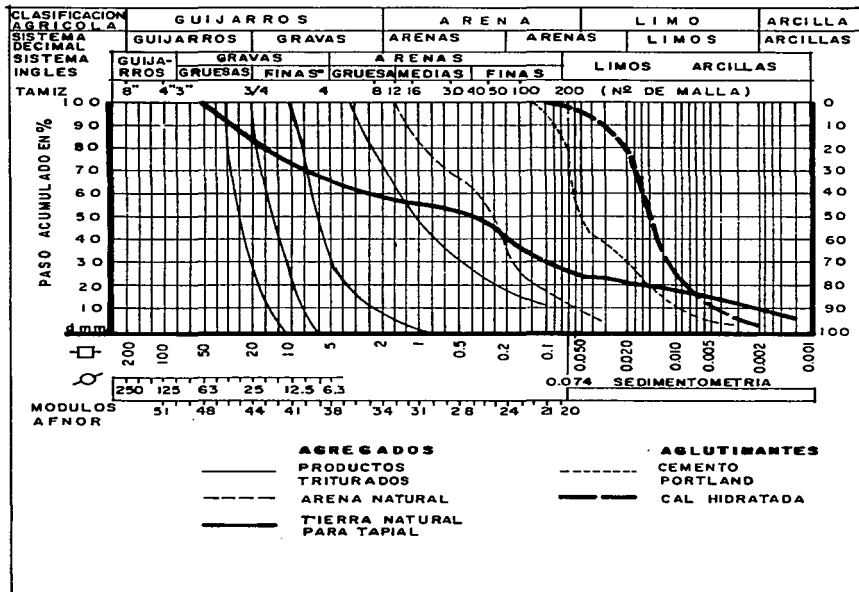


LÁMINA NO. 12.

Esta gráfica demuestra la amplia gama que tienen los agregados y aglutinados, principalmente la tierra natural; lo que comprueba el riguroso control que debe de existir en su selección y trituración. Observar cómo cambia la sedimentación conforme se reduce el paso acumulado en un amero (tamiz).

cesario conservar los límites establecidos en las gráficas para las dos grandes opciones de la tierra cruda que son el tapial y los bloques comprimidos.

Cabe aclarar que estas opciones son las que tienen mayor proyección inmediata dentro del mercado de la construcción, sin que esto descarte la probable solución de cubiertas y pisos con la tierra cruda estabilizada, la cual se encuentra en proceso de experimentación con buenos resultados iniciales.

En el capítulo IV se analiza la toma de muestras de edificaciones muy características, a las cuales se les hicieron una serie de análisis de campo físicos y químicos, para poder concluir cual es la respuesta histórica de estos materiales.

### II-3 RESISTENCIA DE LA TIERRA AL AGUA

Quando se habla de construcciones en tierra, el mayor problema es la baja resistencia al agua que se presentan cuando se emplean técnicas tradicionales. Los terrenos más arcillosos son los que presentan más cohesión en el aglutinamiento de los elementos más gruesos, que constituyen el esqueleto de cualquier adobe o muro; pero tienen un grave problema, que es su afinidad con el agua lo cual aumenta su volumen y causa retracciones y fisuras durante el proceso de secado.

Para la construcción de adobes es recomendable que la proporción limo-arcilla sea 1:1 y sus sumas no rebasen el 40% del volumen, mientras que el 60% restante corresponde a la arena.

Para mayor claridad, es necesario mencionar el experimento realizado por el arquitecto español Ma. Jesús Guinea con tres muestreros diferentes de arcillas.<sup>12</sup>

Primero fabricó 2 losetas de 15 x 15 cm x 2 cm, las cuales sometió a una prueba de compresión obteniendo la mayor resistencia (67.5 kg/M<sup>2</sup>) en la muestra más arcillosa (26.5%) y la menor resistencia (53.4 kg/M<sup>2</sup>) en la menos arcillosa (16.1%).

Posteriormente las sometió a una prueba de "goteo", dejó caer desde dos metros de altura, 60 gotas por minuto (.4l/h) en la que se comprobó que la muestra más resistente a la compresión y a su vez más arcillosa, fue la primera en ser perforada por el goteo. Después a muestras similares se les aplicó cal, cemento e impermeabilizante. Se llegó a la conclusión de que la muestra que trabajó en su mejor proporción fue al 15% de cemento; al 5% el impermeabilizante se comportó irregularmente muy por debajo de la muestra con cemento y distorsionándose a mayor cantidad aplicada.

En pruebas de retracción lineal se comprobó que las muestras con un 5% de cemento quedaban por debajo del 1% de la longitud de la muestra sin aportar disminución significativa cuando se le aumentó el 2% de cemento extra.

<sup>12</sup> Presentación en el Congreso efectuado en Madrid, España, en el mes de junio de 1986. *Memoria Impresa*, p. 26 y 27.

En cuanto al agregado de la muestra en arena, desde 5,0 mm hasta 1 mm se comprobó que a menor diámetro, era menor la profundidad de la huella de la erosión.

Como fórmula general es conveniente el uso de suelos con bajo índice de arcilla, o de lo contrario será necesaria más agua para la mezcla, provocando mayores retracciones en el proceso de secado. Al aumentar la proporción de arena, pueden reducirse estas retracciones, sin embargo se provocará el aumento de porosidad y la disminución de la cohesión. En la lámina No. 13 se muestran los llamados "límites de Atterberg", que regulan los contenidos de arena en suelos muy arcillosos con índice elevado de plasticidad.

Donde L.L. es límite líquido; I.P. es índice de plasticidad (lámina 14); L.P. es límite plástico.

Con una adecuada estabilización de tabiques o bloques de tierra se ha llegado a los siguientes resultados:

<i>Material</i>	<i>Absorción de agua %</i>
Block o tabicón de concreto	20 al 25
Tabique rojo	8 al 12
Apianados de cemento arena	8 al 11
Madera (pino)	4 al 8
Adobe estabilizado (asfalto)	0.5 al 3

La resistencia al agua reduce la intemperización y la consecuente desintegración. La generosidad de un adobe bien estabilizado de 14 kg, al cual se le agrega 4.5% de emulsión asfáltica, puede llegar a la penetración de sólo 1 mm después de 6 meses de inmersión en agua.

#### II-4 EL VIENTO Y LAS TEMPERATURAS

Por tradición la tierra ha sido un elemento estable y apropiado para conservar la temperatura adecuada dentro de la vivienda o inmueble.

En África del Norte algunas casas de los aborígenes son formaciones en el subsuelo de 12 m de diámetro y 10 de profundidad, con un sistema de sótanos que convergen a un patio hundido, donde se mantiene una temperatura interior de 28°C todo el año, mientras que en el exterior las temperaturas fluctúan de los 50°C a los 5°C.

Según Patrik Bardou, a 3 m verticalmente en un suelo de tierra media, las temperaturas dejan de estar afectadas por las fluctuaciones de superficie, logrando una variación anual interna de 2°C.

No en balde, los indios de Santa Fe y Nuevo México construyeron sus vivien-

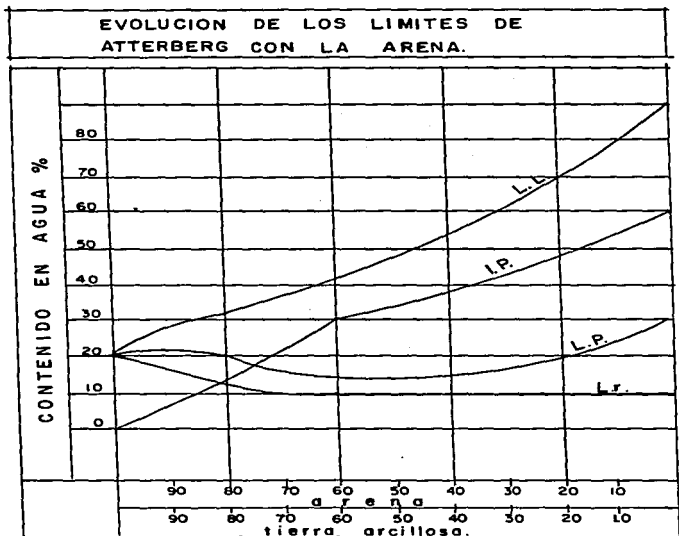


LÁMINA NO. 13.

Observar que a mayor límite líquido, e índice de plasticidad, el diámetro del grano de arena será mayor. El límite plástico sufre los mismos efectos abajo de 50 mm. El suelo arcilloso tiene un elevado índice de plasticidad.

El índice de plasticidad es el que delimita en términos generales el limo y la arcilla, considerándose limo cuando la plasticidad es menor de 10, o arcilla cuando es mayor. La plasticidad en las arcillas puede ser baja, media y alta; las arcillas, a medida que tienen mayor índice de plasticidad, presentan más dificultades en la fabricación del ladrillo crudo procesado; es conveniente mencionar que un buen material es el que tenga el mayor índice de plasticidad sin problemas de agrietamiento, pues esta característica lo hace más resistente a la degradación. Una vez conocidas las características del suelo, se procederá a sus ensayos, considerando que varían las condiciones de humedad y las cantidades y tipos de aditivos que deberán emplearse, a fin de obtener piezas cuyos requisitos físicos cumplan con las especificaciones vigentes para usarse en la construcción. En términos generales, puede decirse que la humedad del suelo debe ser igual o ligeramente mayor a la humedad de la prueba, debido a que en su procesamiento son sometidos a una compresión de 75 kg/cm<sup>2</sup>. Con dicha humedad se obtienen compactaciones mayores que la proctor (104% más). Revista con-esca.

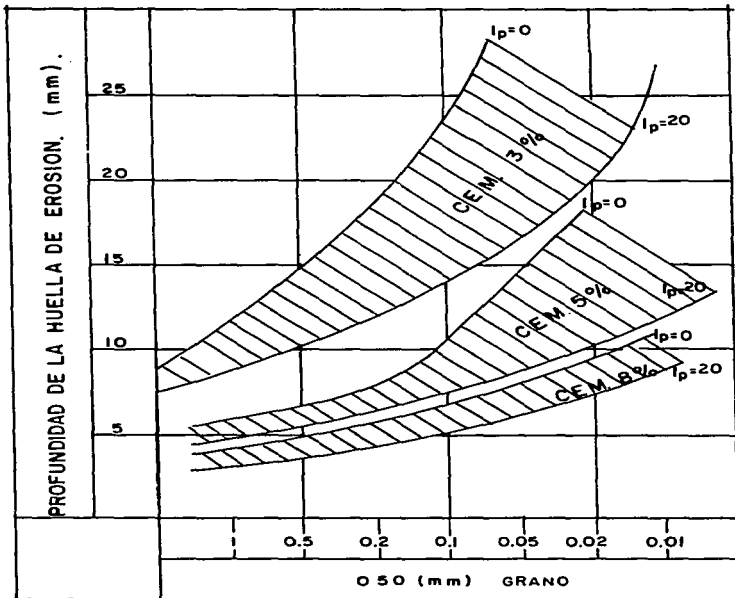


LÁMINA NO. 14.

Cabe observar que a mayor diámetro del grano, la profundidad de la huella de la erosión por agua será menor y se reducirá aún más cuando la mezcla sea consolidada por una proporción mayor de cemento que actúa como estabilizante. (En este ejemplo con proporciones al 3, al 5 y al 8%).

das cavando agujeros y cubriéndolos con tierra. Estos planteamientos no son limitativos de ventanas para vista, iluminación y ventilación adecuados.

Es posible semienterrar una vivienda dejándole todas estas ventajas y logrando además, una adecuada protección a la erosión del viento.

Hay dos casos, el directo y el defasado. El directo deja a la radiación penetrar para calentar directamente la envoltura interior y su aire. El defasado no deja a la radiación solar penetrar, sino que expone un muro o tejado mediante captadores de energía, que después de un tiempo transmiten su calor al interior de la casa. El papel del aislamiento móvil es impedir que la pared emita su calor al exterior.<sup>13</sup>

Estos sistemas se han empleado con eficacia, cambiando las características de las tapias más expuestas mediante muros *Trombe*, a base de tableros de cartón con poliuretano, y, con paredes bidones a base de tambos de 200:1 integrados al muro. Así en un día caluroso de verano (lámina 15) el calor interior es absorbido por los bidones de agua y los muros de tierra, dejando una media de 22°C, sin que sobrepase la temperatura de 24°C.

Cabe aclarar que los bidones están dentro de una estructura enrejada recubierta de tierra, de tal manera que no se sabe que están ahí. La masa de agua de 22 tambos de 200:1 es de 4.2 toneladas o sean 4 200 x cal./°C.

En total para una casa de 79 m<sup>2</sup>, la capacidad térmica es de 26.700 K. cal./°C.

Hay que tener mucho cuidado con el empleo de "arquitectura solar más sofisticada", pues la tubería invade toda la estructura, volviéndose compleja y frágil, por los mismos incrementa sustancialmente el costo del inmueble.

Todo cuerpo extraño expuesto al sol se calienta en función a la naturaleza de la superficie, de su densidad y de su color, y a su vez se enfría emitiendo calor hacia las superficies más frías.

Para calentar la vivienda durante la noche, es necesario almacenar el calor recibido durante el día y así evitar el enfriamiento. Para enfriar, hay que evitar la recepción de la radiación solar y favorecer la emisión de calor hacia el exterior durante la noche.

La construcción de tierra al exponerse al sol, hace que sus paredes y su propia masa constituyan un sistema de captamiento, almacenamiento y resiliencia dejando dos grandes alternativas dentro del criterio general de diseño.

La primera es abrir con vidrieras para que la radiación solar caliente el interior de la habitación, y la segunda es que la radiación sea captada por una pared exterior cuya masa se cargue de calor. En los dos casos, debe evitarse el efecto inverso, o sea la emisión del inmueble hacia el exterior.

Hoy en día la tecnología y los nuevos avances de la arquitectura han logrado que en climas muy malos y extremos, se logre una estabilidad térmica mediante sistemas de aislamiento móvil, que permitan controlar los intercambios entre interior y exterior.

<sup>13</sup> *Arquitecturas de adobe de Patrick Bardou y Varonjan Arzoomanian*, Editorial GI Gill, 1981, Barcelona, España, pp. 80 a 90.

0 0,15 0,60 mts.

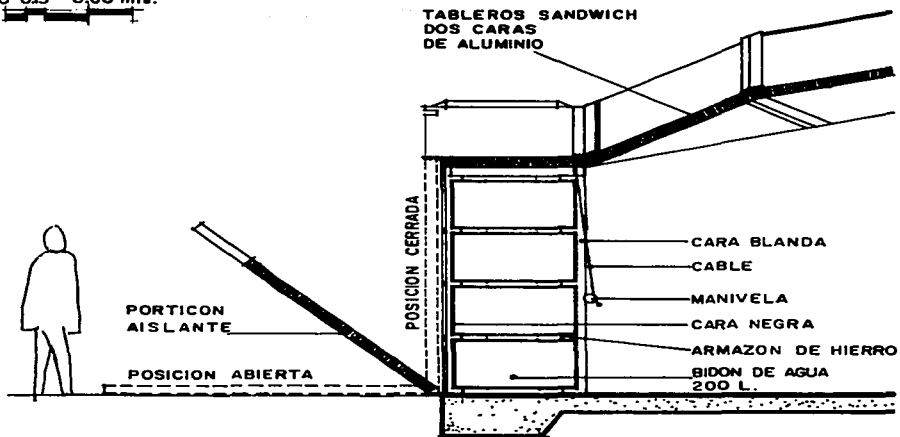


LÁMINA NO. 15.

Corte de casa habitación con división de muro bidón, a base de tambos empotrados para contención de agua y aislante térmico. (Lámina de la p. 100 de *Arquitecturas de adobe, op. cit.*)



Con las nuevas aportaciones de la tierra estabilizada, se logra una mejor densidad del material, así como la reducción de la absorción al agua, lo que logra una regulación del nivel térmico, sin que éste llegue a ser tan bueno como el logrado con elementos muy caros como la fibra de vidrio o el poliestireno. La variación de la capacidad calorífica de un muro de adobe normal a uno de bloques comprimidos es de 0.2 K cal/kg a 0.18 K cal/kg.

También la proporción de un muro de tierra puede variar en un 5% en verano, para un muro de 40 cm de espesor, esto significa una diferencia aproximada de 50 litros de agua: 0.6 termias por litro o 30 termias por metro cuadrado.<sup>14</sup> El proceso de evaporación y condensación puede reducir de un 10 a un 15% las necesidades de calefacción en climas rigurosos. En la página 64 se presentan dos tablas comparativas del comportamiento térmico de dos viviendas construidas con muros de block de concreto y con paredes de tierra sin cocimiento. (Láminas 16 y 17).

En el muro de block de concreto, la temperatura interior varía hasta más de 16°C durante el día, saliendo de los límites requeridos para un confort adecuado; que oscila entre los 20 y 27°C; mientras que la temperatura interior de la vivienda con muros de adobe, se conserva estable durante las 24 horas del día sin tener variaciones mayores a los dos grados, permaneciendo dentro de la zona de confort, a pesar de que las temperaturas extremas están hasta 10°C por abajo o arriba de la temperatura interior de la vivienda.

La empresa Ital Mexicana ha experimentado y obtenido los siguientes coeficientes para con sus productos:

- Coeficiente de transmisión "K" en un muro de tierra estabilizada.

Espesor de Muro	K cal/h m <sup>2</sup>	"C"
20 cm	1.6	1.3 W/M <sup>2</sup>
30 cm	1.2	1.0 W/M <sup>2</sup>
40 cm	1.0	0.8 W/M <sup>2</sup>
50 cm	0.8	0.7 W/M <sup>2</sup>

- Desfasamiento horario para un muro de .40 m, 8-12 hs.

Las características acústicas para un muro de 40 cm son la de amortización de una frecuencia de 500 l = 56 d b.<sup>15</sup>

Cuando se trate de resistencia al viento, se refiere fundamentalmente al impacto que causa éste cuando arrastra diversas partículas como arena y hierbas, por lo que es prudente diseñar las fachadas que tendrán este impacto construyéndolas con blocks prensados o aplanados, para evitar así su deterioro.

<sup>14</sup> Conescal, Nos. 59 y 60, *Tecnología de construcción sin cocer*, diciembre 1982, pp. 26 y 27.

<sup>15</sup> Folleto de presentación para ventas de la Empresa Ital Mexicana, S.A..

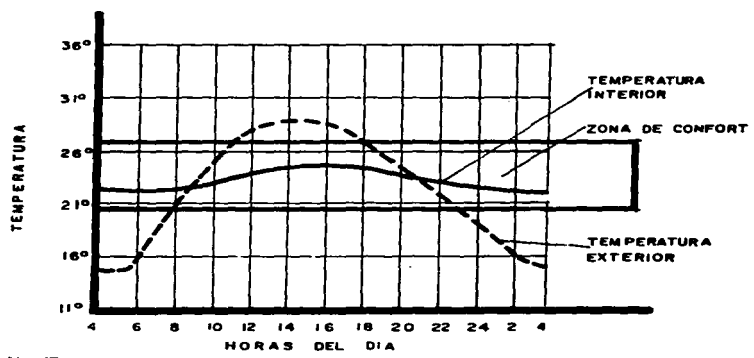
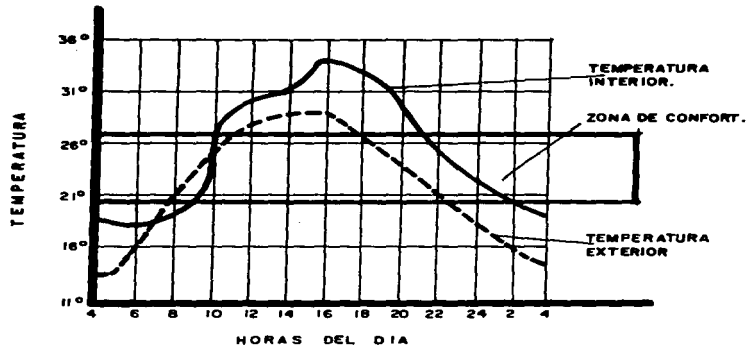


LÁMINA NO. 17.

Vivienda con muros de adobe y techumbre de terrado.

En el pueblo de Atzayanca en el estado de Tlaxcala, se puede apreciar que las fachadas orientadas al este, están siempre dañadas por el anidamiento de los "pipiolos", una especie de avispas que buscan el calor de los muros mayormente expuestos al sol. En consecuencia, los muros recientemente contruidos están rebocados únicamente en las fachadas este, dejando aparentes las restantes. Otra ventaja de la tierra es su fácil moldeo, el cual permite las formas redondas o redondeadas que canalizan más adecuadamente al viento, remembrando varios ejemplos de la arquitectura maya.

Cuando se proyecte un inmueble o un conjunto, también se deberá contemplar la ubicación de la construcción en referencia a otros colindantes, para ayudar a protegerlo de las corrientes y vientos que a su vez causan el impacto de la lluvia sobre los muros carentes de rodapié o aplanado pues contienen un alto porcentaje de sales que ayudan a complementar la dieta de chivos, borregos y vacas.

### III YACIMIENTOS EN MEXICO

#### III-I RESUMEN GEOGRAFICO DE YACIMIENTOS

Este muestreo podrá de una forma contundente demostrar una vez más la aceptación y el uso de la tierra en la construcción.

En este capítulo se enlistan muestreos en todos los estados de la República donde tradicionalmente se viene contruyendo, o apoyando con algún acabado en tierra, la vivienda.

Además de estos sistemas tradicionales hay una gran aportación de muchos monumentos históricos y artísticos que han usado alguno de estos sistemas, los cuales desgraciadamente, no se encuentran en catálogos en el INAH a través de su dirección de Monumentos, ni en la SEDUE o Bellas Artes.

En forma de muestras, se seleccionaron construcciones características de la Arquitectura Prehispánica Colonial y Popular, no sólo para estudiarlas en laboratorio, sino para demostrar brevemente su aplicación a través de la historia mexicana de la construcción.

Es necesario establecer una clasificación a nivel nacional de épocas, tipos y sistemas constructivos, las cuales podrán orientar al futuro constructor o restaurador. Por cuestión de tiempo y definición de esta tesis, sólo se han relacionado brevemente estas necesidades.

En lo que se refiere a las experiencias contemporáneas, ya existen claras muestras de aceptación y éxito en cuanto a la remodelación de más de 1 000 comunidades rurales mediante la organización de la autoconstrucción, donde se probaron ampliamente las facultades del adobe estabilizado en casas de salud, vivienda y nuevas poblaciones.

En la reubicación de centros de población de Durango, Chihuahua y Coahuila, se iniciaron experiencias con la construcción, de más de 5 poblaciones mayores de 400 viviendas cada una, en las cuales se aplicó el programa "aprender haciendo", que demostró las ventajas del adobe estabilizado.<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Sobre el adobe estabilizado se habla con mayor detalle en el capítulo VII-2.

Ante situaciones similares, los gobiernos de estados como Baja California Norte y Sur, Michoacán, Guerrero y Oaxaca, han empezado a implementar experiencias similares que denotan una vez más la urgente necesidad de difundir estos "nuevos" sistemas de construcción.

Para poder determinar una mejor zonificación de los depósitos busqué información en varias fuentes, logrando exclusivamente los dos planos que adelante se ilustran, que corresponden a un recorrido de investigación efectuado por un grupo japonés el cual publicó sus conclusiones en un folleto producto de un simposium en la ciudad de México.

Esta información me fue proporcionada gracias a la atención del Dr. De Pablo del Instituto de Geología de la UNAM.

### **III-2 RESUMEN GEOGRAFICO DE CONSTRUCCIONES COMO COMPROBACION DE YACIMIENTOS**

Según el Censo de Población de 1980, el 36% de la vivienda en México, está construido con base en adobe o tierra comprimidas; el 52% como elementos de concreto y barro cocido y el 12% restante con elementos variados de construcción.

Con variación de sus componentes y su balance, hoy en día es posible la producción de materiales de alta calidad. La proporción idónea será la siguiente tomada en milímetros por elemento:

Arcilla	— de 0.00 mm a 0.005 mm	15%
Limo	— de 0.005 mm a 0.075 mm	32%
Arena	— de 0.075 mm a 0.425 mm	30%
Grava	— de 0.045 mm a 0.600 mm	23%

En México, de acuerdo a las particularidades climáticas y creencias sociales, hay una marcada definición de las características arquitectónicas según la Arq. Natalia Murillo:

- El altiplano
- El desierto
- La costa
- El sureste

*El altiplano*, comprende los estados de Nuevo León, Coahuila, Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato, Michoacán, Querétaro, Hidalgo, Es-





tado de México, Tlaxcala y Puebla. En esta región, el clima predominante es extenso, de altura y con un aspecto semidesértico.

*El desierto*, que está ocupando los estados del norte del país, comprendido por las Californias, Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Durango y parte de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. Es una región de radiación solar muy intensa y con lluvias escasas, siendo en consecuencia la más adecuada para el empleo de sistemas de tierra apisonada.

*La costa*, es la región que incluye los extensos litorales del Pacífico y del Atlántico con climas y poblaciones muy variados, independientemente que se conserva una gran semejanza dentro de los sistemas constructivos.

*El sureste*, comprendiendo los estados de Yucatán, Quintana Roo, Campeche y parte de Chiapas y Oaxaca con climas variados secos, subtropicales y tierras bajas.

Dentro de todos estos climas, y a lo largo de toda la República, podemos encontrar la más variada gama de técnicas, estilos y sistemas, de los cuales no se encontró clasificación alguna en lo referente a edificios. Existen además de la vivienda, variadas construcciones empleando la tierra apisonada.

Dentro de la arquitectura militar hay antecedentes de fortificaciones en los presidios del norte, así como en algunas estructuras prehispánicas.

En la arquitectura religiosa hay empleo de adobe en la pirámide de Cholula, las pirámides de Tula, la mayoría de las misiones de los jesuitas, el norte de México, e iglesias y conventos como las de Huejotzingo, Calpan, Amecameca o Sanctorum.

En la arquitectura civil se encuentran casas y palacios municipales en Tlaxcala, presidios como el Mulegé y garitas como la de San Blas. Haciendas en San Luis Potosí, Zacatecas, Yucatán o Guanajuato.

Refiriéndonos a la vivienda como la más característica y difundida dentro de las arquitecturas con tierra, podemos hablar de Tlayacapan, Morelos; Silao, Guanajuato; Atonilco, Jalisco; Aguascalientes; San Martín, Puebla; Sombrerete, Zacatecas y Yecapixtla, Morelos.

Como se podrá apreciar, la lista sería interminable y muy laboriosa para su identificación y clasificación, pero se podrá afirmar que ese 90% de recursos nacionales está repartido en alguna de sus manifestaciones a lo largo de toda la República, para lo cual clasifico a continuación el empleo más característico que cada estado de la República le da a la tierra.



E S T A D O	T	E	C	N	I	C	A	S
	1	2	3	4	5	6	7	
AGUASCALIENTES	X					X		
BAJA CALIFORNIA	X	X	X	X				
COAHUILA	X	X	X	X				
COLIMA	X	X	X	X				
CHIAPAS	X	X		X		X		
CAMPECHE	X		X	X				
CHIHUAHUA	X	X	X		X			
DURANGO	X	X	X	X	X			
GUANAHUATO		X	X	X				
GUERRERO	X	X		X		X		
HIDALGO	X	X	X					X
JALISCO	X	X	X	X				
EDO. DE MEXICO	X	X	X	X				X
MICHOACAN	X	X	X	X				
MORELOS	X	X	X	X				

1. Barro y lodo como aglutinante.
2. Adobe en muros.
3. Tabique en muros.
4. Teja.

5. Tapial.
6. Ladrillo.
7. Bloques de tepetate.

E S T A D O	T	E	C	N	I	C	A	S
	1	2	3	4	5	6	7	
NAYARIT	X	X	X	X				
NUEVO LEON	X	X	X	X	X			
OAXACA	X	X	X	X				
PUEBLA	X	X	X	X	X			
QUERETARO	X	X	X	X				X
QUINTANA ROO								
SAN LUIS POTOSI	X	X	X	X				
SINALOA	X	X	X	X				
SONORA	X	X	X	X	X			
TAMAULIPAS	X	X	X	X				
TABASCO	X		X	X				
TLAXCALA	X	X	X	X	X			
VERACRUZ	X	X	X	X	X			
YUCATAN	X		X					
ZACATECAS	X	X	X	X				

1. Barro y lodo como aglutinante.
2. Adobe en muros.
3. Tabique en muros.
4. Teja.

5. Tapial.
6. Ladrillo.
7. Bloques de tepetate.

Como se podrá comprobar, el uso del adobe o del tapial están difundidos en toda la República, a excepción de Tabasco, Yucatán, Campeche y Quintana Roo; sin que éstos queden excluidos de la posibilidad de recurrir a la tierra estabilizada tomando en cuenta los recursos modernos, los cuales hacen posible su empleo en toda la República Mexicana.<sup>17</sup>

### III-3 RESUMEN GEOGRAFICO DE CENTROS ALFAREROS COMO PRUEBA COMPLEMENTARIA DE YACIMIENTOS Y SISTEMAS DE APOYO A LA CONSTRUCCION CON TIERRAS

Intimamente ligada a la necesidad primordial de la vida cotidiana, la cerámica es la actividad artesanal más difundida en México, por lo que considero necesario mencionar la localización y las técnicas de esta actividad, como una prueba más de la ubicación de adecuados yacimientos de arcillas que también se podrá emplear en la construcción en general.

Los ceramistas emplean el modelado a mano; la técnica del molde con patrones de barro cocido o yeso y por último el torneado que, después de secarlos a la sombra y cubrirlos con lienzos húmedos y hoja de plástico, para evitar que el aire los reviente, logra que se "oreen" para poder secarlos al sol y estar entonces en disponibilidad de hornearlos.

En estos hornos de adobe o ladrillo, se efectúa la cocción entre los 600 y 900 grados centígrados. El combustible empleado suele ser petróleo, gas o leña, según la localización y recursos del artesano.<sup>18</sup>

Cabe mencionar que el barro que se emplea, suele ser "molido" en metales o molinos de bolas para obtener así una muestra que pueda tamizarse para quitarle piedras e impurezas que permitan el agregado posterior de agua, para formar una masa moldeable.

#### TIPOS DE LOZA PRODUCIDOS POR ENTIDADES

*Estado de Aguascalientes.* Cerámica vidriada: Aguascalientes; mayólica, loza blanca o talavera: Aguascalientes.

*Estado de Campeche.* Cerámica de una cochura: Tepacan.

*Estado de Chiapas.* Cerámica policromada: San Cristóbal de las Casas (Barrio de Guadalupe); cerámica de una cochura: Amatenango del Valle, Comitán de las Flores, Colonia El Modelo, San Juan Chamula; cerámica vidriada: San Cristóbal de las Casas, San Juan Chamula.

<sup>17</sup> Natalia Murillo, *Las arquitecturas de tierra*, INAH, SEP, México 1975, págs. 78 a 88.

<sup>18</sup> Apuntes del autor tomados de la materia cursada en la Facultad de Química con la Dra. Graciela Pacheco. Vale agregar que dentro de esta industria están los accesorios de la construcción como losetas, tejas, colositas, azulejos, accesorios y muebles de baño, etcétera.

*Estado de Guanajuato.* Cerámica vidriada: Acámbaro, San Miguel Allende, San Luis de la Paz, Dolores Hidalgo, ciudad de Guanajuato, San Felipe Torres Mochas, Aldama; cerámica de una cochura: Salvatierra, San Diego de la Unión, Silao, San Agustín Coroneo, Niutla, Flores de Begoña; mayólica, loza blanca o talavera: Dolores Hidalgo, ciudad de Guanajuato.

*Estado de Guerrero.* Cerámica policromada y barnizada: Acatlán; cerámica de una cochura: Tecpan de Galeana, Coacoyul, El Zarquito, Ajuchitlán, Acapulahuaya, Magdalena, Tlilingueo, Tellooapan, Zumpango, Ameyaltepec, Tulliman, San Agustín de las Flores, Tixtla, Atzacotalaya, Chaucingo, Zacualpan, Tlaxcahuacan, San Marcos, San Cristóbal, Ometepec; cerámica vidriada: Ayahualco, Chilapa.

*Estado de Hidalgo.* Cerámica de una cochura: Xhapantingo, Chililico, San Pedro de las Ollas; cerámica vidriada: Tulancingo.

*Estado de Jalisco.* Cerámica policromada: Tlaquepaque, Salatiám; cerámica policromada y barnizada: Santa Cruz de las Huertas, Tonalá; cerámica bruñida o pulida: Tonalá, El Rosario, Tateposco; cerámica vidriada: Tlaquepaque, Tonalá, Santa Cruz de las Huertas; cerámica de una cochura: Tonalá, Tateposco; cerámica de alta temperatura: Tonalá.

*Estado de México.* Cerámica policromada: Metepec; cerámica de una cochura: El Arenal; cerámica vidriada: Metepec, Santa Cruz de Arriba, Tecomatepec, El Oro, Tlalpujahua, Valle de Bravo, Tejaquic, San Sebastián, Teotihuacán, Zona Mazahua, Temascalcingo.

*Estado de Michoacán.* Cerámica policromada: Ocumicho; cerámica de una cochura: Cocucho, Zapicho, Comanja, Zináparo; cerámica bruñida o pulida: Tzintzuntzan, Patambán, Huansito; cerámica vidriada: Capula, Santa Fe de la Laguna, Tzintzuntzan, Zinapécuaro, Patambán, Huansito, San José de Gracia, Villa Morelos.

*Estado de Morelos.* Cerámica bruñida o pulida: Cuernavaca; cerámica vidriada: Tlayacapan.

*Estado de Oaxaca.* Cerámica policromada: Ocotlán de Morelos, Jamiltepec, Juchitán; cerámica de una cochura: Ixtaltepec, San Blas Atempo, Río Blanco, Tonaltepec, Tehuantepec, Tabeo, Zona Mixe, Mixteca Alta; mayólica, loza blanca o talavera: ciudad de Oaxaca.

*Estado de Puebla.* Cerámica policromada: Acatlán, Huaquechula, Amozoc, ciudad de Puebla; cerámica policromada y barnizada: Altepeji, Los Reyes Mezontla, Acatlán; cerámica de una cochura: Santa Cruz Zautla, Acatlán, Tehuiztango; cerámica vidriada: ciudad de Puebla, San Miguel Tenextatiloyan, Chignahuapan, Santa María Texmelucan, San Marcos; mayólica, loza blanca o talavera: ciudad de Puebla.

*Estado de Querétaro.* Cerámica de una cochura: Amealco.

*Estado de San Luis Potosí.* Cerámica vidriada: San Luis Potosí; mayólica, loza blanca o talavera: Venado.

*Estado de Tlaxcala.* Cerámica de una cochura: Ocotlán.

*Estado de Veracruz.* Cerámica de una cochura: Santa María Tlatica, San Francisco Tenampa.

*Estado de Yucatán. Cerámica de una cochura: Tikul.*  
*Estado de Zacatecas. Cerámica vidriada: Jerez.*

Conforme se avanza hacia el norte, la alfarería se vuelve cada vez más escasa, hasta el estado de Jalisco, como hemos visto, todavía son cuantiosas las muestras de alfarería, pero en San Luis Potosí, Aguascalientes y Zacatecas, los alfareros casi han desaparecido. Se tienen noticias de que en Aguascalientes se está rescatando la loza blanca de tipo mayólica, semejante a la de Guanajuato, que se producía aquí hace años; y se sabe que existen alfareros en Zacatecas, pero la producción de estos lugares no tiene ninguna significación en el panorama artesanal de México porque sus productos son únicamente de consumo local y sus formas y decorados muy elementales.

## **IV MUESTREOS, ANALISIS Y CONTROL**

### **IV-1 SELECCION Y TOMA DE MUESTRAS**

Se seleccionaron diversos monumentos y construcciones para tomar muestras de adobe o tapias, tratando de abarcar tres épocas determinadas: Prehispánica, Colonial y Popular y Contemporánea.

Como prehispánicas se seleccionaron las pirámides de Cholula, Puebla y Tula, Hidalgo.

Para pruebas de la época colonial se tomaron las del ex convento de Huejotzingo (siglo xvi) en el estado de Puebla; también en este estado se muestrearon las tapias anexas al ex convento de Calpan (siglo xvii). En el estado de Hidalgo se tomó como modelo uno de los muros de adobe que se usaron para cimbrar los arcos del acueducto de Cempoala (siglo xvi). También de la época colonial pero del siglo xviii, son los tipos tomados de bardas del panteón de Sanctorum.

Finalmente como tipos de arquitectura contemporánea se tomaron modelos de viviendas en: Tula, Hidalgo; Cempoala, Hidalgo, y Cuajimalpa, D.F. Para cuando sólo se tenga el terreno donde se va a producir el estabilizado y/o prensado del material bastará con tomar muestras en niveles inferiores a la tierra vegetal (10 cm) para proceder a las pruebas de campo y de laboratorio.

El objetivo del experimento fue investigar en laboratorio, mediante equipo y metodología determinados, los componentes de las muestras así como concluir sobre su comportamiento, dejando este sistema para analizar la tierra en desarrollos de magnitud media o mayor. Se realizaron pruebas químicas con el objeto de conocer la composición mineralógica. El procedimiento físico se estudia en las experiencias por otras empresas y arquitectos. En el capítulo IV-2 se detallan, con mayor detenimiento . . .

### **IV-2 PRUEBAS DE CAMPO, FISICAS Y QUIMICAS**

Como una prueba preliminar y para construcciones pequeñas, bastará trabajar con las pruebas de campo que a continuación se relacionan y que resu-

men la cartilla publicada por el CONESCAL AC, en 1983.<sup>10</sup> Para poder realizar estas pruebas se requerirá la herramienta que a continuación se menciona:

- Una caja de madera para guardar herramientas de 40 cm x 60 cm x 10 cm.
  - Un martillo ladrillero para tomar muestras de tierra y desmontar material.
  - Una cuchara de albañil para elaborar mezclas.
  - Un recipiente para almacenar agua (una botella).
  - Un recipiente para contener petróleo o diesel para limpiar las herramientas de trabajo.
  - Un recipiente para guardar sal.
  - Dos botellas para efectuar la prueba de sedimentación (de ser posible graduadas).
  - Dos marcos de madera de 10 cm x 10 x 2 cm (medidas interiores) para elaborar placas para pruebas de goteo.
  - Dos cajas de madera o metálicas de 10 cm x 2 cm (medidas interiores) para realizar la prueba de contracción lineal.
  - Dos recipientes, de preferencia cilíndricos, para efectuar la prueba de contracción volumétrica y la prueba de Vicat.
  - Un recipiente tipo bandeja para hacer las mezclas.
  - Un cilindro de 10 cm de altura por 5 cm de diámetro, incluyendo su pistón para elaborar cilindros para pruebas a la compresión.
  - Una espátula de 3 cm de ancho.
  - Una espátula de 10 cm de ancho.
  - Trapo, esponjas o estopa para la limpieza de herramientas.
  - Una cinta metálica de medir o flexómetro.
  - Adicionalmente en el lugar en que se efectúen las pruebas se deberá contar con mecates o cordeles y dos vigas para efectuar la prueba de resistencia a la compresión.
- a) **PRUEBA DEL OLOR:** Se usa para detectar la posible existencia de materia orgánica, tomando una muestra de material húmedo para poder encontrar materia orgánica que desprende un olor a moho.
- b) **PRUEBA DE LA MORDEDURA:** Se toma un poco de material para ser prensado entre los dientes. Si no rechina es arcilloso; si rechina ligeramente es limoso; si rechina fuertemente, es arenoso.
- c) **PRUEBA DEL COLOR:** Tomando material en estado seco, se humedece y se observa clasificándolo dentro de los posibles grupos.

**C1** Colores castaño oscuro, verde olivo o negro, son características de suelos orgánicos.

**C2** Blancos y grises suelen contener coral, calizos o yeso y son fácilmente erosionables.

<sup>10</sup> Para obras de mayor envergadura se deberán efectuar, además, pruebas físicas y químicas de laboratorio.

- C3** Grises claros, contienen limos y carbonatos o ambos de calcio y son de débil cohesión.
- C4** Amarillos y ocreos, contienen hidratos de carbono y suelen ser recomendables.
- C5** Rojos a castaño oscuro contienen óxido de fierro y son de buena calidad.
- d) **PRUEBA DEL TACTO:** Se toma la muestra en la mano y con el dedo índice se desmorona detectando la presencia de limos, arenas y arcillas.
- e) **PRUEBA DEL BRILLO:** Desmoronada la muestra, se mezcla con agua hasta formar una bola compacta de 5 cm de diámetro aproximadamente. Posteriormente se corra para observar las superficies. Cuando son brillantes, se trata de arcillas; de limos cuando son poco radianes y de arenas cuando son opacas.
- f) **PRUEBA DE SEDIMENTACION:** Se muele la muestra y se coloca en una botella con igual volumen de agua. Se agita y se deja reposar hasta dejar el agua clara. Las arenas se irán al fondo por ser las más densas; luego los limos y hasta arriba las arcillas. Posteriormente se miden los espesores y consecuentemente los porcentajes de la muestra. (Ver con más detalle el capítulo IV-1).
- g) **PRUEBA DE LA CINTILLA:** De 20 cm de longitud y 2 cm de diámetro se observa para su rotura. Si resiste a 15 cm o más, es arcilla y habrá que agregarle arena. Si se quiebra entre 5 y 15 cm deberá estabilizarse con cemento debido a su exceso en contenido arenoso. (Ver capítulo V).
- h) **PRUEBA DEL LIMITE LIQUIDO O CONTENIDO DE HUMEDAD:** Se agrega al ras de un recipiente una muestra maleable sobre la que se apoya sin más presión que la de su peso, una varilla recta de 3/8" de 50 cm de longitud. Cuando penetre 2 cm estará en su límite líquido, debiéndose agregar tierra o agua en caso de que las perforaciones sean diferentes.
- i) **PRUEBA DE BOLA:** Se moldea una muestra de 9:1 en tierra-cemento en forma de bola de 5 cm de diámetro, y se deja caer libremente de 1.20 m de altura. Si al caer se dispersa en partículas pequeñas, le falta agua. Si se aplasta y no se desbarata, tiene exceso de agua. Si se desmorona en trozos grandes, el material es apropiado para adobe compactado.
- j) **PRUEBA DEL LAVADO:** Si al lavarse las manos, éstas se sienten jabonosas y presentan dificultad a una rápida limpieza, se trata de arcillas; si por el contrario, las manos se limpian fácilmente, se trata de limos o arenas.
- k) **PRUEBA DE CONTRACCION LINEAL:** Después de obtener el límite líquido en una muestra, se lleva un molde previamente mojado de 2x2x10 cm, una vez seco, se mide su contracción en relación al molde.
- l) **PRUEBA DE CONTRACCION VOLUMETRICA:** Después de obtener el límite líquido en una muestra, se llena un molde cilíndrico de 0.02 m<sup>3</sup> aproximadamente. Se deja secar y se mide la variación existente entre las dimensiones del recipiente y las de la pieza, obteniendo así el porcentaje de contracción volumétrica.



- m) **PRUEBA DE LA DUREZA:** De una muestra bien amasada se fabrica una planchilla de 5 cm de diámetro y 2 cm de espesor que después de dejarla secar, se trata de romper sólo con 3 dedos para sensibilizar su resistencia.
- n) **PRUEBA DE PERMEABILIDAD:** Una prueba seca previamente de un molde de 10x10x2 cm, se coloca en el piso dejándole caer de 50 a 60 gotas por minuto desde una altura de 2.5 m durante 3 horas. Si la placa resiste, el material se considera adecuado y resistente al intemperismo. (Ver II-3).
- o) **PRUEBA DE AGRIETAMIENTO:** Del molde utilizado para la contracción lineal (10x2x2 cm) se obtiene una muestra para observar los agrietamientos. Si éstos son excesivos, el contenido de arcillas es elevado, y se deberá agregar arena. Para aplicar estas pruebas de selección de tierra se presenta, en las láminas 20, 21 y 22, un formato y 2 ejemplos aplicados de la misma cartilla del CONESCAL.

### PRUEBAS DE COMPRESION

Con la finalidad de determinar la resistencia a las cargas verticales se colocan muestras moldeables a su límite líquido en 5 cilindros de 10 cm de diámetro por 5 cm de altura. Para el adobe tradicional sólo se llenará a mano, mientras que para uno estabilizado se deberán prensar los cilindros que se secarán al aire y al sol el tiempo que sea preciso. Los cilindros estabilizados con cemento, deberán curarse por 3 días y secarse al aire y al sol el tiempo necesario. Completamente secos los cilindros, se realizan las pruebas de carga atando en un extremo 2 vigas de 3 m c/u a 1.00 m del amarre colocando el cilindro. (Ver lámina 21).

<sup>20</sup> Posteriormente, una persona de peso definido, caminará sobre la viga superior desde el amarre, hasta el otro extremo para determinar la longitud 2X que será en el punto donde se rompa la muestra y se medirá desde el amarre. Mediante la fórmula  $R_c = P/A$  se calculará la resistencia a la compresión medida en  $\text{kg/cm}^2$  en donde  $P = W (X_2/X_1)$  despejando:

- P = Fuerza actuando sobre el cilindro  
 W = Peso de la persona sobre la viga  
 $X_1$  = Distancia del amarre al cilindro  
 $X_2$  = Distancia del amarre a la posición de la persona en el momento de la falla  
 A = Área de la cara del cilindro en contacto con la viga

Para aplicar estas pruebas de compresión de tierra, se presenta un formato y ejemplos de la misma cartilla del CONESCAL.

<sup>20</sup> Para garantizar el área de contacto del cilindro con las vigas, colocar en la parte superior, cuñas de tela para distribuir mejor la carga.

## PRUEBAS PARA SELECCION DE TIERRA

PROYECTO: CASA - HABITACION		
UBICACION: CUAJIMALPA; MEXICO D.F.		
MUESTRA :		A.
UBICACION DEL BANCO :		CASA-HABITACION ARTEAGA Y SALAZAR.
FECHA DE ELABORACION:		25 DE AGOSTO DE 1987
1	OLOR	SIN OLOR
2	MORDEDURA	RECHILA UN POCO
3	COLOR (SECO)	ROJO - OCRE
4	TACTO	NO MUY RIGIDA
5	BRILLO	POCO BRILLO.
6	SEDIMENTACION	ARENA
		LIMO
		ARCILLA
7	CINTILLA	SE ROMPE A LOS 17 CMS.
8	CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD	PRUEBA DE VIGAS.
9	LAVADO DE MANOS	PEGAJOSA Y DIFICIL DE QUITAR.
10	CONTRACCION LINEAL	5%
11	CONTRACCION VOLUMETRICA	15%
12	DUREZA (PASTILLA)	NO SE ROMPE
13	PERMEABILIDAD (GOTEO)	UNA GOTA / MIN.
14	AGRIETAMIENTO	NO HUBO AGRIETAMIENTO
OBSERVACIONES : SE RECOMIENDA ESTA TIERRA PARA LA FABRICACION DE ADOBE TRADICIONAL		

LÁMINA No. 20.

Prueba para selección de tierra.

CONTROL DE PRODUCCION **PRUEBA A LA COMPRESION**

PROYECTO: CASA - HABITACION						
UBICACION: COAJIMALPA, MEXICO D.F.						
MUESTRA	A					
FECHA DE ELABORACION	16 OCTUBRE DE 1987.					
FECHA DE PRUEBA	12 NOVIEMBRE DE 1987					
TIEMPO DE FRAGUADO	A <sub>1</sub>	29 DIAS. A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>		
DISTANCIA X <sub>1</sub>	1.00	1.00	1.00	1.00		
DISTANCIA X <sub>2</sub>	1.00	1.45	1.22	1.47		
CARGA APLICADA W =	48 K <sub>g</sub>	48 K <sub>g</sub>	48 K <sub>g</sub>	48 K <sub>g</sub>		
PESO SOBRE LA MUESTRA P =	48 K <sub>g</sub>	69.06 <sup>5</sup>	56.20 <sub>g</sub>	67.51 <sub>g</sub>		
AREA DE LA MUESTRA A =	4.71CM <sup>2</sup>	4.96CM <sup>2</sup>	4.96CM <sup>2</sup>	4.96CM <sup>2</sup>		
RESISTENCIA :	R =	9.16	14.33	11.94	14.43	K <sub>g</sub> /CM <sup>2</sup>
OBSERVACIONES: CON UN PROMEDIO DE 12.4 K <sub>g</sub> /CM <sup>2</sup> .						
<p style="text-align: center;">CILINDRO DE PRUEBA</p> <p style="text-align: center;"> <math>P = W \frac{x_2}{x_1}</math> <math>R C = \frac{P}{A}</math> </p> <p style="text-align: center;">SE RECOMIENDA X1 = 1 m.</p>						

LÁMINA No. 21.

Prueba a la compresión.

## PRUEBA A LA FLEXION

PROYECTO: CASA-HABITACION.						
UBICACION: CAJIMALPA; MEXICO D.F.						
MUESTRA:		TIERRA <sup>2</sup> COCS LAPE.				
FECHA DE ELABORACION:		6-AUGUSTO DE 1987.				
FECHA DE PRUEBA:		27-SEPTIEMBRE DE 1987.				
PROPORCIONAMIENTO	TIERRA:	11	11	11	11	PALAS
	ESTABILIZANTE:	1	1	1	1	PALAS
	AGUA:	7	7	7	7	LITROS.
CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD:		PRUEBA DE LA BOLA.				
DIMENSIONES DEL ADOBE:		10x 20x 40 CM.				
SEPARACION DE APOYOS		30 CENTIMETROS.				
PESO		60kg	84kg	97kg	112kg	
TIEMPO		1 MINUTO.				
RESULTADO		NO SE ROMPIERON.				
OBSERVACIONES:						

## **PRUEBA DE FLEXION**

Se coloca una pieza de adobe sobre dos más dejando un claro de 30 cm para poder colocar una carga determinada hasta conocer su resistencia antes de romperse.

Para aplicar estas pruebas de flexión de tierra, se presenta un formato y 2 ejemplos aplicados de la misma cartilla del CONESCAL.

## **IV-2 PRUEBAS DE LABORATORIO**

Habiendo recopilado estos muestreos que fueron autorizados por el Instituto Nacional de Antropología e Historia, se procedió a la molienda de tomas parciales para poder montarlas en lámina delgada de vidrio de la cual se hicieron observaciones al microscopio electrónico en la Facultad de Ingeniería de la UNAM y posteriormente se fotografiaron en transparencias usando luz natural y luz transmitida, para llegar a las siguientes conclusiones:

### **TRANSPARENCIAS TOMADAS AL MICROSCOPIO EN FORMACIONES DE LAMINA DELGADA**

#### **I. Siglo x. PIRAMIDE DE TULA, ESTADO DE HIDALGO (Ver láminas 23, 24, 25)**

- 1.1 Transparencia No. 32, luz natural 4X. Se observó un cementante mixto a base de partículas calcáreas y de carbonatos.
- 1.2 Transparencia No. 33, luz transmitida 4X. Se confirmó la información de la No. 32 y además se observaron partículas de óxido de fierro y calcita. (Los carbonatos midieron un promedio 83x83 m y el cristal de cuarzo 165x165 m).
- 1.3 Transparencia No. 34, luz natural 10X. Se observaron cristales en forma de fibra (midió 750x166 m).

#### **II. Siglo xii. PIRAMIDE DE CHOLULA (5a. EPOCA), ESTADO DE PUEBLA**

- II.1 Transparencia No. 23, luz natural 4X. Se observó un conjunto en cementante de óxido de fierro. Existencia probable de olivinos.
- II.2 Transparencia No. 24, luz transmitida 4X. Se observaron partículas de calcita y un fósil recubierto también de calcita. (El fósil midió 208x208 m).
- II.3 Transparencia No. 25, luz natural 10X. Se observó un cementante de óxido de fierro y un fósil calcificado. (Cristales de cuarzo promedio midieron 208x208 m).

**III. Siglo xvi. EX CONVENTO DE HUEJOTZINGO, PUEBLA (muros del huerto)**

- III.1 *Transparencia No. 7, luz natural 4X. Se observó un conjunto en cementante de óxido de hierro con partículas de materia orgánica.*
- III.2 *Transparencia No. 8, luz transmitida 4X. Se observaron partículas de cuarzo descompuestas a la luz, con partículas de materia orgánica.*
- III.3 *Transparencia No. 9, luz natural 10X. Se observaron partículas de carbonato de calcio como cementante complementario. (Las partículas de cuarzo midieron 208x208 m en promedio).*
- III.4 *Transparencia No. 10, luz transmitida 10X. Se confirmó la información de la transferencia No. 9. (Las partículas de carbonato de calcio midieron en promedio 250x250 m).*

**IV. Siglo xvi. CIMBRA MUERTA DE LOS ACUEDUCTOS DE CEMPOALA EN EL ESTADO DE HIDALGO**

- IV.1 *Transparencia No. 26, luz natural 4X. Se observó un conjunto en cementante de óxido de hierro ( $Fe_2 O_3$ ) con cristales de cuarzo, materia orgánica y residuos de olivino.*
- IV.2 *Transparencia No. 27, luz transmitida 4X. Se observaron partículas de cuarzo, calcia y óxido de hierro. (Apariencia granate). (El olivino midió 208x208 m).*
- IV.3 *Transparencia No. 28, luz natural 10X. Se confirmó la información de la transparencia No. 27. (El cuarzo en cristales midió en promedio 375 x 375 m).*

**V. Siglo xvii. BARDAS (TAPIAS) ANEXAS AL EX CONVENTO DE CALPAN, ESTADO DE PUEBLA**

- V.1 *Transparencia No. 3, luz natural 4X. Se observó una base cementante de carbonatos con partículas de cristales de cuarzo y óxido de hierro (algunos de apariencia granate) presencia de materia orgánica y posible fósil. También existen pequeños cristales laminares transparentes.*
- V.2 *Transparencia No. 4, luz transmitida 4X. Se comprueba la información anterior y se ve que la cementación tiene formaciones de pequeñas partículas de cristales de cuarzo (azules).*
- V.3 *Transparencia No. 5, luz natural 10X. Se observan más delimitadas las caras de los cristales. Los carbonatos midieron en promedio 250x250 m.*
- V.4 *Transparencia No. 6, luz transmitida 10X. Se perfilan las caras de los cristales con la descomposición de la luz. Los cristales de cuarzo midieron en promedio 290x290 m.*

**VI. Siglo xviii. BARDAS DE PANTEON SANCTORUM, EN MEXICO, D. F.**

- VI.1 *Transparencia No. 11, se observó un cementante mixto con luz natural 4X. Residuos (verdes) de cristales de feldespatos (olivino) y óxido de fierro.*
- VI.2 *Transparencia No. 12, luz transmitida 4X. Se confirmó la información de la transparencia No. 11.*
- VI.3 *Transparencia No. 13, luz natural 10X. Se observaron partículas de ópalo (el oliuino) mayor midió 375x83 m).*
- VI.4 *Transparencia No. 14, luz transmitida 10X. Se confirmó la información de la transparencia No. 13. (Los cristales de cuarzo midieron en promedio 250x250 m).*

**VII. Siglo xix. TULA, ESTADO DE HIDALGO, MUESTRA RECIENTE TOMADA AL NORTE**

- VII.1 *Transparencia No. 15, luz natural 4X. Se observó cementante de material calcáreo con reminiscencias de óxido de fierro.*
- VII.2 *Transparencia No. 16, luz transmitida 4X. Se observaron los cristales de cuarzo y algunas partículas de óxido de fierro.*
- VII.3 *Transparencia No. 17, luz natural 10X. Se confirmó la información de la transparencia anterior (las partículas de óxido de fierro midieron en promedio 125x125 m).*
- VII.4 *Transparencia No. 18, luz transmitida; se confirma la información de las transparencias anteriores. (Los cristales de cuarzo midieron en promedio 166x166 m).*

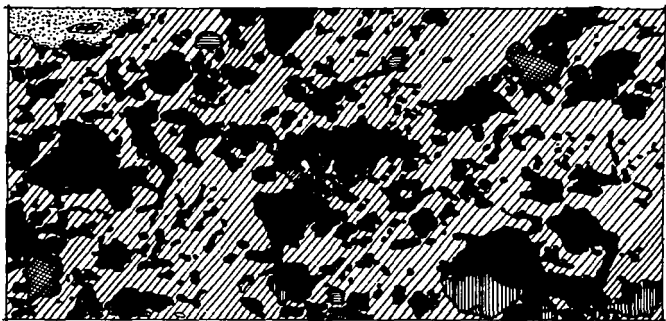
**VIII. Siglo xx. TULA, ESTADO DE HIDALGO. MUESTRA RECIENTE TOMADA AL SUR DEL CONJUNTO PREHISPANICO**

- VIII.1 *Transparencia No. 19, luz natural 4X. Se observó un cementante calcáreo con partículas de óxido de fierro y de tipo granítico (muy fino).*
- VIII.2 *Transparencia No. 20, luz transmitida 4X. Se confirma la anterior. Hay un exceso de reflexión por los microcristales de cuarzo.*
- VIII.3 *Transparencia No. 21, luz natural 10X. Se confirma lo anterior. (Las partículas de óxido de fierro midieron en promedio 83x83 m).*
- VIII.4 *Transparencia No. 22, luz transmitida 10X. Se confirma lo anterior. (El cristal de cuarzo midió en promedio 60x60 m).*

**IX. Siglo xx. CEMPOALA, ESTADO DE HIDALGO. MUESTRA TOMADA EN EL COSTADO PONIENTE DE LA CAÑADA Y ZONA SUR DE LOS ACUEDUCTOS**

- IX.1 *Transparencia No. 00, luz natural 4X. Conjunto cementante de sílice con restos orgánicos y algunos cristales de cuarzo.*

**PIRAMIDE DE TULA  
LUZ NATURAL 4X**



**CALCITA**



**ARCILLA .**



**MATERIA ORGANICA .**



**OXIDO DE FIERRO**



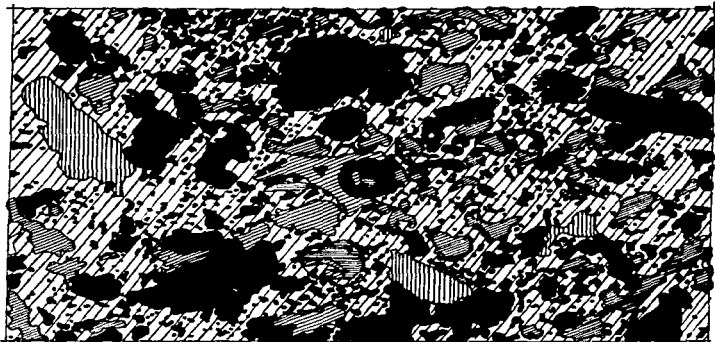
**CRISTALES DE CUARZO .**



**RESIDUO DE PAJA**



PIRÁMIDE DE TULA  
LUZ TRANSMITIDA 4X



CALCITA



ARCILLA



RESIDUO DE PAJA



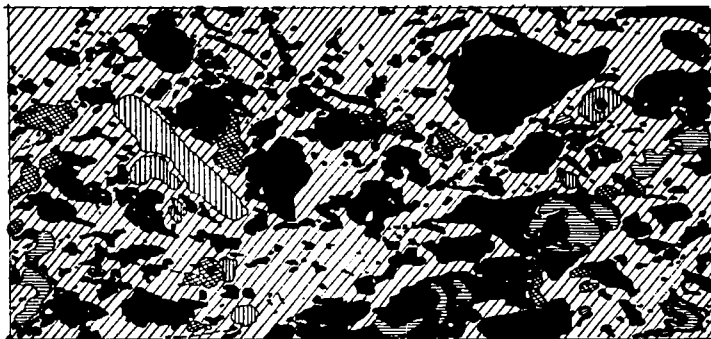
CUARZO



OXIDO DE FIERRO.

LÁMINA NO. 24.

**PIRAMIDE DE TULA  
LUZ NATURAL 10X**



**CALCITA**



**ARCILLA.**



**RESIDUO DE PAJA .**



**MATERIA ORGANICA.**



**OXIDO DE FIERRO**

- IX.2 *Transparencia No. 0, luz transmitida 4X. Se verificó la información anterior.*
- IX.3 *Transparencia No. 1, luz natural 10X. Se observaron residuos orgánicos y material fino de color café (óxido de hierro) con partículas de cristales de cuarzo. (208x208 m).*
- IX.4 *Transparencia No. 2, luz transmitida 10X. Se confirmó la información anterior.*

**X. Siglo xx. CUAJIMALPA, D.F., MUESTRA TOMADA EN UNA VIVIENDA EN EL DESIERTO DE LOS LEONES**

- X.1 *Transparencia No. 29, luz natural 4X. Se observó una base cementante de carbonatos con pequeñas partículas de óxido de hierro de apariencia granítica.*
- X.2 *Transparencia No. 30, luz transmitida 4X. Se confirma la información de la toma anterior.*
- X.3 *Transparencia No. 31, luz natural 10X. Se confirma la información anterior. Los carbonatos midieron en promedio 625x625 m).*

En la observación en el microscopio se lograron ver ampliaciones de 400 y 1 000 aumentos de su tamaño natural precisando los componentes en lámina delgada, como cristales de cuarzo, calcitas, carbonatos, etcétera.

El objetivo de exponer la muestra a la luz natural y luz transmitida, es detectar sus contenidos ante las diferentes reacciones frente a ellas. Ver fotos anexas amplificadas para mayor claridad.

Como paso siguiente, se molieron pequeñas muestras con mortero y pistilo de ágata para exponerlas en un difractor de Rayos X (Marca Phillips Mod. 1050/25) con un tubo de cobre con longitud de onda igual a 1.5405, todo esto dentro del laboratorio de Rayos X de la Facultad de Química de la UNAM.

Con el método de difracción de Rayos X se obtuvieron láminas que adelante se anexan, de las que se obtuvieron diversos valores que se aplicarán a los cuadros de espaciamiento contra el doble del ángulo. El intervalo angular fue de 2 O 2° a 20 — 65°.

Tomando valores de las tres reflexiones mayores se cotejaron en el archivo del P D F (Powder Diffraction File) compilado por el *International Centre of Diffraction Data*, para así estimar y cotejar el contenido de la muestra con la interpretación efectuada en las tomas al microscopio. Los difractogramas de las muestras analizadas se presentan en las láminas 26 a la 35.

Las reflexiones mayores fueron:

- Cempoala (reciente) 2.11, 3.17, 3.70
- Cempoala, Hgo., 3.15, 3.29, 3.70
- Tula (reciente) 3.02, 3.09, 2.98
- Sanctorum, D.F., 3.18, 3.02, 3.10

- Cuajimalpa, D.F., 3.07, 3.15, 3.59
- Calpan, Pue., 3.21, 2.13, 3.99
- Huejotzingo, Pue. 3.18, 4.01, 1.72
- Tula, Hgo., 7.52, 3.55, 3.07
- Cholula, Pue., 3.15, 2.88, 1.89

Como conclusión puede identificarse a la arcilla caolinita en los muestreos de TULA, SANTORUM y CEMPOALA, ya que se encuentran presentes las reflexiones características en 7.52 Å°, 3.55 Å° y 1.83 Å° pertenecientes a esta arcilla.

En las muestras de CHOLULA la presencia de las reflexiones del cuarzo en 3.15 Å°, 1.89 Å° aparece como las más intensas, observándose las reflexiones de una arcilla en formación muy difíciles que no permiten precisar el tipo de arcilla de que se trata.

En las muestras de Cuajimalpa y "Tula reciente" aparecen las reflexiones en 7.52 Å°, 3.59 Å° y 1.78 Å° que nos permiten identificar la caolinita como arcilla presente, ésta se encuentra mezclada con algo de cuarzo.

En las muestras de Cempoala reciente, Huejotzingo y Calpan, los difractogramas no presentan reflexiones muy precisas para poder afirmar el tipo de arcilla.

#### Análisis químico:

El análisis químico de las muestras siguientes fue efectuado para calcular la fórmula estructural según los métodos utilizados y descritos por Caillere S. y Henin en 1963 y Guillemín C. Pierrat R. en 1978.

	M-CEMPOALA	M-SANTORUM	M-TULA
SiO <sub>2</sub>	59.51	51.77	64.32
H <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.24	15.17	19.23
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.60	2.70	2.75
MgO	2.16	4.79	1.65
CaO	3.19	7.85	2.55
K <sub>2</sub> O	0.70	1.00	1.20
Na <sub>2</sub> O	1.90	1.40	1.60
H <sub>2</sub> O	6.70	15.35	6.70

La fórmula estructural está basada en:

- Composición teórica de las capas de Si<sub>4</sub>O<sub>8</sub> para la capa tetrahédrica y O<sub>4</sub>(OH)<sub>2</sub>AL<sub>4</sub>(OH)<sub>6</sub> para la octahédrica.
- El silicio está totalmente en coordinación tetrahédrica.
- La estructura del silicato es de carácter aniónico.



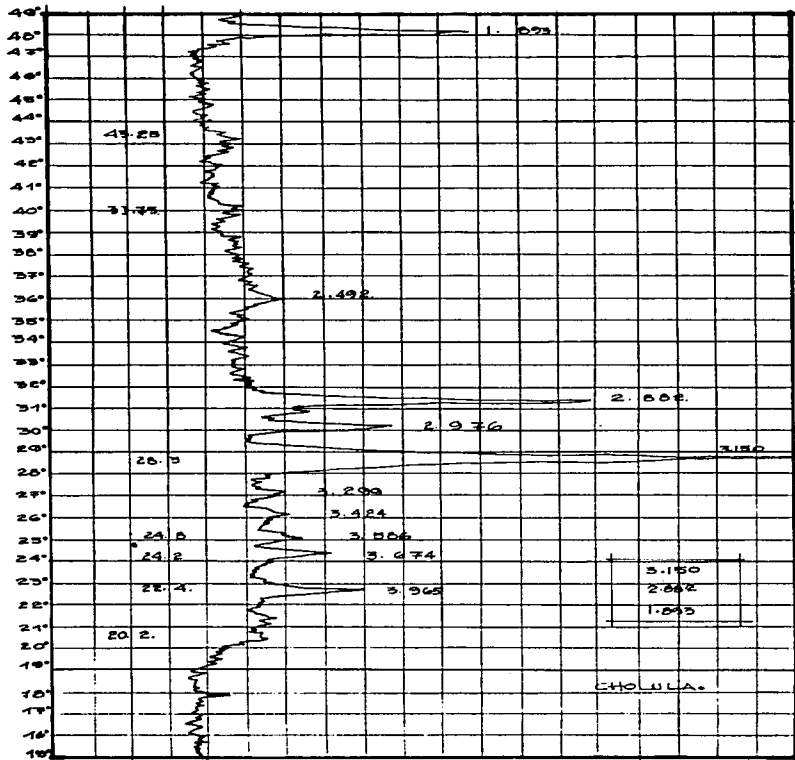


LÁMINA NO. 27.

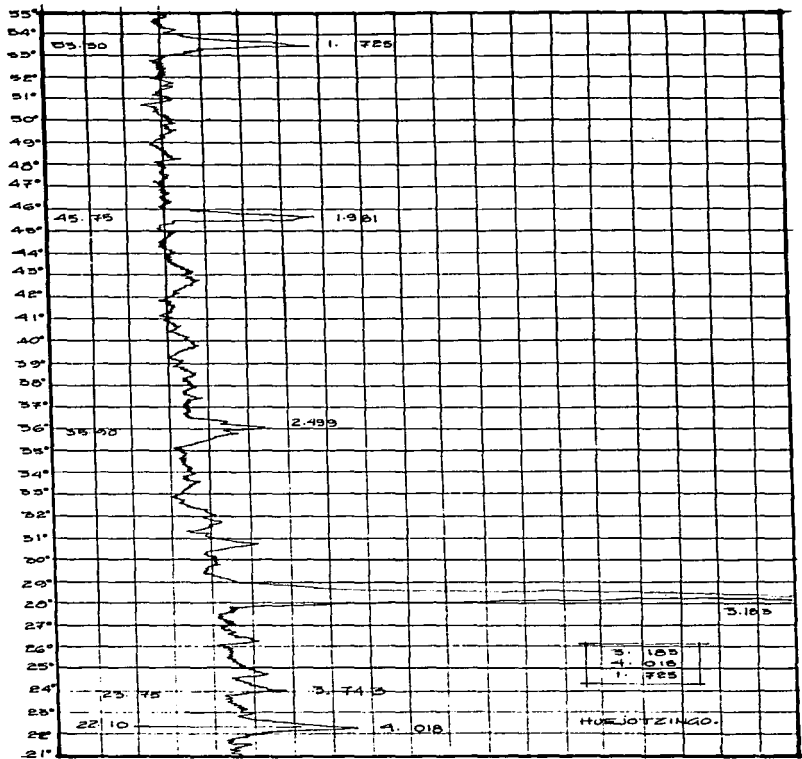


LÁMINA NO. 28.

78

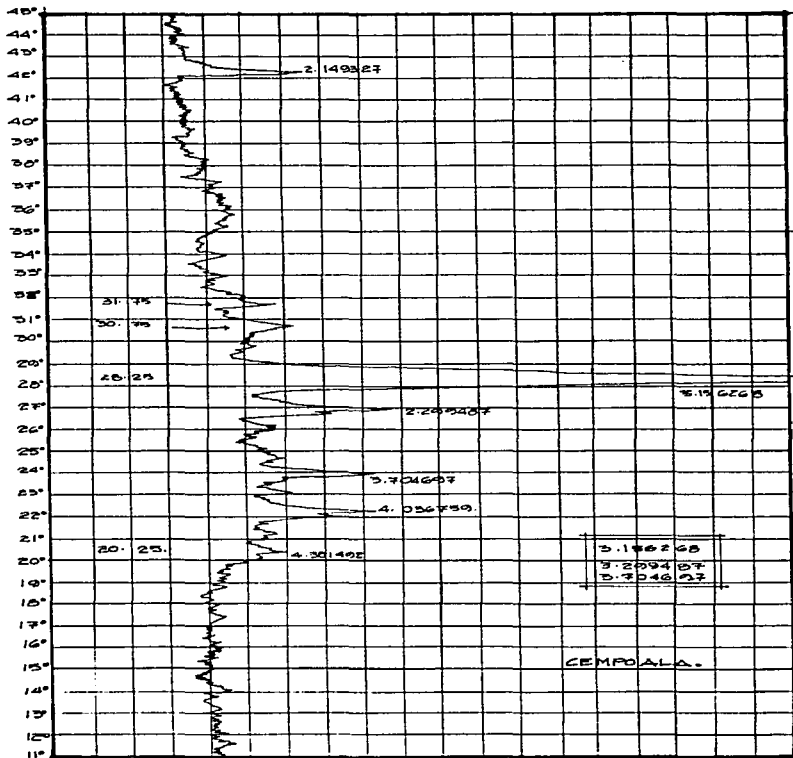


LÁMINA NO. 29.



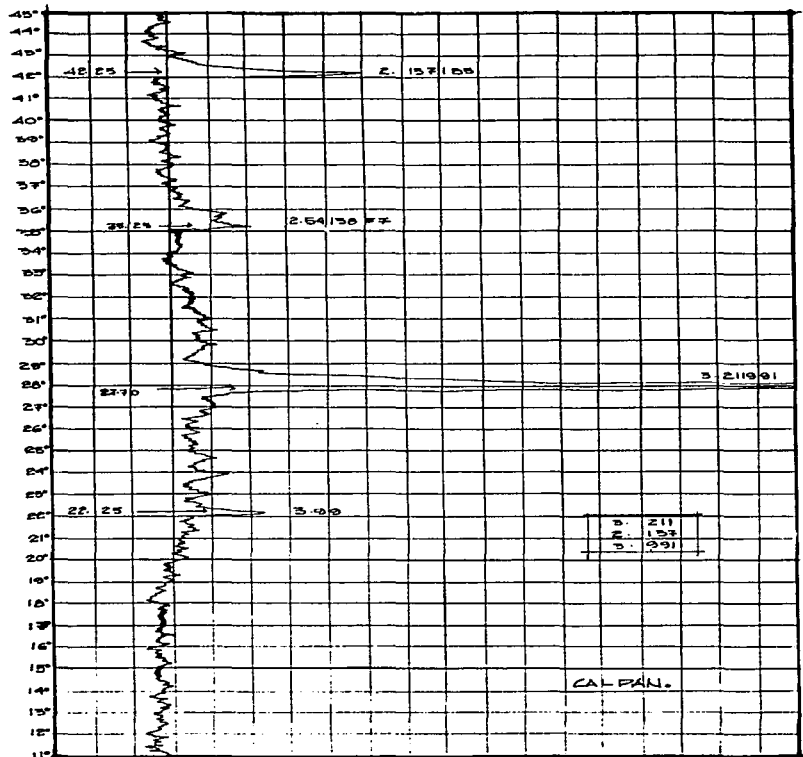
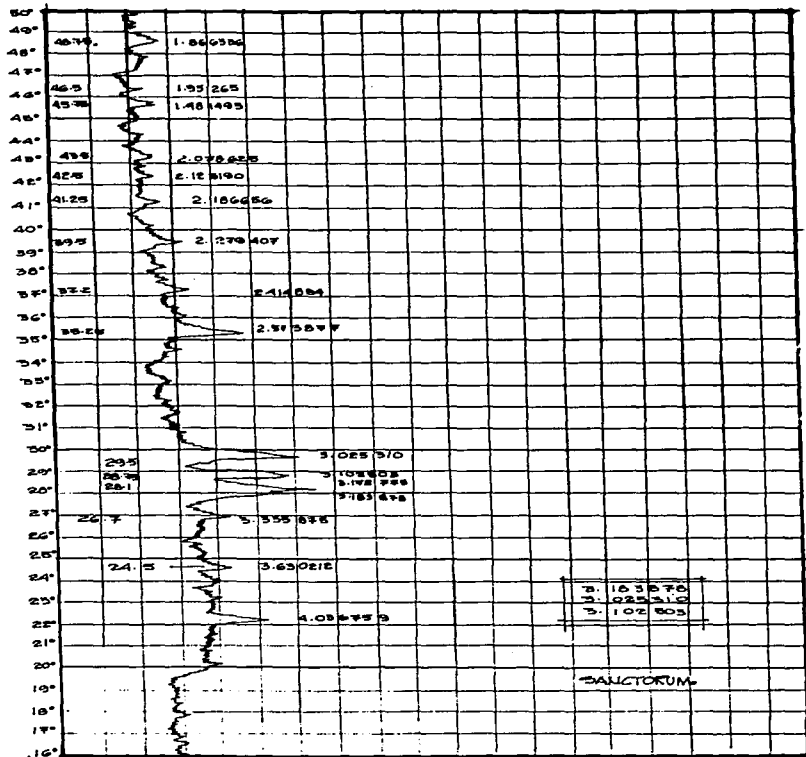


LÁMINA NO. 30.





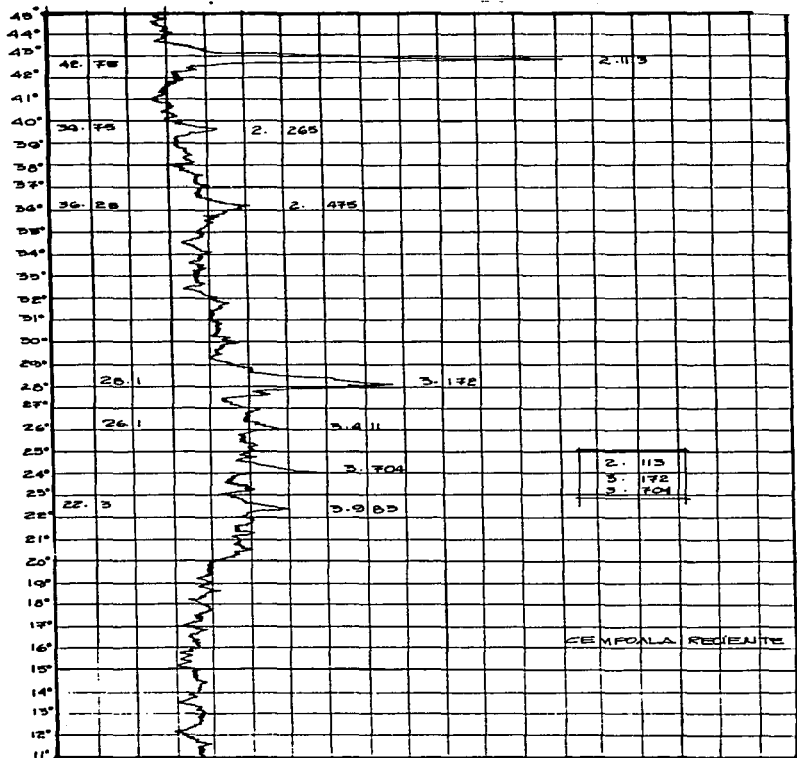


LÁMINA NO. 33.

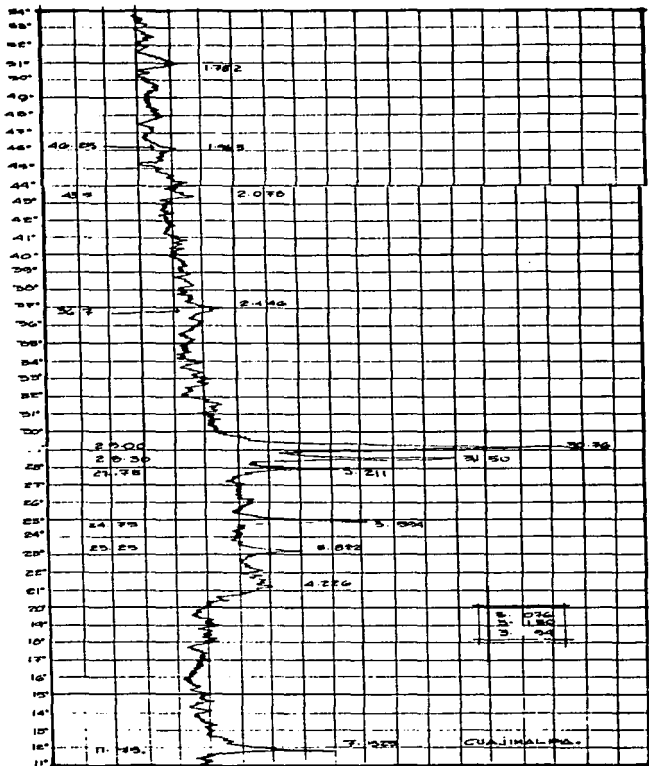


LÁMINA NO. 34.

- d) Hay sustitución tetrahédrica tipo  $\text{Si}^{+4}/\text{Al}^{+3}$   
e) Hay sustitución octahédrica  $\text{Al}^{+3}/\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$

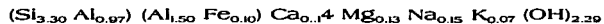
La fórmula estructural de la muestra CEMPOALA es la siguiente:



La fórmula estructural de la muestra de SANTORUM es la siguiente:



La fórmula estructural de la muestra TULA es la siguiente:



Estas fórmulas determinan el conocimiento del tipo de arcilla y las posibilidades de ésta para mezclarse con diferentes alternativas que se presentan.



**PUEBAS DE ESTABILIDAD EN TIERRA CRUDA**

	S	U	CLASES				BLOQUES COMPRIMIDOS				ADOBE				TAPIAL	
			A	B	C	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Resistencia a la compresión Seco a los 28 días		128 MN/m <sup>2</sup>	>2	5	2		D	C	A	D	C	D	C			
40% después de 1 año				12	5											
50% después de 2 años																
Resistencia a la compresión Húmedo a los 28 días		128 MN/m <sup>2</sup>	>2	1	0.5		0	A	A	D	D	A				
24 en el agua				2	1		0.5									
Resistencia a la tracción Seco a los 28 días		128 MN/m <sup>2</sup>	>2	1	0.5		0	B				B				
Ensayos Brasileños				2	1		0.5									
Resistencia a la tracción Seco a los 28 días		128 MN/m <sup>2</sup>	>2	1	0.5		0					C				
Húmedo a los 28 días				2	1		0.5									
Resistencia a la flexión Seco a los 28 días		128 MN/m <sup>2</sup>	>2	1	0.5		0.5	C				C				
Húmedo a los 28 días				2	1											
Resistencia a la cizalla dura		128 MN/m <sup>2</sup>	>2	1	0.5		0.5	D				D				
Seca a los 28 días				2	1											
Coefficiente de Poisson	ν		0	0.15	0.35		-0.5		B					B		
			0.15	0.35	0.50											
Modulo de Young	E	MN/m <sup>2</sup>		700	7000				B			B		B		
				7000	2200											
Masa volumétrica aparente	P	Kg/m <sup>3</sup>	>2200	1700	1200		>1200	B	A	A	C	C	B	B		
				2200	1700											
Expansión		mm/m	0	0.5	1		>2									
Inmersión hasta saturación			0.5		2											
Contracción		mm/m	0	1	2		>5									
Secado artificial hasta estabilización			1	2	5											
Contracción de secado		mm/m	<0.2	0.2	1		B	B			B	B	C	C		
				1	2											
Resistencia al impacto de un cuerpo blando, altura de caída de 27 Kg.	m		>3	2	1		>1		B	B	C	C	B	C		
				3	2											
Resistencia al oploamiento R con carga excéntrica ver- tical			>0.50	0.40	0.30		0.20		A	A	B	D	C	A		
				0.50	0.40		0.30									
Resistencia a la flexión Presión horizontal uniforme		MPa.	-3	4.10	3		-3		A		D	C	D	A		
			6.10	5.10	4.10		3.10									
Resistencia con émbuje horizontal localizada presión por un disco de 2.5 cm. de diámetro - muro b=2.50 m., L= 1.20 m. e=30 cm.	N		>4500						A	A	A	A	A	A		
Coefficiente de dilatación térmico		mm/m	<0.010	0.010	0.015										B	

Notas: Los caracterís-  
ticas han sido subdi-  
vididas en clases A,  
B, C, D que tienen un  
valor prefijado de  
crecimiento

A = EXCELENTE  
B = BIEN  
C = REGULAR  
D = BAJO

LOS MATERIALES:

BLOQUES COMPRIMI-  
DOS:

- 1) Bloques llenos no ag-  
lutados de 28 cm/m<sup>2</sup>
- 2) Bloques llenos estabi-  
lizados o 8% de ce-  
mento, comprimidos  
a 2-4 MN/m<sup>2</sup>.
- 3) Bloques llenos de lo-  
lente estabilizados  
con 12 a 18% de cal  
comprimidos a 30  
30 MN/m<sup>2</sup> y estufa-  
dos a 95 hrs. bajo  
presión y 90°C.

ADOBES:

- 4) Adobe no estabili-  
zado.
- 5) Adobe estabilizado a  
8% de emulsiones  
de asfalto.

TAPIAL:

- 6) Tapial no estabili-  
zado compactado a 90-  
95% con prueba  
Proctor Standard.
- 7) Tapial estabilizado  
con 8% de cemento  
compactado a 90-95%  
con prueba Proctor  
Standard.

1 MPa = 10.2 Kg/cm<sup>2</sup>.

LÁMINA NO. 36.

21 Revista CONESCAL, pág. 23.



MOUESTRA No.	1	2	3
Profundidad	0-30	0-30	0-30
Color (seco)	10YR 6/3	10YR 5/1	10YR 5/3
Color (húmedo)	10YR 3/3	10YR 3/3	10YR 3/3
TEXTURA			
Arena	42.86	42.86	28.86
Limo	32.00	32.00	34.00
Arcilla	25.14	25.14	37.14
Clasificación	FRANCO	FRANCO	MIG. ARCILLOSO
Intemperación	MEJIANO	MEJIANO	PESADO
Porcentaje de saturación	32.0	30.0	34.0
Capacidad de campo	20.99	20.99	27.64
P. m. P.	11.40	11.40	15.0
Densidad aparente	1.4	1.4	1.2
Humedad			
Otras			
OBSERVACIONES: ANALISIS DE TIERRA EFECTUADA EN LA CBTA N°7 DE LA HUERTA NICHOCANA PARA UN TERRENO EN SANTA RITA MORELIA EL DIA 11 DE JUNIO DE 1987.			

Clasificación	FRANCO	FRANCO	FRANCO
C. E.	0.34	0.32	1.01
Clasificación	NO SALINO	NO SALINO	NO SALINO
Nat. Orgánica (Z)	1.25	1.56	1.41
Clasificación	MED. BAJA	MED. BAJA	MED. BAJA
Nitrógeno Nit. kg./ha.	31.52	39.0	35.32
Clasificación	BAJO	BAJO	BAJO
Nitrógeno Amn. kg./ha.	—	—	—
Clasificación	—	—	—
Fósforo kg./ha.	26.90	29.80	45.50
Clasificación	MEDIO	MEDIO	BAJO
Potasio kg./ha.	1220.0	761.0	681.0
Clasificación	EXT. RICO	EXT. RICO	EXT. RICO
Calcio kg./ha.	3521.0	3642.0	3231.0
Clasificación	MED. RICO	MED. RICO	MED. RICO
Magnesio kg./ha.	1182.0	1200.0	1148.0
Clasificación	EXT. RICO	EXT. RICO	EXT. RICO
pH (pp)	5.2	5.9	5.3
BSIXX(6)HX	CLASIF.	LIG. ACID	MOR. ACID
C.I.C.	12.52	13.12	12.62
Necesidades de	kg./ha		
Fórmula de fertilización sugerida:			



C.E.M.A.S.C.

CENTRO DE ESTUDIOS EN MEDIO AMBIENTE S.C.

TEL. 6-666-66

AV. LAZARO CÁRDENAS 800 PUNTA PRISA  
CALLE 1ª PARRA #1315 TEL. 6-666-1315  
BOULEVARD WICH #2-88888

ANALISIS FISICO DEL SUELO

- 118 -

USUARIO REICH, S.A. DE C.V.

AREA DE RIEGO \_\_\_\_\_

SUPERFICIE \_\_\_\_\_

P. O EJIDO \_\_\_\_\_

No PADRON \_\_\_\_\_

No. Muestra / No. Lab.		1/126		
Profundidad				
FECHA	MUESTREO	6 Julio 1987		
	ANALISIS	Julio 1987		
CONCEPTO				
TEXTURA	% ARENA	54.92		
	% LIMO	25.15		
	% ARCILLA	22.90		
CLASIFICACION		Mrn	Pesado	
% SATURACION		36.50		
C. C. (%)		19.84		
P. M. P. (%)		10.78		
D. A. (gr/cm <sup>3</sup> )		1.20		
V. I. (cm/hr)				
ESTRUCTURA				
OTROS	Humedad Aprovechable %	9.06	Medio	



C.E.M.A.S.C.

CENTRO DE ESTUDIOS EN MEDIO AMBIENTE S.C.

TEL. 4-88-88

AV. LAZARO CARDENAS CSO. PENA Y PENA  
19800, CHAPULTEPEC SUR  
MEXICO, D.F. 04500

ANALISIS QUIMICO DEL SUELO

USUARIO

REICII, S.A. DE C.V.

-119 -

AREA DE RIEGO

SUPERFICIE

P. O EJIDO

No. PADRON

No. Muestra / No. Lab.		1/126'		
Profundidad (Cm.)				
FECHA	MUESTREO	6 Julio 1987		
	ANALISIS	Julio 1987		
CONCEPTO				
C. E. (Mmhos / cm)		0.081	No Salino	
pH 1:1		6.20	Lig. Acido	
C. T. C. (me/100 gr)		11.60	Baja	
P S T		0.00	No Sodico	
ESTI- MADA	Materia Org. (%)	2.27	Pobre	
	N O <sub>3</sub> (Kg/Ha)	46.15	Pobre	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Kg/Ha)	56.23	Medio	
	K <sub>2</sub> O (Kg/Ha)	909.79	Pobre	
	Calcio (Kg/Ha)	5,944.68	Pobre	
	Magnesio (Kg/Ha)	1,801.87	Medio	
	Calcio (me/l)			
	Magnesio (me/l)			
	Sodio (me/l)			
	Potasio (me/l)			
SAL- INIDA	Carbonatos (me/l)			
	Bicarbonatos (me/l)			
	Cloruros (me/l)			
	Sulfatos (me/l)			
OTRO S	Hierro p.p.m.	9.33	Pobre	
	Cobre p.p.m.	0.90	Medio	
	Zinc p.p.m.	1.09	Pobre	
	Manganeso p.p.m.	11.68	Pobre	
	Boro p.p.m.	0.59	Pobre	

OBSERVACIONES : Mra : Mignón Arcillo Arenoso  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

INTERPRETACION : Estos suelos físicamente se comportan como pesados por su contenido en partículas tendiendo a lo arcilloso, de constante de retención de humedad muy bajas a medias.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

RECOMENDACION : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

CLAVE

- C. C. CAPACIDAD DE CAMPO
- P. M. PUNTO DE MARCHITAMIENTO
- D. A. DENSIDAD APARENTE
- V. I. VELOCIDAD DE INFILTRACION

MORELIA, MICH. A 17 DE Julio DE 19 67  
FORMULADO  
*[Signature]*

Q.F.B. MATEO ALFREDO CASTILLO CEJA.

COMPARACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE LADRILLO RECOCIDO Y CRUDO PROCESADO

TIPO DE BLOCS DE CONCRETO		RESISTENCIA A LA RUPTURA EN PIEZAS INDIVIDUALES EN KG/CM.2	TIPO LADRILLO RECOCIDO	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN PIEZA INDIVIDUAL EN KG/CM.2	TIPO LADRILLO CRUDO PROCESADO	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN LA PIEZA INDIVIDUAL EN KG/CM.2
#00-00-01	A <sub>1</sub>	56	RECOCIDO	70	"LAS FLORES" (ARCILLA)	65
	A <sub>2</sub>	48	COLORADO	60	"SERRA VENTANA" (ARCILLA)	42
	B	32	BAYO	80	"GÓMEZ" (LIMO)	43
	C	18			"LAS ANIMAS" (MAT. FINO CALIZO)	45 - 51
#00-00-02	D	80				
	E	56				
	F	32				

LÁMINA No. 37.

Observando los valores que se especifican de resistencia para los blocks de concreto y ladrillo recocido, se aprecia que la firmeza del ladrillo crudo es más alta que la de todos los blocks de concreto, designados con las letras A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, B, C, E y F, salvo la excepción del block de concreto sólido identificado con la letra D. Comparadas las resistencias con los ladrillos recocidos se aprecia que son del mismo orden, a excepción del ladrillo recocido que es ligeramente mayor. Por lo anterior, se concluye que el ladrillo crudo procesado, cumple con el soporte a la compresión para uso de edificación.

LA SIGUIENTE TABLA SE REFIERE AL MODULO DE RUPTURA A LA FLEXION DE PIEZAS  
PROBADAS DE LADRILLO RECOCIDO Y LADRILLO CRUDO PROCESADO

RESISTENCIA A LA FLEXION

TIPO LADRILLO RECOCIDO	RESISTENCIA A LA FLEXION KG/CM <sup>2</sup> .	TIPO LADRILLO CRUDO PROCESADO	RESISTENCIA A LA RUPTURA EN KG/CM <sup>2</sup> .
RECOCIDO	15	"LAS FLORES" (ARCILLA)	7.2
COLORADO	12	"SIERRA VENTANA" (ARCILLA)	6.5
BAYO	10	GÚEMEZ (LIMO)	5.4

LÁMINA NO. 38.

La resistencia a la flexión es aproximadamente del 50%. en este caso se debe tomar en consideración que el trabajo normal de los ladrillos en los muros es a la compresión, por lo que la resistencia a la flexión en las piezas es un parámetro comparativo, y se acepta ese valor como bueno.

**TABLA QUE SE REFIERE AL PORCIENTO DE ABSORCION DE AGUA**

LADRILLO RECOCIDO	% DE ABSORCION PROMEDIO	LADRILLO CRUDO PROCESADO	% DE ABSORCION PROMEDIO	OBSERVACIONES
RECOCIDO	20	ARCILLA "LAS FLORES"	19	LA ESPECIFICACION SOBRE LA ABSORCION SEÑALA COMO LIMITE SUPERIOR DE ABSORCION 20%
COLORADO	23	ARCILLA SIERRA VENTANA	10	
BAYO	25	LIMO GÓMEZ	11.7	
		ARCILLA Y LIMO GÓMEZ	10.2	
		MATERIAL CALC./REO PLAN DE AYALA	13.1	

**LÁMINA NO. 39.**

La absorción del ladrillo crudo procesado es aproximadamente de la mitad del ladrillo recocido, lo que indica que los muros exteriores del ladrillo crudo estabilizado no requieren recubrimiento exterior de aplanado o de sellador para impermeabilizarlo.

Se refiere a la humedad por la pieza después de permanecer 24 horas en inmersión total en agua: el por ciento de absorción se refiere al peso seco original de la pieza.

## V SISTEMAS TRADICIONALES DE CONSTRUCCION CON TIERRAS SIN COCIMIENTO

### V-1 EN LA REPUBLICA MEXICANA

Para la elección del material en la construcción de viviendas, edificios e infraestructura suelen manejarse diversos factores como son:

- a) La respuesta del material a las diversas temperaturas y sus cambios para mantener confortables los edificios y viviendas.
- b) La ubicación y abundancia de los materiales adecuados en la región que no lo hagan depender del intermediario y del transporte.
- c) La posibilidad de conversión de la materia prima con recursos de la construcción.
- d) La mano de obra con conocimientos en el empleo del material.
- e) Las adecuadas vías de comunicación, sistemas de transporte y lugares de almacenaje cuando el material y sistema constructivo lo requieran.
- f) La resistencia del bagaje a la erosión eólica, animal y de las lluvias.
- g) El mantenimiento que requiera el equipo y su sistema constructivo.
- h) La nobleza del material en su combinación con otros recursos y sistemas constructivos.
- i) El costo de los bienes y el rendimiento de éstos con la mano de obra.
- j) Los tiempos de ejecución, tanto en su elaboración como montaje.

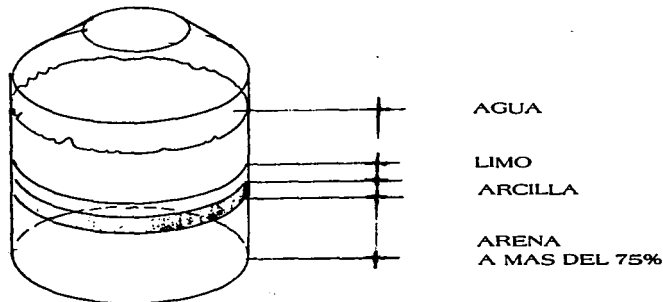
Ya hecha la elección que cumpla con una buena parte de estos requisitos, será necesario hacer diversas pruebas para comprobar su calidad, ya que en el caso de las arcillas suele haber diferentes tipos en su composición, aun en regiones pequeñas requiriéndose muchas veces la combinación de varios tipos. Es decir, que usando tierra del lugar se añade más arcilla cuando es pobre o más arena cuando es rica.

Para determinar la composición adecuada de la tierra del lugar se suelen hacer 2 pruebas que no son sino un resumen de las pruebas de campo propuestas para el Conescal y enlistadas en el capítulo IV-2.



### PRIMERA PRUEBA

1. Se obtiene una muestra de tierra a 30 cm de la capa superior del terreno.
2. Se deposita la tierra en un frasco o botella ocupando una tercera parte de ésta, y rellenando los 2/3 restantes con agua; agitando esto hasta que se aprecie una mezcla homogénea.
3. Después de dejar reposar varias horas se podrá apreciar la separación de los materiales.



PRUEBA DE LA SEDIMENTACION

LÁMINA NO. 40.

### SEGUNDA PRUEBA

1. Se forma un rollo de barro que no se pegue a las manos, aplanándolo para hacer una cinta delgada tan larga como se pueda.
2. Se observa el largo que pueda alcanzar la cinta sin quebrarse. Si tiene roturas entre los 5 y 15 cm será adecuada para construir. Si la cinta se rompe antes de los 5 cm, se le agrega más arcilla; si se rompe después de los 15 cm se le pone más arena.
3. También se suele tomar un puño de tierra que se deberá comprimir fuertemente, dejándolo secar al sol, si escurre agua o moja la mano, está en su punto adecuado.

Ya obtenida la mezcla del frasco o botella, se coloca en una pequeña caja de 4 x 4 x 40 cm dejando secar a la sombra 4 semanas. Si la mezcla se levanta (abunda) en forma curva, la tierra no sirve, normalmente la muestra se encoge y muestra grietas, debiendo ser esta reducción menos de 1/10 del largo total, o sea 4 cm. Para el agrietamiento se suele agregar arena, paja, estiércol de caballo y hojas de pino, después de estas pruebas, se deberán hacer algunos adobes para probar su resistencia, si la cantidad de arena es igual o hasta dos veces la cantidad de arcilla, la tierra estará bien para construir.

<i>Material</i>	<i>Proporción</i>
ARENA	8 PARTES
ARCILLA	4 PARTES
AGUA	4 PARTES

Para fabricar adobe resistente a la humedad, se suele agregar una parte de emulsión asfáltica por cuatro de agua. En el caso que se emplee el aceite quemado se deberá usar 1:8 con el agua.

Para probar la resistencia de un adobe suelen hacerse tres cosas:

1. Se puenta un adobe sobre dos, pisándolo con la fuerza y peso de un hombre de 60 kg.
2. Se mantiene un adobe bajo agua por 4 horas y se quiebra para ver que la parte mojada no haya penetrado más de 1 cm.
3. Después de 4 horas bajo agua, se puenta un adobe sobre otros dos. Enseguida se le colocan seis adobes más debiendo aguantar el peso por lo menos un minuto antes de romperse.

Ya aprobado y revisado el material, se procede a la aplicación del mismo a un determinado sistema constructivo que se clasifica dentro de tres grandes grupos: muros, techos y pisos.

**Muros:** Se pueden construir en módulos pequeños o adobes; y en módulos grandes o tapias.

Los adobes suelen tener diversas dimensiones y formas, las más comunes son: 5 x 10 x 20 cm, 8 x 10 x 40 cm, y 10 x 15 x 30 cm, 10 x 20 x 30 cm y 8 x 39 x 39 cm que se cuejan en moldes de madera o metal, previa colocación de aceite quemado o chapopote con petróleo para evitar la adherencia.

Para la preparación de la mezcla, se amasa la tierra sobre el suelo firme agregando agua hasta lograr un barro bien batido y macizo al que posteriormente se le coloca paja, bagazo u hoja de pino amasándola con palas, azadones y los pies para dejarlo descansar a la sombra 3 días.

Cuando ya están endurecidos se colocan en hiladas abiertas dejándolos secar por 20 días o más.

Para mejorar la calidad de los adobes, se les suele agregar azufre, nopal o emulsiones asfálticas que también tienen idénticas aplicaciones para los muros o paredes. En el caso de los muros de adobe, se suelen juntar con piedras redondas, piedras quebradas o pedacera de teja y ladrillo que mejoran la calidad del muro y ayudan a la adherencia de futuros aplanados.

Estos muros o paredes se suelen desplantar sobre cimientos de piedra o ladrillo que rebasan el nivel del suelo en 20 o 30 cm para ayudar a evitar las humedades y la erosión. También se suele recurrir a un impermeabilizante como apoyo, aunque en el caso de las tapias o muros apisonados, debido a su espesor de 30 o 40 cm se acostumbra empotrarlos sobre el terreno firme.

Para la construcción de muros se necesitan dos piezas rígidas y manejables como cimbra; que pueden ser tabloncillos, tarimas o lámina. Los moldes que son normalmente de 250 x 100 cm, se colocan y apuntalan sobre el cimiento vaciándoles la tierra y apisonándola previamente humedecida de los moldes. Posteriormente se puede aplanar el muro con cemento y arena, cal o yeso. Como refuerzo, sobre todo en las zonas sísmicas, se pueden colar con tejidos de varas, carrizo, otate, bambú, tela de gallinero, metal desplegado, malla ciclón o malla electrosoldada.

Techos: Para la instalación de cubiertas se suelen construir bóvedas de claros cortos a base de dóvelas de alta compresión, debajo de las cubiertas se suelen construir plafones a base de paneles de arcilla con zacate. Los pisos se suelen colar a base de una mezcla de tierra, grava y asfalto en proporción 10:2:1.

## V-2 SISTEMAS TRADICIONALES DE TIERRA SIN COCIMIENTO EN OTROS PAISES

Al igual que en México, en otros países de los cinco continentes, se han desarrollado gran variedad de técnicas, tanto en la producción del material como en su aplicación. A continuación una breve reseña de lo que se está haciendo en otros países:

- a) Viviendas excavadas. Estas son horizontales o verticales y dependen de la resistencia natural de la tierra. En Asiria este sistema es practicado en un gran pozo al que convergen radialmente las viviendas. Casos similares se pueden encontrar en Mali y en Túnez.
- b) Viviendas con recubrimiento de tierra. Este sistema es usado en China desde hace más de 4 000 años con grandes ventajas. La estructura tiene muchas alternativas de uso empleando el material de la localidad, y dejando al barro sus amplias cualidades térmicas y de colocación sobre la "osamenta". Se usa desde Tanzania y Etiopía, hasta Noruega e Islandia.
- c) Método del "relleno". Consiste en rellenar, con tierra seca, los huecos de blocks o sacos que le dan estabilidad a la estructura e incrementan sus cualidades térmicas.

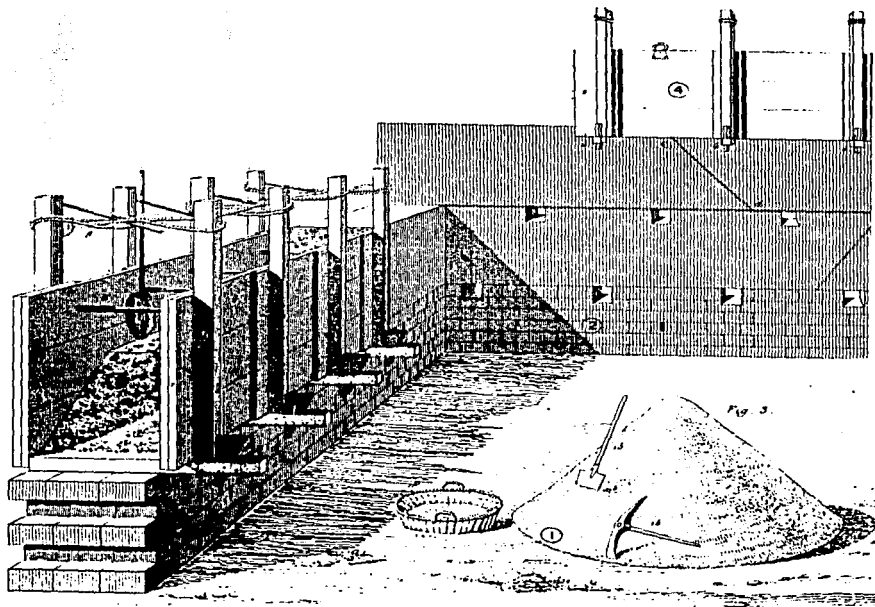
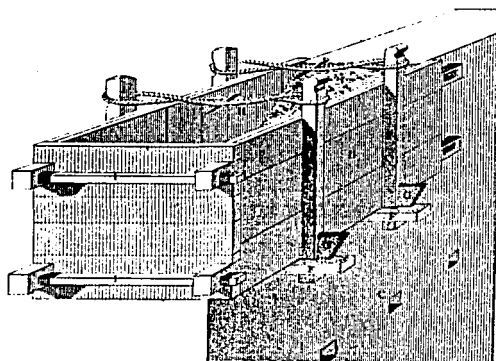


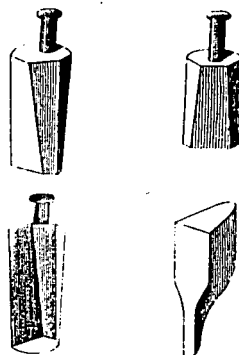
LÁMINA No. 41.

Cimbra para tapia con rodapié de sillería.

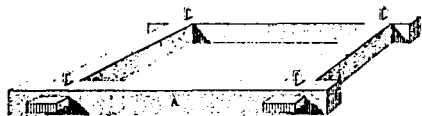
1. Herramienta y tierra preparada.
2. Rodapié de sillería.
3. Proceso durante el vaciado.
4. Deslizamiento vertical de cimbra.



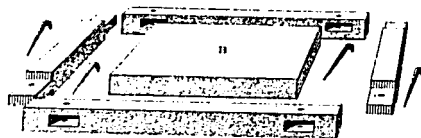
**CIMBRA EN CABECERA DE MURO**



**DIFERENTES TIPOS DE REMOVEDORES**



**MOLDES DE MADERA PARA BLOQUES DE ADOBE**



**CIMBRA Y HERRAMIENTA PARA UN TAPIAL**

LÁMINA NO. 42.

100

# HERRAMIENTA Y CIMBRA PARA TAPIAL

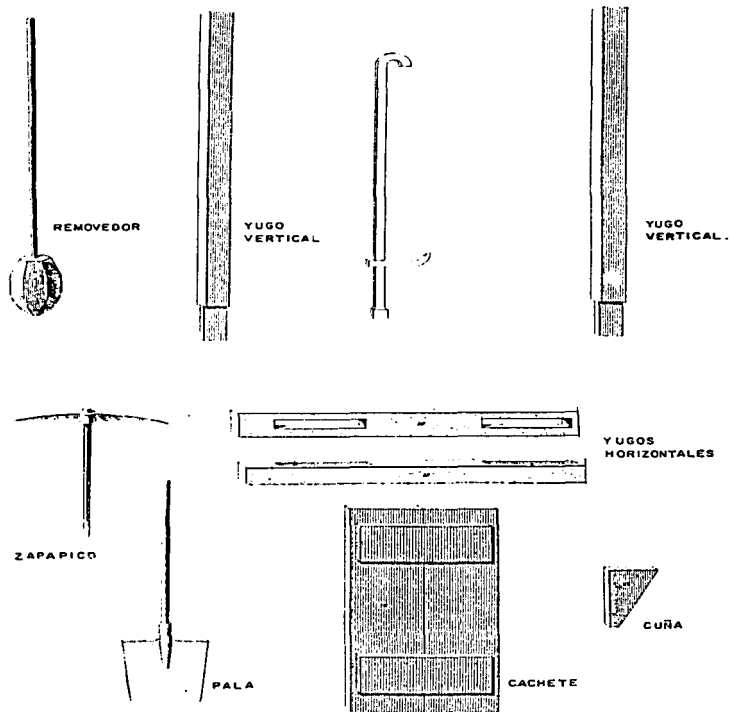


LÁMINA No. 43.

Herramienta y cimbra para tapial.

**ALTERNATIVAS DE REFUERZO CON MADERA  
PARA UN TAPIAL**

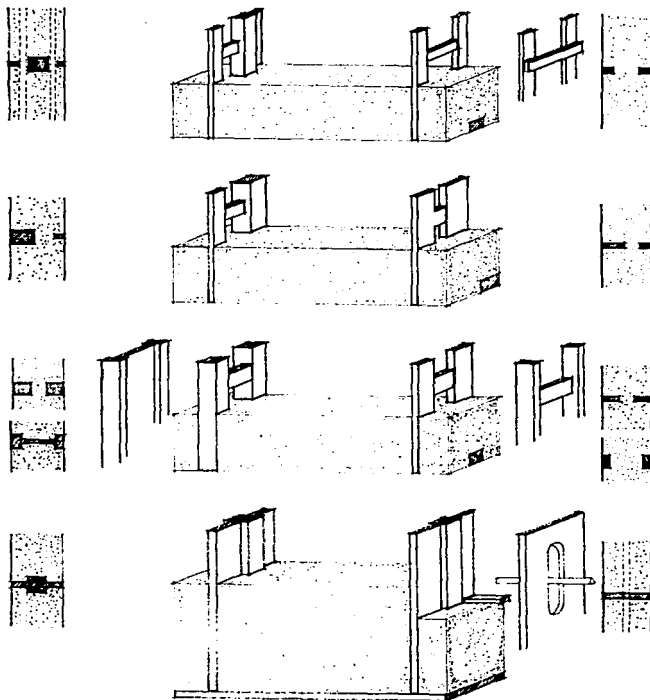
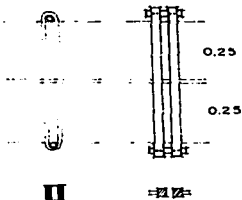
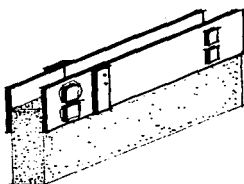


LÁMINA NO. 44.

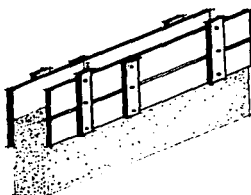
**DIMENSIONES COMUNES DE LA MADERA PARA TAPIAL**



0.50 x 1.50 MTS.  
0.50 x 2.00 MTS.



0.25 x 1.50 MTS.  
0.25 x 2.00 MTS.





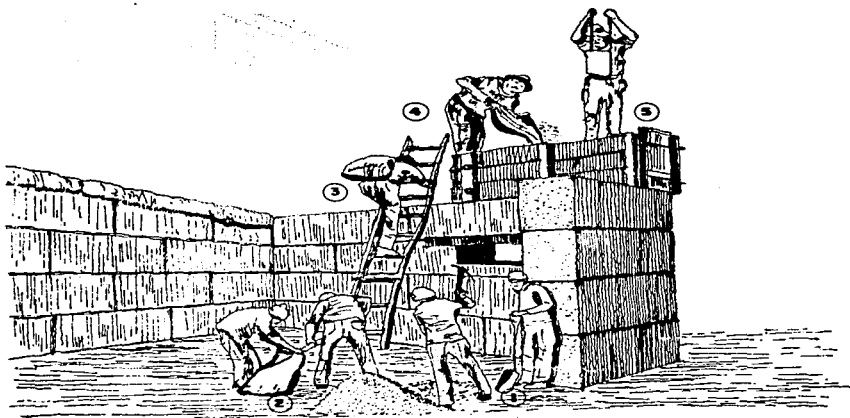


LÁMINA No. 46.

Proceso de una obra de muros de tapial.

1. Extracción
2. Colocación en sacos
3. Elevación
4. Vaclado
5. Compactación.

- d) Bloques recortados. Se acostumbra desprenderlos y labrarlos de una vez en medidas variables al estilo de un sillar. En México se usa en *tepetate*. Hay otro sistema similar que consiste en realizar elementos de construcción recortando directamente un suelo cubierto de pasto y tomando la superficie de 10 cm con raíces. Posteriormente son apilados sin secado ni preparación.
- Para garantizar los *sod* se practicó en Inglaterra y en los Estados Unidos durante las colonizaciones.
- e) Es una técnica secundaria en que los bloques o ladrillos de tierra sólo intervinen como relleno de una estructura en madera. Estos sistemas se usan en Alemania y Afganistán.
- f) Tierra compacta tapias. Debido a la posible penetración del agua, se recurre a esta técnica para limitar los espacios entre las partículas. Se suele reforzar con ramajes o con cal y cemento. Es empleada en Francia y España. (Ver láminas 36 a la 41).
- g) Ladrillos fabricados mecánicamente. Empleando prensas manuales o automáticas se obtiene una combinación cercana a los sillares de concreto. Se observa en Suiza, Bélgica, Francia y todos los países desarrollados.
- h) Moldeo manual. Se emplea mucho en África sin necesidad de cimbras, más que las manos que lo trabajan con el apoyo de agua y sustancias animales o vegetales.
- i) Bolas de tierra. Los muros se construyen con ayuda de bolas moldeadas a mano y colocadas en capas de 20 cm. este sistema se emplea en los países africanos y en China. Se trata de construcciones provisionales, rápidas y económicas que requieran escasa cimbra u osamenta.
- j) Bloques secos y moldeados en madera normalmente estabilizadas con paja y fabricadas en Túnez, Perú, Egipto o Nuevo México (ver lámina 42).
- k) Tierra extruida.<sup>22</sup> Usando un cilindro se comprime y extruye en una barra continua que se corta a la medida requerida. En Francia esta técnica ha resultado eficiente, pues ahorra tiempo y energía.
- l) Tierra "pobre". Se aplica en forma líquida para ligarse en las cabeceras a 2 bloques del mismo material, mientras que en sus dos frentes se emplea pequeña cimbra. Tiene la ventaja de adherirse bien a los bloques o adobes laterales e inferior que tienen riesgo de fisuramiento en el secado.
- m) Barra paja. Se mezcla paja o un similar con barro en proporción 1:10 con agua suficiente. Ya seco es muy maleable y de fácil transportación. Esta técnica se está empleando con éxito en Alemania y Francia.
- n) Tierra reforzada. Se emplea mucho en Bélgica y consiste en una osamenta que es reforzada por hiladas horizontales de madera delgada que le dan una extraordinaria rigidez y consistencia.

<sup>22</sup> Dimensión 3, N° 4, Julio-agosto de 1985 de la BADC (Belgian administration Developpant Cooperation), pp. 7, 8 y 9.

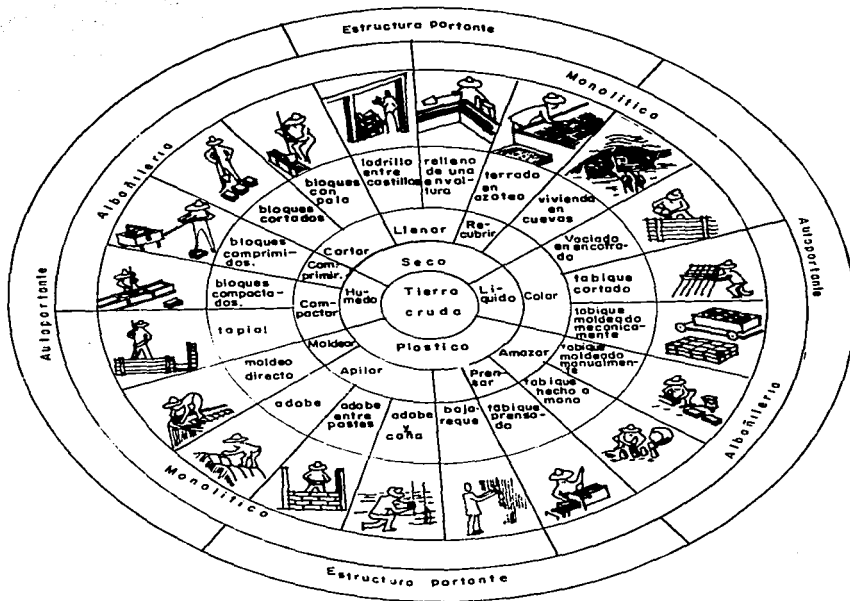


LÁMINA No. 47.

Resumen esquemático de las diversas alternativas de construcción con tierra cruda.

## VI SISTEMAS CONSTRUCTIVOS MAS GENERALIZADOS

### VI-1 ESQUEMA BASICO DE PRODUCCION

Tiene el CONESCAL<sup>23</sup> una secuela muy bien planteada, que se resume en las siguientes líneas.

El esquema primario se basa en la extracción, la preparación, la puesta en obra y el secado. Este esquema se detalla a continuación con la aclaración de que, según el caso, se podrán suprimir o simplificar algunas partidas.

Todas las tierras, para ser transformadas en material de construcción, tienen que pasar por varios procesos que en todos los casos son bastante similares. El esquema más simple se expresa como sigue:

- Extracción
- Preparación
- Puesta en obra
- Secado

Es evidente que en el caso de cada técnica, se requiere una adaptación particular de este diagrama, la cual se realiza por la supresión de algunos puestos de trabajo, la simplificación de otros o por la inversión de procesos.

Los diferentes puestos están codificados y en el listado se enumera el equipo que puede utilizarse.

#### OPERACIONES DE PRODUCCION

**T01. Extracción.** La tierra es excavada y retirada del banco de material mediante los siguientes procesos:

- Manual
- Pala mecánica

<sup>23</sup> CONESCAL: op. cit., p. 42.

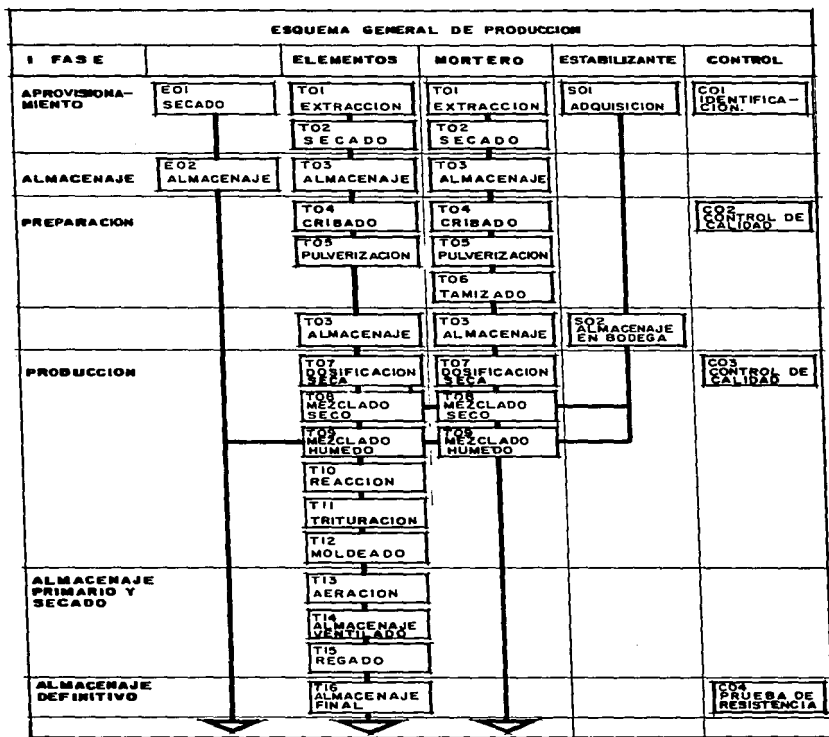


LÁMINA No. 48.

Esquema general de producción.

- Excavadora
- Bull-dozer

**T02. Secado.** Por esparcimiento en capas delgadas o puestas en pequeños montones alrados.

- Manual
- Pala mecánica
- Bull-dozer
- Pala cargadora

**T03. Almacenaje.** Sobre el área de producción, con la finalidad de contar con una reserva de materia prima con las siguientes características:

- Al aire libre
- Cubierta por lonas
- En bodegas
- En silos

**T04. Cribado.** Si la tierra contiene exceso de piedras gruesas, éstas tienen que ser removidas antes de cualquier operación. Esto puede hacerse en forma:

- Manual
- Con criba manual
- Con criba mecánica

**T05. Pulverización.** La tierra debe ser pulverizada a fin de permitir una mezcla íntima de la tierra y el estabilizante de las siguientes maneras:

- Machacado manual
- Triturado manual
- Pulverizado mecánico

**T06. Cernido.** La mezcla no puede contener granos cuyo diámetro sea superior a los 2 o 3 mm lo que implica:

- Cernido manual
- Tamizado manual

**T07. Dosificación seca.** Las diferentes tierras y arenas o ambas y el estabilizante, deben estar dosificados en peso o volumen, lo que implica el llenado de volúmenes de medición en forma:

- Manual
- Con pala mecánica

- Con pala cargadora
- Con tolva y medición volumétrica
- Con tolva y bácula

**T08. Mezcla seca.** Para obtener el máximo de eficacia de un estabilizante en polvo, los componentes son primero mezclados en estado seco. Esta operación es muy raramente aplicada al adobe. Cuando se llega a hacer se efectúa por los siguientes procesos:

- Manual
- Batidora manual
- Batidora mecánica
- Revolvedora

**T09. Mezcla húmeda.** Una vez que los elementos han sido bien mezclados, se agrega agua y el estabilizante líquido con los siguientes elementos:

Mezclas para bloques comprimidos y tapiales.

- Manual
- Batidora mecánica

Mezclado para adobe.

- Manual
- Batidora mecánica
- Amasadora vertical
- Amasadora horizontal de paletas
- Amasadora lineal

**T10. Reacción.** Para ciertos estabilizantes, la tierra debe reaccionar más tiempo que el máximo autorizado para la estabilización de cemento: 2 horas, esto se hace:

- Al aire libre
- Cubierta por lonas
- En bodegas
- En silos

**T11. Trituración.** En ocasiones es necesario volver a triturar la tierra justo antes de ponerla en obra en forma:

- Manual
- Mecánica

**T12. Moldeado.** Forma final del elemento de la tierra. Para tapiales se emplean los siguientes elementos:

- Cimbras de madera
- Cimbras metálicas
- Cimbras individuales
- Cimbras integrales
- Cimbras deslizantes
- Apisonado manual
- Apisonado neumático
- Apisonado mecánico

En el caso de bloques comprimidos:

- Prensas manuales
- Prensas mecánicas
- Prensas hidráulicas

Para el adobe:

- Moldeado manual individual
- Moldeado manual en masa
- Moldeado mecánico (adobemaster)
- Moldeado automático

Para tabiques:

- Extrusión por hilada

**T13. Aireación.** Operación inútil para el tapial y los bloques comprimidos. Los bloques de adobe deben ser tendidos a aireación durante 24 horas después de su fabricación en forma manual.

- Con características iguales al paso T03
- En estufa

**T14. almacenaje ventilado.** Los bloques comprimidos y el adobe no estabilizado deben secar en formación aireada, proceso que se hace en forma manual.

**T15. Riego.** En algunos casos, los ladrillos estabilizados o el tapial deben ser regados. Esto se hace mediante los siguientes procedimientos:

- Manual
  - Con regadera
  - Con aspersor



- Automático
  - Con aspersor

*T16. Almacenaje final.* Los ladrillos se quedan en formación aireada o pueden ser almacenados en forma aplada, esto es igual para ladrillos estabilizados si son cubiertos por lonas herméticas

- Manual
  - Idem a T03

#### **OPERACIONES DE CONTROL**

*C01. Identificación.* La uniformidad y la conformidad de los productos de extracción deben ser verificados mediante:

- Perforaciones hechas con taladro
- En forma visual
- Con análisis de granulometría
- Equivalentes de arena

*C02. Control de calidad.* Materia prima bien preparada grado de pulverización:

- Gránulo simplificado

*C03. Control de calidad del producto terminado.*

- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la flexión
- Dosificación del estabilizante
- Densidad seca
- Contracción
- Absorción

#### **OPERACIONES DE TRANSPORTE**

Depende de la etapa, del volumen, de la distancia y de los medios de comunicación disponibles, se pueden emplear métodos simples o sofisticados.

### **VI-2 PREPARACION DE MEZCLAS Y AMASADOS**

La preparación de la mezcla para un adobe o un tapial es una operación importante en que las diferencias de textura y densidad de los materiales por mez-

clar, vuelven la operación difícil debiéndose prestar especial atención a la proporción del agua y la homogeneidad de la combinación.

El amasado manual de una mezcla se suele repartir sobre una superficie dura, donde se desmoronan los terrones para formar un pequeño cráter al que se le agrega agua entre el 20 y el 30% del volumen de la tierra; para proceder posteriormente al pisado y remoción con azadón. Se vuelve a repartir el barro sobre el suelo hasta formar una capa de 10 cm para espaciar sobre de ella las fibras estabilizadoras en una capa de espesor similar empezando a pisar firmemente para penetrar las fibras en la mezcla hasta lograr una masa homogénea.

Para preparar una cantidad mayor de material, se procede de la misma manera pero formando capas alternadas de barro y paja.

Las prácticas tradicionales muestran una gran variedad de técnicas para evitar el amasado; desde la utilización de animales o su equivalente industrial, la moto cultivadora; o el uso de molinos de barro con su variante mecanizada: la mezcladora, que se analiza más detalladamente en los aspectos económicos del capítulo VII.

Los rendimientos para los diversos sistemas son los siguientes:

— Manualmente	0.5 M3/HR con dos peones
— En molino de barro:	10 M3/día
— Con cargadora frontal:	10 M3/hora
— Con turbo mezcladora:	4 M3/50 M3 (según la capacidad de la máquina)

### VI-3 CIMENTACIONES Y CONTENCIONES

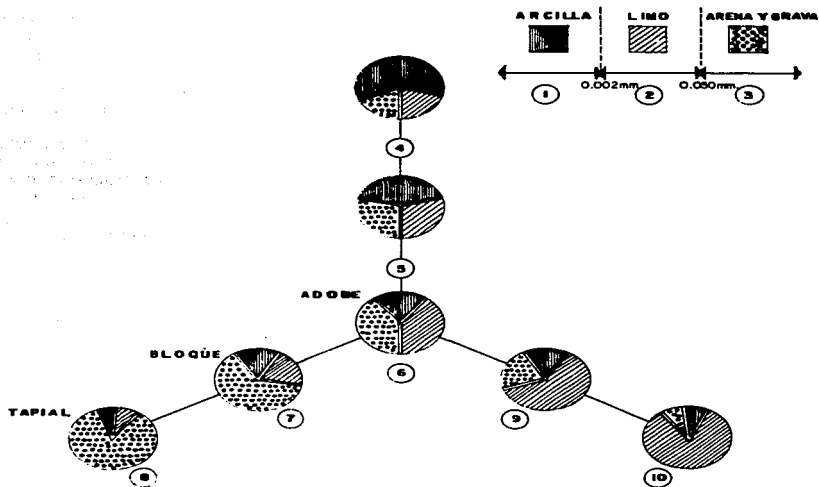
Las cimentaciones con tierra cruda son muy eventuales debido principalmente a la degradación violenta y rápida causada por absorción de humedad de la tierra.

A excepción de zonas extremadamente secas, donde la precipitación anual es inferior a los 300 mm y donde se puede llegar a cimentar directamente sobre el terreno, se busca un empotre mínimo en el mismo terreno y en algunos casos reforzar el material con un aplanado y una plantilla de características resistentes al agua, ya sea con cementos o con emulsiones asfálticas.

En condiciones normales, se suele cimentar la construcción con piedra, madera o concreto elevando la altura del basamento sobre el nivel exterior del terreno en proporción directa a las condiciones hidrológicas. Una proporción práctica<sup>24</sup> es la siguiente:

<sup>24</sup> Esta propuesta es exclusivamente empírica del CONESCAL y podrá variar en razón de la disposición del edificio conforme a los vientos dominantes, voladizos y en tomo del inmueble *Revista CONESCAL 59-60, op. cit., p. 50.*

# MEZCLAS OPTIMAS PARA TIERRA CRUDA



- 1- ARCILLA: PARTICULAS MENORES DE 0.002 mm.
- 2- LIMO: PARTICULAS DE 0.002 HASTA 0.050 mm.
- 3- ARENA Y GRAVA: PARTICULAS MAYORES DE 0.050 mm.
- 4- ARCILLOSO: 61% DE ARCILLA, 20% DE ARENA Y 30% DE LIMO.
- 5- FRANCO-ARCILLOSO : 40% DE ARCILLA, 32% DE ARENA Y 35% DE LIMO.

- 6- FRANCO: (OPTIMO), 20% DE ARCILLA 40% DE LIMO Y 40% DE ARENA.
- 7- FRANCO-ARENOSO: (OPTIMO) 15% DE ARCILLA, 20% DE LIMO Y 65% DE ARENA.
- 8- ARENOSO: (OPTIMO) 5% DE ARCILLA 5% DE LIMO Y 90% DE ARENA.
- 9- FRANCO-LIMOSO: 15% DE ARCILLA 20% DE ARENA Y 65% DE LIMO.
- 10- LIMOSO: 10% DE ARCILLA, 5% DE ARENA Y 95% DE LIMO.

LÁMINA NO. 49.

### *Precipitación anual*

- a) 450 mm
- b) Normal
- c) Lluviosa

### *Altura del basamento*

- 25 cm
- 35 cm
- 55 cm

Para el caso de las contenciones, cuando éstas están bien compactadas y su material es de buena calidad, basta seguir la proporción de 1-3 de h para obtener un buen resultado, sin dejar de drenar adecuadamente el agua para evitar barreras impermeables.

Para la contención de aguas en depósitos artificiales basta mencionar al jagüey, que no es más que el amontonamiento de tierra en el perímetro de un depósito, que con una adecuada conformación y refuerzo a base de vegetación y de árboles que al enraizar, integran esta estructura puede prevenir posibles deslaves y erosiones.

## **VI-4 MUROS Y BARDAS**

A lo largo de esta tesis, se han mencionado las alternativas en la construcción de muros como los de mayor importancia e incidencia en la edificación de una vivienda o edificio con tierra cruda.

El compartimiento mecánico de los muros demanda evitar las cargas excéntricas, las cargas concentradas y el flambeo, para lo que se deberá prestar especial atención a las uniones verticales y horizontales, las verticales o inclinadas para el caso de arcos, bóvedas y cubiertas de dos o más aguas.

El diseño de la junta constructiva como el punto más débil aconseja el refuerzo de ángulos con tabiques recocidos, piedra o concreto, empleando junta de mortero cal-arena.

Para el caso de los tapiales, es recomendable la colocación de chafanes en los ángulos de encofrado para disminuir los riesgos de ruptura de las aristas.

Otro riesgo considerable es el de los vanos que deberán ser cubiertos por dinteles o cadenas corridas que eviten la ruptura de las jambas en puertas y ventanas.

La suma de las longitudes de los vanos de un muro no debe exceder 1/3 del largo total, y tienen que estar uniformemente repartidos. En longitud, la distancia mínima entre un vano y el extremo del muro será de 1.00 m y el espacio entre dos vanos, no será menor de 0.65 m.<sup>25</sup> Además de los refuerzos "mixtos" con materiales naturales que se mencionan posteriormente, existe el más eficiente, que es el del concreto armado, que empleando las cadenas que se cuelean en forma de "T" o sobre elementos prefabricados en forma de "U" o simplemente encofrados, conforman la estructura de una manera integral.

<sup>25</sup> Revista CONESCAL; op. cit., p. 51.

## VI. 5 CUBIERTAS

El empleo de la tierra en esta etapa, es parcial ya que los techados de concreto con tierra armada son todavía experimentales. El manejo de la tierra en las techumbres planas que emplean madera, acero o concreto, es de carácter térmico y ofrece las pendientes necesarias para las canalizaciones del agua pluvial.

También es posible el empleo de soleras estabilizadas de tierra equivalente a las aplicadas tradicionalmente (48 x 22 cm) que llegan a soportar en una estructura de viguería, cargas de 200 a 250 kg/M<sup>2</sup>. Ital Mexicana está experimentando para las mismas cargas entre ejes de viga hasta de 100 cms.

El empleo de tejas estabilizadas y reforzadas, se ha utilizado en Francia y Brasil con éxito.

Para las techumbres inclinadas además de la teja se han venido construyendo por siglos las llamadas nubienses o bóvedas en la misma forma que las de cantería, construidas sin encofrados a base de adobes o bloques comprimidos.<sup>26</sup>

Bóvedas rebajadas han sido construidas usando bloques comprimidos lográndose un buen comportamiento cuando la estabilidad de los muros perimetrales es buena.

Mediante el empleo de bloques comprimidos, se han construido cúpulas hasta de 7 metros de diámetro, que en Cameroun, Africa se erigen monolíticamente en base a un colado directo.

## VI-6 MORTEROS Y REBOQUES

Son empleados en muros y plafones para mejorar el mantenimiento y la apariencia. Su aplicación se hará después de que el secado, la contracción y el asentamiento del muro o cublería, hayan terminado conteniendo éstas un máximo de agua al 52%.

La ejecución se hará en varias capas, 3 como mínimo; la primera para asegurar la adherencia del recubrimiento. Las dos siguientes deben complementar el aglutinamiento con igual composición que la primera, dándoles una dosificación más pobre y evitando acabados rugosos y agrietamientos, así como acabados demasiado pulidos que acabarán por agrietarse.

El mortero de calhida, por su flexibilidad, hace que sea uno de los aglutinantes minerales más apropiados para el recubrimiento sobre tierra.

El mortero de cemento, por su rigidez, deberá aplicarse sobre mallas de alambre o fibra, para reducir las fisuras y mejorar la adherencia.

Los morteros de cal y de yeso que se suelen emplear en exteriores apoyándose con grava y arena, pueden ser considerados.

<sup>26</sup> *Revista Dimensión 3*, Building With Earth; n° 4 Julio-agosto, Bruselas, 1985, págs. 1 a 20.

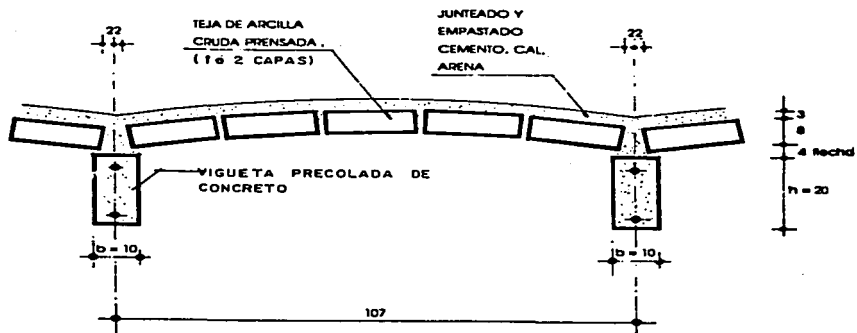


LÁMINA NO. 50.

Sistema constructivo para cubiertas bajo el sistema de bóveda catalana en 1 o 2 capas de ladrillo crudo prensado empleado con éxito en vivienda del estado de Tamaulipas.

Los recubrimientos de yeso, si se aplican directamente se agrietarán, por lo que se requiere un repellado previo de cal o de cemento.

El grupo Ital Mexicana, D.F., está experimentando adobes estabilizados con poliméricos, que son sometidos a fuego dejando en la cara expuesta un acabado vidriado de muy buenas cualidades y presentación.

## VI-7 ACABADOS PINTURAS Y OTRAS PROTECCIONES

La química y la petroquímica, han dejado diversas alternativas interesantes según el clima, requerimientos técnicos y recursos económicos.

- a) Solución de silicones en solvente volátil. Su aplicación deberá ser sobre una superficie seca, lisa y de acabado preferentemente de terminación.
- b) Con los taponos metálicos deberán de realizarse estudios previos en sus impregnaciones sobre el acabado existente.
- c) Las resinas trabajan exitosamente en fachadas poco o medianamente expuestas.
- d) Los impermeabilizantes a base de resinas en solución orgánica, o en dispersión acuosa suelen ser desaconsejables por el vapor de agua emitido por el muro.
- e) Las pinturas, aplicadas como complemento de la capa del acabado, se pueden utilizar directamente sobre la tierra de interiores, y en exteriores poco expuestas, aconsejándose las de tipo "respirante" que son comparables a las de base de "agua". Las pinturas impermeables como las epóxicas y las poliuretanos deben manejarse adecuadamente para no volverse una trampa retenedora de humedad.

Cabe aclarar que la "respiración" del adobe a pesar de que éste no sea una materia viva es necesaria ya que los cambios de temperatura generan una gran inercia térmica que tiene un desfase horario de 8 a 12 horas que para el caso de las emulsiones asfálticas llega a ser insuficiente con el consecuente rechazo a largo plazo.

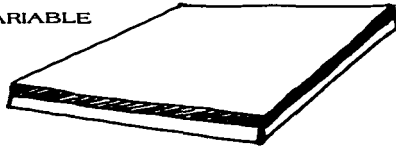
## VI-8 PISOS

Son muy comunes en su estado natural, fundamentalmente en las de construcción dura y repetatoza que con el uso y la adherencia de grasas humanas, animales y vegetales se van consolidando.

Se pueden lograr bajo el sistema de "colado" de firme, que con agregados cementantes se logra en buena calidad, o con losetas y cuarterones prensados y estabilizados.

VARIABLE

VARIABLE



ACABADO 2 cm.

TIERRA  
ESTABILIZADA 5 cm.

LOSETA PRECOLADA PARA PISO

LÁMINA NO. 51.

En la fabricación con máquinas de Ital Mexicana se está trabajando con éxito un piso de tipo terrazo que aprovechando una base de 2 cm de tierra estabilizada, se termina con pasta y granos de mármol para dar un acabado a los pisos de granito precolado comerciales.

#### VI-9 ESTRUCTURAS MIXTAS

Utilizando la madera, la caña o el bambú, como estructura portante y la tierra como relleno, las construcciones mixtas toman muchas formas que fusionan lo orgánico y lo mineral.

La estructura maestra es la estructura básica en que sus elementos juegan el papel fundamental de equilibrio y resistencia.

Esta tiene elementos principales que son los puntales, y elementos secundarios que son las piezas horizontales que hacen rígidos a los puntales.

La estructura auxiliar, es la que forma el emparrillado que se debe rellenar con "osamenta", que se entreteje para dar adherencia al "relleno" que no es más que la tierra que se coloca en los espacio vacíos en la estructura.

Uno de los sistemas más difundidos en Europa es el del MADERAMEN, que emplea la madera labrada y del cual a continuación se ilustra un ejemplo que abarca una variedad de los principales alternativas disponibles. (Ver Lámina 53.)

- a) Solera inferior o durmiente sobre la que se desplantan los elementos verticales.
- b) Solera superior o de cerramiento, que fija las extremidades superiores y reparte las cargas.



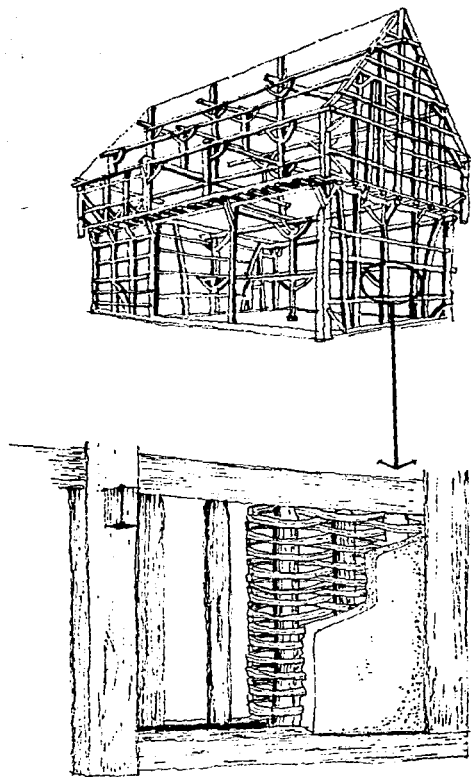


LÁMINA NO. 52.

- c) Vigas que soportan el entrepiso.
- d) Solera inferior de la planta superior que desplanta los elementos verticales del segundo nivel.
- e) Pies derechos, elementos verticales que transmiten fundamentalmente la carga a compresión.
- f) Columna de esquina generalmente de mayor sección.
- g) Diagonal o riostra destinada a contraventear para resistir y los esfuerzos horizontales.
- h) Diagonal esquinera, generalmente dispuesta en pares y destinada a reforzar la columna.
  - i) Cruz de San Andrés o diagonales entrecruzadas, también destinada a contraventear.
  - j) Contrapunteo o elemento horizontal de esparcimiento entre dos pies derechos.
  - k) Viga puente cabecera o umbral en la parte superior de una abertura.
  - l) Peana o repisa: viga horizontal en la parte inferior de una abertura.
- m) Cuarteles: los espacios para rellenar se encuentran comprendidos entre las piezas de la estructura maestra de un muro, que no es más que la osamenta que en función de los vacíos dejados entre sus elementos constitutivos, se puede clasificar como sigue:
  - Osamenta rala
  - Osamenta estrecha
  - Osamenta junta
  - Osamenta tupida
  - Osamenta de elementos previamente envueltos de mezcla.

Todas estas alternativas se pueden mezclar con todo tipo de materiales como, juncos, bejucos, bambús, fibras vegetales, maguey, cactáceas, ramas, etcétera.

En el siglo XVI en Inglaterra, se usó mucho el relleno con estuco aplicado sobre osamentas de reducidos espacios no mayores a los 3 cm y dejando la estructura maestra aparente hacia el exterior.<sup>27</sup>

<sup>27</sup> *Técnicas Mixtas de Construcción con tierra cratterre* (A. Hays, S. Maiuk y Fultoux), Villefontaine, Francia, 1986, p. 35.

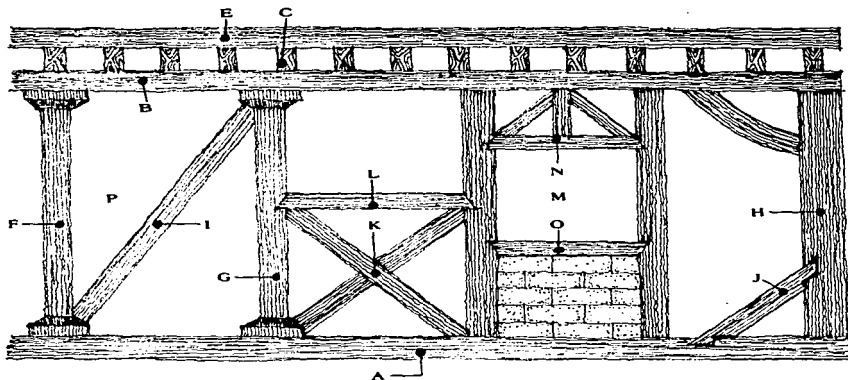
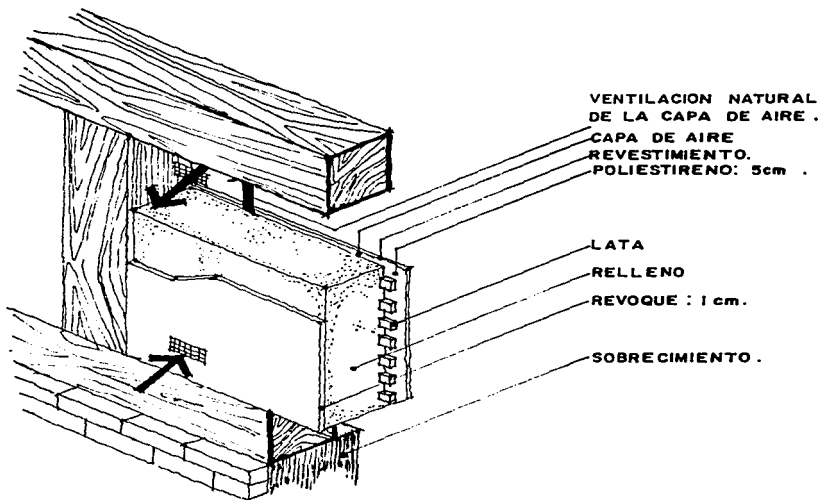


LÁMINA NO. 53.

- A Durmiente de desplante.
- B Cadena de liga y repartición (VIGA).
- C Vigas de carga.
- D Viga madrina o "gualdra".
- E Cadena o Viga de liga de nivel superior.
- F Pie derecho.
- G Columnas o pies derechos de mayor sección que se usan cuando hay claras mayores.
- H Comijal o columna de ángulo.
- I Contraventeo.
- J Diagonal esquinera.
- K Cruz de San Andrés (contraventeo).
- L Contrapuente para espaciar 2 pies derechos.
- M Espacio para ventana.
- N Dintel.
- O Replisón.
- P Cuartel o espacio de relleno.

**ESTRUCTURA MAESTRA APARENTE EXTERIORMENTE  
CON AISLAMIENTO TERMICO.**



## VII APOYOS PARA LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

### VI-1 DISEÑO SISMICO

El sismo es la acción natural más dañina a las estructuras de tierra que se ubican en Asia, África y América, siendo los países del tercer mundo los más afectados.

Las propiedades típicas de un muro de adobe y uno de tabique son en promedio los siguientes:

	Adobe	Tabique
Peso volumétrico	1 800 kg/m <sup>3</sup>	
Módulo de elasticidad	2 500 kg/m <sup>2</sup>	
Resistencia a compresión	13.4 kg/m <sup>2</sup>	
Resistencia a cortante	1.2 kg/m <sup>2</sup>	
Resistencia a tensión y flexión	2.6 kg/m <sup>2</sup>	

Para poder determinar la intensidad de un movimiento sísmico, se suele aplicar la siguiente ecuación: previo uso de un oscilador simple <sup>28</sup>

$$MY + Cy + Ky = My S$$

donde:

- Ys representa la aceleración del suelo
- Y es el deslizamiento de la masa
- M Masa
- Y es la velocidad relativa
- K es la rigidez lateral de oscilador
- C es el amortiguamiento del sistema

<sup>28</sup> De la ponencia del Ing. José I. Álvarez, intitulada *La Tierra material sismo resistente*. Jornada de Madrid, 1986, p. 31.

Resolviendo esta ecuación se pueden obtener

- A max = Valor de aceleración máxima
- V max = Velocidad máxima
- B max = Desplazamiento máximo

Con las cuales se puede determinar la rigidez de una estructura de adobe que tradicionalmente tiene un período de vibración muy bajo con las consecuencias altas posibilidades de destrucción.

Es por eso que el sismo resistente resulta imprescindible en la construcción de estructuras de adobe, así como la aplicación de diversas prácticas empíricas, como sigue:

- a) El material empleado deberá tener la mayor resistencia y rigidez posibles, así como resistir algo a la tracción que es uno de sus más grandes fallos.
- b) El terreno escogido deberá ser adecuado, y no estar ubicado en barrancos o terrenos de relleno expuestos a pasos de agua, los cuales suelen ser los relegados para vivienda de muy bajo costo.
- c) La estructura deberá ser lo más ligera posible, evitando masas innecesarias como tinacos y cubiertas excesivamente pesadas. De no poder exentarse de la vivienda, deberán colocarse sobre refuerzos de concreto armado.
- d) El proyecto del inmueble deberá tender a la simetría, tanto en planta como en alzado, buscando la horizontalidad y ubicando los muros en dos direcciones perpendiculares. La forma circular es la mejor, ya que se comportará siguiéndole el cuadrado en comportamiento ideal.
- e) Dadas las últimas experiencias del sismo de 1985, y las características del adobe, se deberá diseñar una estructura rígida, la cual a su vez defenderá el inmueble contra otros daños naturales.
- f) La resistencia sísmica de una estructura de adobe está fundamentada en sus muros, por tanto éstos deberán estar distribuidos lo más uniformemente posible, mejorando su comportamiento a base de marcos y cadenas. Para evitar el efecto de la tracción además de los refuerzos de los muros es necesario tomar en cuenta el techo y los entrepisos que pueden ayudar al exceso de deformaciones.
- g) Cuando se emplee un techo flexible se usará en la mayoría de los casos un techo ligero  $50 \text{ kg/m}^2$ , lo que implicará menor momento de inercia, sin embargo, no asegurará el comportamiento de la estructura. La integración de muros y techo, provoca el efecto de "Caja" que a una mejor respuesta al sismo. Todo esto, tomando en cuenta que el amarre entre vertical y horizontal deberá ser el adecuado.
- h) Deberá de haber compatibilidad de muros con cimentación uniéndolos adecuadamente para evitar deslizamientos debidos a la masa y rigidez del sistema, y a la baja resistencia al esfuerzo cortante del material. El agua de lluvia puede erosionar los muros y disminuir su sección, así como penetrar por capilaridad reduciendo notablemente la resistencia mecánica.

Como se podrá apreciar el diseño contra el sismo no es sencillo, debido a que la tierra arada y el adobe no son materiales fáciles de adoptar y reforzar.

En primer lugar debe mejorarse la resistencia del material y en segundo limitar alturas, establecer cimentaciones con estabilización "pobre" limitar claros de puertas y ventanas y aplicar los diversos detalles para una rigidización eficiente.

- i) El efecto de la cadena-viga de remate en el perímetro, es el de reducir los desplazamientos por flexión y anular el giro en las esquinas, fungiendo así como un apoyo elástico.
- j) Cuando existen muros intermedios se obtiene una mayor resistencia a la flexión y a la torsión.
- k) La viga-cadena desempeña un papel importante cuando se agrietan los muros en sus esquinas superiores, porque en esta condición, los muros no quedan sueltos apoyándose en la viga, y evitando así se volteen. Se recomienda el empleo de "espolones" para lograr un mayor amarre de la cadena con una profundidad mínima de 40 cm.
- l) Siendo las esquinas, las zonas más débiles en las plantas rectangulares, se presenta la opción de la planta redondeada. En un planta elíptica, el período de vibración disminuye un 46%, mientras que en la redonda un 56%. A pesar de esta disminución, hay desventajas como el aumento en el esfuerzo cortante, 2.17 veces en el plana elíptica y 1.68 veces en la circular. En cambio, los momentos flexionantes alrededor de un eje vertical disminuyeron 37 y 3 por ciento para las plantas elíptica y circular respectivamente; los correspondientes momentos de volteo se redujeron a 8 y 25 por ciento.<sup>20</sup>
- m) El incremento de la resistencia a la flexión se puede lograr reduciendo las longitudes de los muros y sus alturas, logrando un mayor subdivisión del espacio interior o con elementos de refuerzo horizontal de acero, madera o caña.
- n) La proyección contra la intemperización se logra reduciendo la permeabilidad de la tierra con los aditivos, pero también con los aleros y los rodapiés.
- ñ) Se deberán limitar y reforzar los vanos de puertas y ventanas de tal manera, que la relación altura-longitud no deberá ser superior a dos, procurando enmarcarlos, o cuando menos adintelarlos con madera o concreto y con un empotre mínimo lateral de 20 cm.
- o) En la construcción de muros de adobe o de tapia no se deberá levantar más de 2m de altura por día, y la altura de éstos no deberá ser mayor que "h" veces su espesor, siendo "n" el valor indicado en la tabla para el diseño de relaciones geométricas, en el entendido que los menteros empleados sean de buena calidad.
- p) Cuando el muro de tierra o adobe no está reforzado con castillos, deberá reforzarse con contrafuertes o muros transversales a no más de 2n veces su espesor, pero no mayor de 4 m.

<sup>20</sup> Op. cit., Jornadas, p. 36.

- q) En caso de usar adobe estabilizado, es permisible el empleo de columnas cortas con un mínimo de 50 cm por lado.
- r) Para la prevención de ampliaciones, se deberán dejar contra fuertes en la dirección de la futura ampliación.
- s) Cuando se refuerce con concreto un muro de tierra, éste deberá tener el 80% del espesor del muro, usando como mínimo un concreto f'c 150 Kg/m<sup>2</sup> y previniendo que el mínimo refuerzo de acero sume un área que no sea menor de 0.2 f' cty. El área de refuerzo transversal no será inferior a 100 s/fy dc; siendo "S" la separación de los estribos y de el peralte del castillo. La separación de estribos no excederá 1.5 dc ni 20 cm.

Al final de esta tesis (Apendice I) se anexan parte de los apuntes para diseño de construcciones de adobe y tierra estabilizada que tomamos de diversas experiencias del Dr. Oscar Hernández Badillo por considerarlas de suma utilidad y por su nitidez cabe aclarar que el Instituto de Ingeniería de la UNAM publicó una información similar intitulada *Seguridad en casas de adobe ante sismos*.

## VII-2 ESTABILIZACION DE LA TIERRA

La arcilla contenida en una mezcla de tierra para construcción, es susceptible a sufrir diversas variaciones en proporción directa a la dosificación de agua, provocando hinchamientos y contracciones que crean fallas en la respuesta del material.

Para reducir las variaciones de volumen y resistencia en la construcción con tierra, es necesaria la inclusión de una sustancia estabilizadora que tendrá por objeto el unir entre sí a las partículas de la mezcla, impidiendo que ésta absorba más agua de la necesaria y evitando así las contracciones y variaciones, ayudada a su vez, por la compresión mecánica generada por la maquinaria especializada.

Como se ha visto (en el capítulo II-I) la clasificación de la tierra es una de las primeras preguntas que se deberá hacer el constructor de tierra, quien deberá determinar la distribución de sus partículas y la composición química.

Existen una gran cantidad de estabilizadores, los tradicionales que se han mencionado a lo largo de este trabajo, o bien los descubiertos recientemente, los cuales se dividen en cuatro categorías según el efecto que tiene sobre la tierra, y que son: la de cemento, la asfáltica, la de armazón y la de tratamiento químico.

En algunos casos se mezclan arcillas por ejemplo, de plasticidad baja y alta, obteniendo un material adecuado para fabricar ladrillos con poca cal; otras veces las arcillas de plasticidad media a alta se les mezcla con limo o arenas trituradas (polvo de roca). En términos generales se puede decir que en arcillas de plasticidad media comprendida entre 20 y 30, se estabiliza el material con lo o



20 por ciento de material limo-arenoso y con 0.02 en peso de cal. En arcillas con plasticidad alta comprendidas entre 35 y 45 se requiere para estabilizar los porcentajes de material limo arenoso de 20 a 20; y .2 a .03 en peso de cal.

### ESTABILIZACION POR CEMENTO

Consiste en añadir a la mezcla de tierra, una sustancia que solidarice la arena y las partículas, formando así un esqueleto que resista las variaciones de volumen y la absorción del agua.

El cemento tipo Portland ha sido empleado con amplios y satisfactorios resultados durante los últimos años presentando las siguientes ventajas:

- a) Trabaja muy bien con una amplia variedad de suelos, particularmente con los ricos en cal, los cuales no son los más adecuados para aplicar estabilizadores asfálticos.
- b) Tiene un bajo índice de retracción (resquebrajamiento) durante el proceso de secado, presentando mejores resultados que con las emulsiones asfálticas.
- c) Incrementa significativamente la resistencia en condiciones de humedad o resequedad, mientras que la mezcla asfáltica sólo se incrementa en ambientes húmedos.<sup>30</sup>

El contenido usual de cemento fluctúa entre el 5 y el 10% dependiendo del balance entre los costos de cemento y las propiedades deseadas en la estabilización; siempre es aconsejable realizar pruebas previas a escala para predecir el comportamiento.

Las mezclas con cemento deberán ser "curadas" por lo menos durante una semana, cubriendo el producto con capa mojada, hojas, papel o protegiéndolas con cobertizos adecuados.

La compactación manual o mecánica es un apoyo para que las mezclas de tierra-cemento se componen mejor ante el agua sin que nunca llegue a ser lo resistente a ésta, como con los estabilizadores asfálticos o polímeros. El contenido de agua durante la fabricación, deberá ser siempre controlado siendo éste más eficiente con mezcladores mecánicos, que lograrán una mejor mezcla y mayor resistencia. El agua deberá ser baja en contenido de sales con un máximo porcentaje del 0.02%.

Cuando el cemento no está disponible o es muy caro, se suelen usar hidróxido u óxido de calcio (cales) que por sus cualidades corrosivas lo hacen más difícil de manejar (cuidado con ojos y manos). Asimismo, el tiempo de "curado" deberá ser mayor, (mínimo dos semanas) retardando el proceso constructivo pero permitiendo hacer mezclas de mayor volumen la mezcla de cal y

<sup>30</sup> Fern, Richard, *Stabilized Earth Construction*, The International Foundation for Earth Construction, Washington, 1984.

cemento, también es posible, aprovechando las ventajas respectivas de tiempo de secado, resistencias y manipulación en el caso de adobes o bloques.

Se puede utilizar también una mezcla de cenizas de coque de hulla con cal, obteniendo así un cemento pobre pero también con buenas propiedades.

También se ha trabajado con éxito empleando las "puzolanas", particularmente las de síntesis que al combinarse con la cal le confieren poderosas propiedades hidráulicas.

De una puzolana natural, como es el caolín, se obtiene el meta-caolín que es una puzolana de síntesis.

Esta, al 25% con cal también a 25% y cemento al 50%, logra un aglutinante especial que en bloques estabilizados de 4 a 8% de aglutinante y mediante un prensado correcto ha dado resistencia entre 40 y 120 kg/m<sup>2</sup> a los 60 días.

### ESTABILIZACIÓN ASFALTICA O POR IMPERMEABILIZACIÓN

Esta estabilización consiste en envolver las partículas de arcilla con una capa impermeable.

El más conocido es el asfalto o betún, que es un residuo obtenido en la destilación del petróleo crudo que contiene aceites y resinas del petróleo.

Su utilización se conoce desde hace miles de años mediante un líquido pastoso que se mezcla con agua a un 35 o 40% o con un solvente volátil. Esta lubricación de las partículas de arcilla, permite un mejor apisonamiento limitando (debido a la gran cantidad de agua) su uso a la fabricación de blocks o ladrillos exclusivamente y debiéndose evitar en la construcción de tapias.

Las emulsiones se suelen describir como anódicas o catódicas en referencia a su signo, ya sea negativo o positivo respectivamente.

Las emulsiones asfálticas usadas para trabajo con tierras, con las llamadas ss-1 y DM-1 que son del tipo anódico. El sufijo 1 ó 2 indican la menor o mayor viscosidad respectivamente, sin que ésto signifique gran cosa debido a que en fabricación de tierras, siempre se usa el agua, las emulsiones catódicas se suelen representar agregándoles una "C" o una "K", por ejemplo CSS-1 o SSK-1.<sup>31</sup>

El porcentaje de emulsión necesaria para lograr resistencia al agua es de 4 al 6% de peso seco. Si la emulsión contiene 60% de sólidos, habrá que considerar que éstos constituyen del 2.5% al 4% de la mezcla total antes de la hidratación.

Después de esta aplicación, se requerirán de 4 a 6 semanas de secado en clima templado.

Los *CUTBACKS asphalt* al 75% también llamados asfaltos líquidos no se suelen usar en las mezclas de tierra, pero es bueno considerarlos cuando no hay emulsiones disponibles. Los *CUTBACKS* son más difíciles de mezclar que las emulsiones, tomando un mayor tiempo de curado y secado sin que éstos dejen de emitir un olor a petróleo por un largo tiempo.

<sup>31</sup> Stabilized Earth Construction the International Foundation For Earth Consimetias, Washington, D.C., p. 28. Fer, Richard 1984

Los *curbacks* pueden ser de rápido, medio y bajo curado. Los rápidos y mas adecuados para la fabricación con tierra usan como solvente a la gasolina. Los medios usan la Kerosena y requieren un largo tiempo de curado; y los bajos o pesados tienen aceites pesados que tardarán mucho tiempo en evaporarse, por lo que nunca deberán ser usados en la estabilización de tierras, así como aceites quemados u otros aceites lubricantes.

La estabilización de asfalto presenta las siguientes ventajas:

- a) Bajo costo que siempre suele ser menor que los de cementos o cales.
- b) Resistencia a la penetración del agua que no será mayor del 12%.

Por ejemplo, si se coloca un adobe con 4.5% de emulsión en un depósito de agua, se podrá observar que la penetración de la misma después de 6 meses de inmersión, será aproximadamente de 5 mm de profundidad, lo que ha provocado el uso de adobes estabilizados hasta en la construcción de pequeñas albercas.

#### CUADRO COMPARATIVO DE ABSORCIONES<sup>32</sup>

Tabiques de concreto ligero	20 al 25%
Tabique rojo recocido	8 al 12%
Aplanado cemento-arena	8 al 11%
Madera de pino	4 al 8%
Adobe estabilizado con asfalto	0.5 al 3%

Las tierras compactadas en su estado natural varían de 14 a 55 kg/m<sup>2</sup> a la compresión, misma que no se pierde cuando el estabilizador es aplicado adecuadamente y está en un medio húmedo; pero puede perderla con un exceso de "lubricación" para lo cual se aconseja efectuar las pruebas necesarias.

También es adecuada su resistencia a la erosión de vientos, y fuego, así como insectos, termitas y roedores. Las pinturas de latex se suelen adherir bien al adobe de estas características, cuando se usa la pintura de aceite primero se deberá sellar con una resina o con aceite de linaza.

En Europa y África también se ha trabajado con el aceite de coco, las savias de ciertas plantas de caucho, el pudrimento de plantas de savia oleaginosa (plátano), los aceites vegetales y los residuos del prensado de las acetonas; los cuales han sido utilizados para reforzar el mortero de tierra.

#### ESTABILIZACION POR ARMAZON

Consiste en agregar a la mezcla de tierra un material de cohesión, como grano o fibra que permita un mayor fortalecimiento por medio de un esqueleto, que

<sup>32</sup> Stabilized Earth. Construction, op. cit. p. 33.

adhiera la solución sin que ésta deje de ser sensible a las infiltraciones de agua, pero sí asegurando una subsistencia contra la erosión de lluvia y viento.

Este sistema "local" representa la variable pobre y tradicional de la estabilización con los consecuentes riesgos de pudrimiento y parásitos.

Una de las tantas alternativas son la paja seca, las fibras vegetales como el cáñamo, magüey; las fibras de hojas de palmera o de pino; las virutas de madera y las cortezas; el pelo de animal, el heno, el estiercol etcetera.

### **ESTABILIZACION POR TRATAMIENTO QUIMICO**

Consiste en mejorar las propiedades de la tierra, añadiéndole sustancias que formen compuestos estables con la arcilla, los cuales varían según la composición de la muestra.

En algunos casos, la estabilización con cal o punzolanas reacciona químicamente con los silicatos y aluminios. Particularmente los silicatos de sosa son productos poco caros y muy eficientes.

La utilización de estabilizadores químicos interviene tanto en muros como en los aplanados, los cuales se verán más adelante en los productos ofrecidos por las empresas especializadas, que han llegado a eficientes fórmulas muy resistentes a intemperismo y fuerzas mecánicas.

La estabilización con polímeros líquidos ha dado excelentes resultados lográndose excelente permeabilidad y ayuda a la resistencia mecánica.

Una buena mezcla de tierra con cal al 10% puede llegar a dar resistencias mecánicas de 35 a 38 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que a la misma mezcla agregándosele un polímero al 1%, se incrementa la resistencia hasta 55 kg/cm<sup>2</sup> (información proporcionada por el Ing. Francisco Piazzesi).

El límite líquido (ver lámina 49) de una muestra de tierra se obtiene de gotearla sobre un vidrio de reloj, hasta lograr que la absorción de la gota dure más de 30 segundos, determinándose así el límite líquido. El límite plástico se determina con la máquina de CASASA GRANDE, donde en base a un golpeteo constante (25 golpes) se determina la deformación de la tierra; los cuales como consecuencia tienen un alto índice plástico, y, por el contrario, esto no sucede con los asfaltos.

### **VII-3 MAQUINARIA Y EQUIPO**

Para la elaboración y el montaje de la tierra cruda en sus diversas modalidades, se puede y se debe recurrir a implementos mecánicos que hagan más eficiente, rápida y barata la construcción.

Hay tres grandes grupos correspondientes a la cantidad, calidad y ubicación de las construcciones que se pretenden realizar.

## ZONAS PREFERENCIALES DE ESTABILIZACION EN FUNCION DE LA PLASTICIDAD

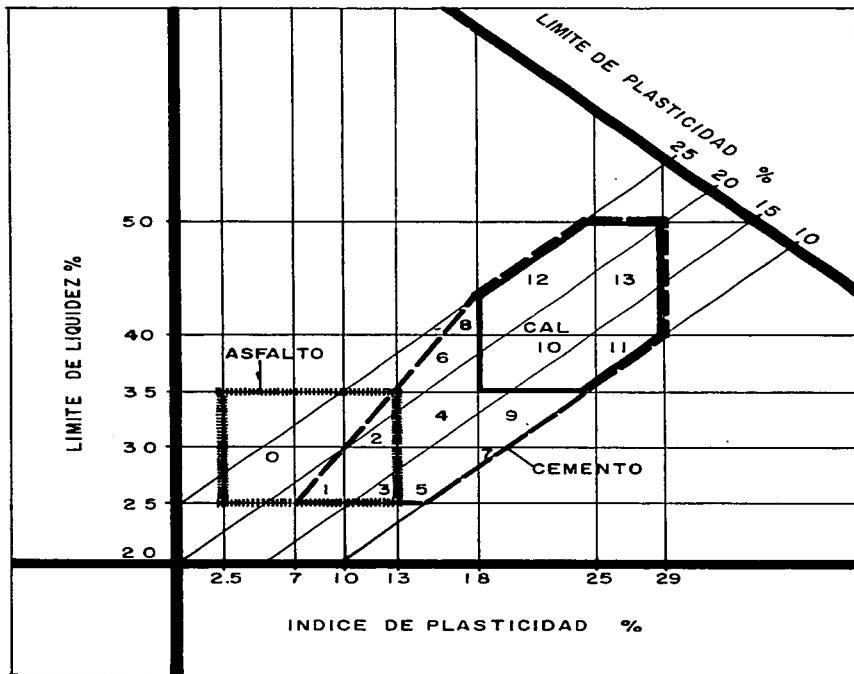


LÁMINA NO. 55.

A menor liquidez, menor plasticidad por lo que los asfaltos serán mejores en tierras "secas".

## CURVA PREFERENCIAL DE UTILIZACION EN FUNCION DE LA GRANULOMETRIA

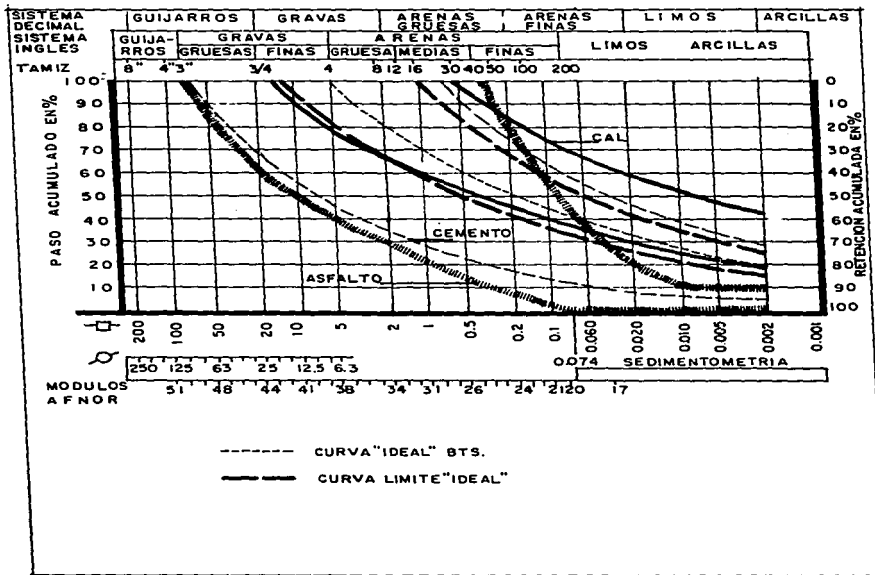
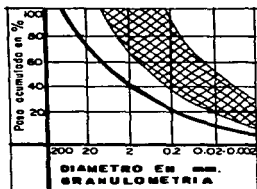


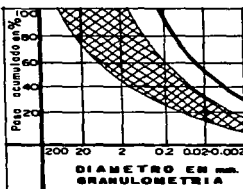
LÁMINA No. 56.

Dadas las diferentes cualidades como adherentes, se puede apreciar que los asfaltos y cementos pueden aglutinar gravas y arenas, mientras que las cales sólo arenas medianas y finas.

**CRITERIOS DE CONGRUENCIA.  
ADOSE**



**CRITERIOS DE CONGRUENCIA.  
TAPIAL**



**CRITERIOS DE CONGRUENCIA.  
BLOQUES COMPRIMIDOS**

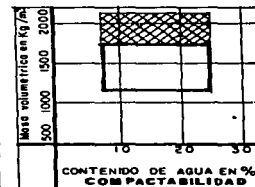
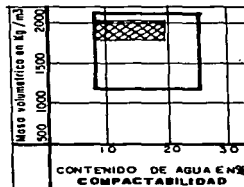
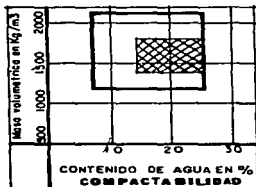
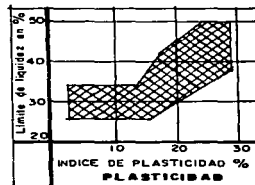
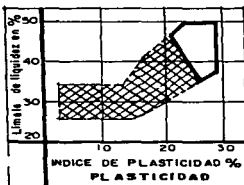
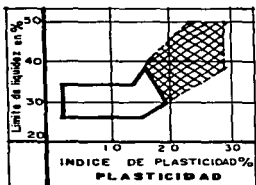
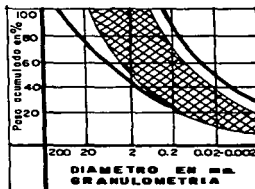


LÁMINA No. 57.

El adobe, por sus dimensiones, acepta una mayor plasticidad y consecuentemente una granulometría mayor que el sistema de tapia; aumenta su compatibilidad con mayor contenido de agua.

El primero es manual; se suele aplicar en localidades alejadas y con escasa o mala supervisión técnica, que suele desarrollar proyectos a pequeña escala.

En él se usan principalmente las manos y pies para mezclar y amasar, así como para "manear" o enjarrar muros. También se usan herramientas menores como pisones de madera, palas, picos y madera para andamiaje o para cimbra en el caso de los tapiales.

El segundo grupo es el que emplean los pequeños constructores o las comunidades asesoradas por arquitectos o técnicos y eventualmente son financiados por presupuestos federales o estatales.

Se puede usar equipo adaptado con los implementos agrícolas. Para la extracción de la tierra, se puede usar un tractor agrícola y una rastra adecuada; o un trascavo auxiliado con riper o con rastra.

Para el transporte se usa la carretilla, carreta con tracción animal o cargadores frontales. También se pueden usar vehículos como Pick-ups o camiones.

Para la molienda se usan, desde asadones, picos, marros y hasta pequeños molinos adaptados con una polea al diferencial del tractor.

Para el trabajo del amasado además del manual, se pueden utilizar animales o equivalente industrial como la moto cultivadora de gasolina.

El molino tiene una variante más sofisticada, que es la mezcladora que ahorra mano de obra y permite amasar la cantidad de agua correcta, mejorando así la calidad del relleno. Produce una mezcla muy homogénea y bien controlada que permite realizar correcciones de granulometría.

Hay dos tipos muy característicos de mezcladoras, las turbo mezcladoras y las mezcladoras lineales.

La turbo mezcladora es de eje vertical, se utiliza generalmente en la fabricación de tabicón o block de concreto. Su capacidad se mide según el volumen de su trina o "trompo", pero para la mezcla de barro no se puede utilizar más que el 60% del volumen. Hay diferentes módulos de 150, 250, 500 y 750 litros según el tipo de producción.

Las mezcladoras lineales, son máquinas previstas para mezclar tierras plásticas y se utilizan a menudo para preparar adobes o ladrillos. Existen variantes, con uno o dos ejes, con flujo continuo o discontinuo. En México no se fabrican, pero se pueden conseguir en los Estados Unidos; el más barato, que produce de 4 a 5 m<sup>3</sup> por día, cuesta alrededor de \$ 1 600 U.S., las más grandes utilizadas en la industria cerámica se encuentran a partir de \$ 10 000 U.S. y pueden preparar hasta 50 m<sup>3</sup>/día.

Es posible emplear revolvedoras para concreto sólo cuando se les quiten las paletas y se les gire posición vertical, obteniéndose un juego de paletas o cuchillas verticales, que fijadas sobre un armazón especial, penetran en la masa en movimiento logrando buenos resultados.

Una vez que se tiene la mezcla se procede a colocarla en moldes tradicionales de madera o lámina; o a prensarla manualmente en máquinas como la *yuya* o la *Cinva Ran*. (Ver el capítulo de los aspectos económicos o mecánicos empleando electricidad diesel o gasolina en máquinas como los que vende Ital Mexicana o Vivienda Pueblo.)



lital Mexicana vende sus máquinas adopress con números 1 000, 2 000, 3 000, 5 000, 8 000 y 12 000, que corresponden al número de unidades diarias que pueden fabricar. Los tres primeros pueden clasificarse dentro del segundo grupo, mientras que los tres restantes corresponden a la clasificación del tercer grupo.

Hay otra posibilidad para la fabricación, la extracción que se ha usado largamente en la fabricación de blocks y losetas prensadas como los del tipo "Santa Julia". El proceso de homeado es eliminado y consecuentemente por la reducción de energía que incide en la reducción del costo final.

El tercer y último grupo es al que recurrirán los Industriales de fabricantes de materiales de construcción y los grandes constructores de desarrollos o viviendas. El equipo usado es el mismo, pero en proporciones mayores que el que se analiza para la ADOPRESS 3000 o para las de Vivienda Pueblo, con la ventaja de una mayor eficiencia y reducción de los costos y tiempos de producción.

Para revestimientos de muros y plafones, se han usado con éxito lanzadores de concreto o estuco de alta presión.

En Francia en julio de 1985, se usó una transportadora neumática polivalente que consta de una Tolva de almacenamiento conectada con un compresor de aire, logrando una adherencia muy buena mezclando barro y paja, pero aumentando la tasa de humedad en un 40% para evitar el bloqueo de la boca de la lanza.

Hay también en el Sur de los Estados Unidos una máquina muy popular que se emplea desde hace 40 años, ésta es montada sobre el chasis de un camión de 2 ejes. (Ver Lámina 60).

La máquina es operada en terreno plano y va depositando los adobes sobre largas hojas de papel Kraft o sobre hojas de paja. El depósito de 24 piezas es bajado hidráulicamente al suelo y posteriormente la HOPPER, como se le llama en inglés a la máquina, es movida hacia adelante para volver a realizar la misma operación. El inventor de este sistema es el Sr. Hans Sumpe quien reside en Fresno, California.

Para la construcción de caminos, presas y obra de infraestructura se tendrán que usar las máquinas que tradicionalmente se emplean como moto-conformadoras, compactadoras, etcétera.

Además de las escasas alternativas que ofrece el mercado nacional creo prudente enlistar otras máquinas manuales y mecánicas que además de venderse en varios países, son muestra del interés y la difusión de las técnicas de la tierra.

1. **MULTIBLOC BREPAK** fabricada por Multibloc Limited Bristol England. Fabrica (manual) bloques de 29 x 14 x 10 cm. obteniendo 30/40 pzas. por hora y con un precio de venta de \$ 2 140.00 US.
2. **VS CINVA RAM** hecha por Suhanpai Metal Works LTD de Tanzania. Fabrica (manual) bloques de 30 x 14 x 12 cm. obteniendo hasta 40 pzas. por hora requiere una mano de obra de 6 trabajadores incluyendo excavación y mezclado. Se vende a \$ 350.00 US.

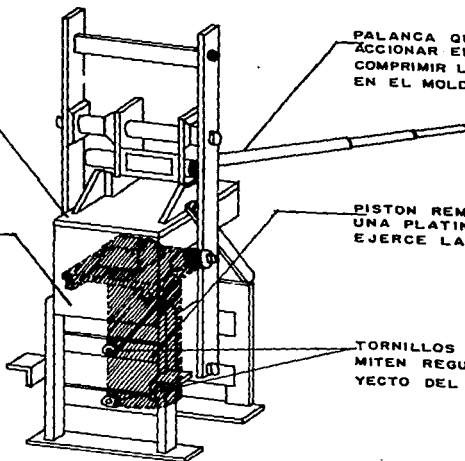
TAPADERA QUE SE PUEDE  
ABRIR CUANDO SE VOLTEA  
EL BRAZO EN POSICION DE  
VACIADO.

CAJA METALICA

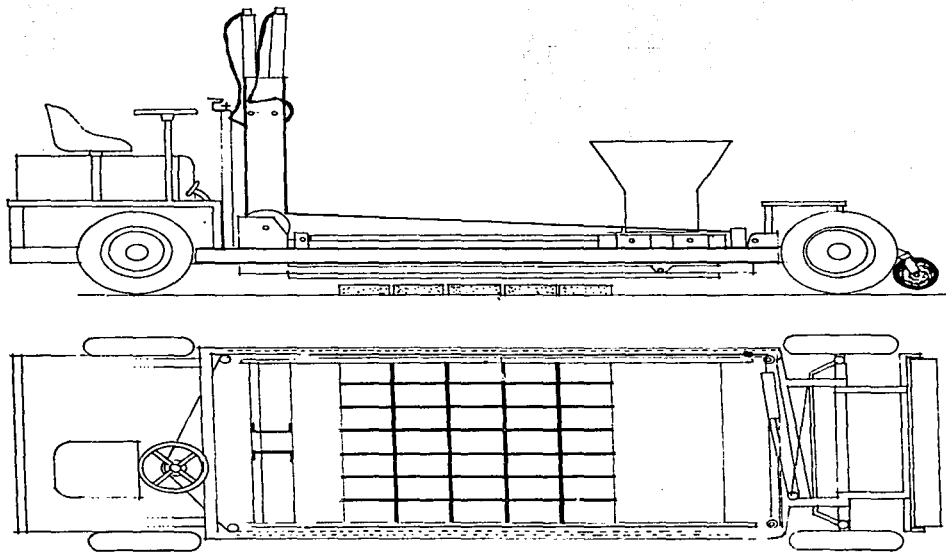
PALANCA QUE PERMITE  
ACCIONAR EL PISTON Y  
COMPRIMIR LA TIERRA  
EN EL MOLDE

PISTON REMATADO POR  
UNA PLATINA QUE  
EJERCE LA PRESION.

TORNILLOS QUE PER-  
MITEN REGULAR ELTRA  
YECTO DEL PISTON.



MAQUINA "CINVA-RAM" PARA LA FABRICACION DE BLOQUES DE  
TIERRA ESTABILIZADOS



LAMINA NO. 59.

Planta y alzado de la Hopper de Fresno, California.

3. **TEK - BLOCK PRESS** fabricada por el departameto de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Kumasi en Ghana.

Elabora (manual) bloques de 29 x 21.5 x 14 cm. obteniendo hasta 50 pzas. por hora requiere una mano de obra de 10 trabajadores incluyendo excavación y mezclado. Se vende en \$ 175.00 US.

4. **ASTRAM SOIL BLOCKMACHINE** producida por Aeroweld Industries de Bangalore, India.

Fabrica (manual) tres diversos tamaños de bloques obteniendo entre 56 y 112 pzas. por hora requiere una mano de obra de 5 hombres y varía según sus moldes entre \$ 400.00 y \$ 540.00 US.

5. **ELLSON BLOCKMASTER** fabricada por Kathiawar Metal, India.

Produce (manual) 5 diversos tamaños de bloques obteniendo entre 90 y 100 piezas por hora; requiere una mano de obra de 10 trabajadores. Su precio de mercado con un molde es de \$ 750.00 US y de \$ 900.00 US con dos moldes.

6. **MARO DC. PRESS** hecha por Miklein de Suiza.

Fabrica (manual) bloques de 30 x 15 x 10 cm. o 30 x 15 x 5 cm. obteniendo 75 bloques por hora requiere una mano de obra de 3 trabajadores y vale \$ 980.00 US.

7. **UNATA 1003 Y 1004** fabricada por UNATA C.V. de Bélgica.

Manufactura (manual) bloques de 29 x 14 x 9 cm. obteniendo 70 bloques/hora. La 1004 requiere 5 trabajadores incluyendo la excavación y el mezclado y se venden en \$ 500.00 y \$ 550.00 US respectivamente.

8. **GEO 50** hecha por Altech de Francia.

Fabrica (manual) bloques de 29.5 x 14 x 9 cm obteniendo 100 pzas./hora requiere 6 trabajadores incluyendo la excavación y el mezclado. Se vende en \$ 1 050.00 US.

9. **CINVA-RAM** producida por Metalibec S.A. de Bogotá Colombia.

Fabrica (manual) bloques de 29 x 14 x 9 cm. y de 29 x 14 x 3.8 cm. con un rendimiento de 60 y 87 piezas por hora respectivamente. Requiere 4 trabajadores y se vende en \$ 230.00 US.

Además de estas máquinas manuales están disponibles la CETA-RAM de Guatemala, la CTA-TRIPLE de Paraguay, la CRATERRE América Latina Press de Perú, la IIT Madras y la TARA BALRAM de la India.

Del grupo de las mecánicas, tenemos las siguientes opciones.

1. **SEMI-TERSTAMATIQUE** de manufactura Belga.

Fabrica (mecánica) bloques de 22.5 x 10.5 x 6 cm. o de 29.5 x 14 x 9 cm. obteniendo para el primero 400 pzas./hora y para el segundo 200 pzas./hora requiere 7 trabajadores y se vende en dos opciones: la eléctrica en \$ 9 500.00 US. y la diesel en \$ 10 300.00 US.

2. **CERAMATTO** fabricada por CERATEE de Bélgica.

Produce (mecánica) bloques de 22 x 10.7 x 7 cm. o 29.5 x 14 x 7 cm. obteniendo para el primer tamaño 1 700 piezas/hora y para el segundo 850 pzas./hora;

requiere de 2 trabajadores para operar la máquina y 7 para excavar y mezclar, la versión eléctrica cuesta \$ 17 100.00 US y la diesel \$ 18 200.00 US.

3. PACT 500, manufacturada por ALTECH en Francia.

Fabrica mecánicamente bloques en 3 diversas medidas obteniendo entre 250 y 500 pzas./hora requiere 7 trabajadores incluyendo excavación, mezclado y cuesta \$ 14 300.00 US.

4. MEGABRIK, manufacturada en Francia por "Les Ateliers de Progres".

Fabrica con sistemas eléctricos o diesel bloques en dos medidas empleando 5 trabajadores la eléctrica cuesta \$ 25 000.00 US y la diesel \$ 28 500.00 US.

5. CLU - 300 manufacturada en Alemania por Intez GmbH.

Elabora tres tamaños de bloques y rinde 350 pzas./hora usa el sistema Consoldy conservex que es el mismo adoptado en México por el Ing. Chevernovetzky. Se vende en \$ 31 000.00 US y requiere para su trabajo de 6 obreros.

6. DYMATERRE 01.4 M es una unidad móvil construida en Francia por ESTRAFFIN.

Fabrica 3 tamaños de bloques y rinde 250 pzas./hora. Requiere de 9 trabajadores y se vende en \$ 83 000.00 U.S. Se vende también en 3 modelos más sofisticados para ofrecerse el más completo en \$ 160 000.00 U.S.

7. PRES-BLOC GOTM manufactura en Francia por GEObETON ONE.

Emplea moldes para bloques de 29 x 14 x 9 cm. Emplea de 6 a 8 trabajadores y cuesta aproximadamente \$ 90 200.00 U.S. Su rendimiento llega hasta los 320 bloques por hora.

## VIII - DIVERSOS ASPECTOS DE LA CONSTRUCCION

### VIII - 1 ASPECTOS ECONOMICOS DE LA CONSTRUCCION CON TIERRA

En materia económica, al igual que en otros aspectos la tierra es más barata que la tierra cocida o concreto armado, en particular cuando se cambia el sistema de administración, aplicándose la autoconstrucción con la cual se llegan a reducir los costos hasta en un 50%.

Por otro lado se sabe que el tabique que está en un muro no consta en realidad más que del 17 al 20% del costo de una vivienda de calidad media. O sea que si se reemplaza el tabique por tierra cruda estabilizada, y se abate su costo en un 50%, el precio total de la construcción se reducirá de un 8.5 a un 10%.

Como se observa, ésto no es de relevancia, pero sí lo es si se contemplan todas las otras incidencias como son el transporte, el combustible, la mano de obra, así como las diversas posibilidades a corto plazo que representan las investigaciones sobre pisos y cubiertas.

Hay otro tipo de ahorros que deben contemplarse como el de la energía, que en una casa de adobe, puede llegar a representar un ahorro del 50% en el consumo de carburantes.

Según los costos de Ital Mexicana, el incremento en un metro cuadrado de muro de adobe estabilizado es el siguiente:

Bloque de concreto	38%
Sílicos calcáreos	88%
Ladrillo rojo	91%
Tabique extruido	151%

Para el caso del tapial, se pueden considerar los siguientes rendimientos: con una cuadrilla de 1 oficial y tres peones se pueden ejecutar de 8 a 12 m<sup>2</sup> de tapial de 40 cm de ancho en un día.

Para los muros de bloques comprimidos estabilizados, se procede a efectuar el siguiente análisis con tres sistemas mecanizados diferentes, que se pueden encontrar en el mercado nacional.

En primer lugar se analizará el costo horario en el Distrito Federal las tres máquinas a las que procesando diversos materiales (ver listado de precios unitarios) logran diversas alternativas que se comparan al final de este capítulo.

Maquinaria manual para adobe prensado de fabricación en el taller del Arq. Raúl Sánchez Mora a base de ángulo, solera y placa de 350 kg de peso.

---

1. Interés/capital					
5% mensual sobre el valor de la máquina de fabricación de adobe					
	<u>0.05 x 1 Pza</u>	Pza = 0.00024	4 025 000.00	\$966.00	
	208 h				
2. Depreciación:					
Se considera la depreciación total en 24 000 h					
	1 Pza/24 000 h de vida	Pza = 0.000042	4 025 000.00	\$169.00	
3. Reparaciones:					
Se considera el 60%					
		% 60.00	169.00	\$101.00	
4. Contribuciones y almacenaje					
	60 000 + 30 000.00 = 90 000	h 1.0	433.00	\$433.00	
5. Operador de primera 20 065.00					
	Ayudantes tipo a		44 658.00		
	Suma:	64 723.00	Jor. 0.125	64 723.00	\$8 090.00
		Costo horario = \$9 759 00 + 90 = \$108.94			

---

Maquinaria para fabricación adobes prensados  
adopress 3 000 de Ital Mexicana, S.A.

<b>1. Interés/capital</b>					
5% mensual sobre el valor de la máquina para fabricación de adobe					
$\frac{0.05 \times 1 \text{ pza}}{208 \text{ h}}$	Pza	0.00024	\$39 381,750.00	\$9 452.00	
<b>2. Depreciación:</b>					
Se considera la depreciación total en 24 000 h					
$\frac{1 \text{ pza}}{24 000 \text{ h}}$	Pza	0.000042	39 381 750.00	1 654.00	
<b>3. Reparaciones:</b>					
Se considera el 60%					
	%	60.00	1 654.00	992.00	
<b>4. Contribuciones y almacenaje</b>					
60 000 + 30 000					
=			$\frac{90 000}{208 \text{ H/mes}}$	433.00	433.00
<b>5. Consumo de energía eléctrica:</b>					
37.5 HP x .746 = 28 kw					
	kw 28l		75.00	2 100.00	
<b>6. Mano de obra:</b>					
1 operador de primera = 20 065.					
2 ayudantes tipo A + $\frac{29 772.}{\text{Jor}}$					
	Jor	0.125	49 837.00	6 230.00	
suma: 49 837/8h					
Costo horario = \$20 861.00 + 188 = \$ 110.97 Pza.					



Maquinaria para fabricación de adobe prensado y estabilizado de vivinda Puebla, S.A. a base de motor diesel modelo CIU 3 000

1. Interés/capital					
5% mensual sobre el valor de la máquina para fabricación de adobe					
	$\frac{0.05 \times 1 \text{ pza}}{208 \text{ h}}$	Pza	0.00024	\$46 955,650.00	\$11288.00
2. Depreciación:					
Se considera la depreciación total en 24 000 h;					
	1 pza/24 000 h de vida	Pza	0.000042	46 955 650.00	1 972.00
3. Reparaciones:					
Se considera el 60%					
		%	60.00	1 957.00	1 175.00
4. Contribuciones y almacenaje					
	60 000 + 30 000				
	= $\frac{90 000}{208 \text{ h/mes}}$	h	1.00	433.00	433.00
5. Consumo diesel:					
	750 l/hora	L	5.50	445.00	2 448.00
6. Consumo de aceite:					
	1.00/208 h	L	0.0048	4 600.00	23.00
7. 1 operador de primera 20 065.					
	2 ayudantes tipo A $\frac{29 772.}{\text{Jor}}$	Jor	0.125	49 837.00	6 230.00
	suma: $\frac{49 837}{8H}$				
Costo horario = \$23 569.00 + 188 pza/h = \$125.37					

Listado de elementos materiales

GRU	DESCRIPCION	UNIDAD	FECHA	COS. BASE	COS. REAL
1	Cemento gris	Ton	6/may/88	\$ 160 000.00	\$ 160 000.00
1	Agua	m <sup>3</sup>	6/may/88	\$ 312.00	\$ 312.00
1	Arena	m <sup>3</sup>	6/may/88	\$ 20 000.00	\$ 20 000.00
1	Grava	m <sup>3</sup>	6/may/88	\$ 20 000.00	\$ 20 000.00
1	Andamio	uso	6/may/88	\$ 1 357.00	\$ 1 357.00
1	Block-semi-pesado 10 x 20 x 40	Pza	6/may/88	\$ 550.00	\$ 550.00
1	Tabique	Pza	6/may/88	\$ 140.00	\$ 140.00
1	Loseta Sta. Julia sin esmaltar	m <sup>2</sup>	6/may/88	\$ 14 520.00	\$ 14 520.00
1	Vigueta No. 16 de 8.00 m	ml	6/may/88	\$ 9 135.00	\$ 9 135.00
1	Bovedilla 16/90 cm	Pza	6/may/88	\$ 1 570.00	\$ 1 570.00
1	Malla electro-soldada 6-6/8-8	m <sup>2</sup>	6/may/88	\$ 2 650.00	\$ 2 650.00
1	Cemento blanco	Ton.	6/may/88	\$ 250 000.00	\$ 250 000.00

Análisis de Costo  
Mortero Cemento Arena 1:5

Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Importe
<b>MATERIALES</b>				
Cemento gris	Ton	0.3600	\$ 160 000.00	\$ 57 000.00
Agua	m <sup>3</sup>	0.3250	\$ 312.00	\$ 101.40
Arena	m <sup>3</sup>	1.2300	\$ 20 000.00	\$ 24 600.00

Mano de obra:	\$ 0.00*
Materiales:	\$ 82 301.40
Maquinaria:	\$ 0.00
Herramienta:	\$ 0.00
Costo directo:	\$ 82 301.40
0.00% de indirectos y utilidad:	\$ 0.00
Precio unitario por m <sup>3</sup>	\$ 82 301.40

Análisis de Costo  
Acarreo de tierra a 40 mts en carretilla

Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Importe
MANO DE OBRA				
Peón	Jor.	0.2170	\$ 13 543.20	\$ 2 938.87
Herramienta				
Herramientas	%	3.0000	\$ 2 938.87	\$ 88.17

Mano de obra:	\$ 2 938.87
Materiales:	\$ 0.00
Maquinaria:	\$ 0.00
Herramienta:	\$ 88.17
Costo directo:	\$ 3 027.04
0.00% de indirectos y utilidad:	\$ 0.00
Precio unitario por m <sup>3</sup>	\$ 3 027.04

Análisis de Costo  
Extracción de tierra

Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Importe
MANO DE OBRA				
Peón	Jor.	0.2230	\$ 13 543.20	\$ 3 020.13
Herramienta				
Herramientas	%	3.0000	\$ 3 020.13	\$ 90.60

Mano de obra:	\$ 3 020.13
Materiales:	\$ 0.00
Maquinaria:	\$ 0.00
Herramienta:	\$ 90.60
Costo directo:	\$ 3 110.74
0.00% de indirectos y utilidad:	\$ 0.00
Precio unitario por m <sup>3</sup>	\$ 3 110.74

Listado de análisis de costos a precio unitario

	Descripción	Unidad	Precio
6001	1 Mortero cemento arena 1:5.	m <sup>2</sup>	\$ 82 301.40
6002	1 Acarreo de tierra a 40 m en carretilla.	m <sup>2</sup>	\$ 3 027.04
6003	1 Extracción de tierra.	m <sup>3</sup>	\$ 3 110.74
6004	1 Adobe prensado con tierra y cemento al 7% en medidas de 10 × 20 × 40 fabricado por la máquina manual para adobe prensado.	Pza	\$ 309.74
6005	1 Adobe prensado con tierra y cemento al 7% en medidas de 10 × 20 × 40 fabricado por la máquina de adopress 3 000 de Ital Mexicana.	Pza	\$ 250.90
6006	1 Adobé prensado con tierra y cemento al 7% en medidas de 10 × 20 × 40 fabricado por la máquina de adobes y estabilizado de vivienda Pueblo, S.A. a base de motor de diesel c/u.	Pza	\$ 264.44
6007	1 Muro de adobe de 10 × 20 × 40 en 10 cm de espesor con adobe fabricado con la máquina de Ital Mexicana Modelo Adopress 3 000.	m <sup>2</sup>	\$ 7 102.11
6008	1 Muro de adobe de 10 × 20 × 40 en 10 cm de espesor con adobe fabricado en la máquina de diesel Modelo c/u 3 000.	m <sup>2</sup>	\$ 7 278.13
6009	1 Muro de adobe de 10 × 20 × 40 en 10 cm de espesor con adobe fabricado en la máquina manual para adobes prensados.	m <sup>2</sup>	7 888.18
6010	1 Muro de block semi-pesado de 10 × 20 × 40 en 10 cm de espesor.	m <sup>2</sup>	\$ 10 971.82
6011	1 Muro de tabiquerojo recocado de 12 cm de espesor, acabado co.	m <sup>22</sup>	\$ 15 679.62

**Análisis de Costo  
Precio Unitario**

Descripción	Unidad	Precio
1 Loseta de barro de 20 x 20-x 1.5 cm elaborada en la máquina adopress 3 000 de Ital Mex.	pza.	\$ 49.75
1 Pza. de barro de .40 x 0.5 x 1.00 m elaborado por la máquina adopress 3 000 de Ital Mex.	pza.	\$ 387.22
1 Piso de loseta de barro 20 x 20 elaborada por la máquina adopress 3 000 y asentada con mortero cemento-arena 1:5.	m <sup>2</sup>	\$ 9 451.00
1 Lechada de cemento blanco.	m <sup>3</sup>	\$ 335 134.07
1 Piso de loseta Sta. Julia sin esmalte de 20 x 20 asentada con mortero cemento-arena 1:5.	m <sup>2</sup>	\$ 22 674.83
1 Losa de vigueta y bovedilla de 90 cm y malla electrosoldada, 6-6/8-8 sin capa de compresión.	m <sup>2</sup>	\$ 34 353.87
1 Losa a Base de placas de adobe de .4 x .05 x 1 m sostenida por vigueta, con malla electrosoldada sin capa de compresión.	m <sup>2</sup>	\$ 23,354.69

**Análisis de Costo**

**Adobe prensado con tierra y cemento al 7% en medidas 10 x 20 x 40 fabricado con máquina manual**

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. unitario</b>	<b>Importe</b>
<b>BASICOS</b>				
Extracción de tierra	m³	0.0080	\$ 3 110.74	\$ 24.89
Acarreo de tierra a 40 m en carretilla	m³	0.0080	\$ 3 027.04	\$ 24.22
<b>MANO DE OBRA</b>				
Peón	Jor	0.0040	\$ 13 543.20	\$ 54.17
<b>MATERIALES</b>				
Cemento gris	Ton	0.0006	\$ 150 000.00	\$ 96.00
Agua.	m³	0.0002	\$ 312.00	\$ 0.06
<b>MAQUINARIA</b>				
Máquina manual	Hr	0.0111	\$ 9 759.00	\$ 108.32
Herramienta				
Herramientas	%	3.0000	\$ 101.84	\$ 3.06

Mano de obra:	\$ 101.84
Materiales:	\$ 96.06
Maquinaria:	\$ 108.32
Herramienta:	\$ 4.43
<b>Costo directo:</b>	<b>\$ 310.72</b>
0.00% de indirectos y utilidad:	\$ 0.00
<b>Precio unitario por pza.</b>	<b>\$ 310.72</b>

**Análisis de Costo**

**Adobe prensado con tierra y cemento al 7% en  
medidas 10 x 20 x 40 fabricado con la máqui-  
na adopress 3 000 de Ital Mexicana**

Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Importe
<b>BASICOS</b>				
Extracción de tierra	m <sup>3</sup>	0.0080	\$ 3 110.74	\$ 24.89
Acarreo de tierra a 40 m en carretilla	m <sup>3</sup>	0.0080	\$ 3 027.04	\$ 24.22
<b>MATERIALES</b>				
Cemento gris	Ton	0.0005	\$ 160 000.00	\$ 96.00
Agua.	m <sup>3</sup>	0.0002	\$ 312.00	\$ 0.06
<b>MAQUINARIA</b>				
Máq. adopress 3 000 de Ital Mex.	Hr	0.0050	\$ 20 861.00	\$ 104.30
<b>HERRAMIENTA</b>				
Herramientas	%	3.0000	\$ 47.67	\$ 1.43

Mano de obra:	\$ 47.67
Materiales:	\$ 96.06
Maquinaria:	\$ 104.30
Herramienta:	\$ 2.86
<b>Costo directo:</b>	<b>\$ 250.90</b>
0.00% de indirectos y utilidad:	\$ 0.00
<b>Precio unitario por pza.</b>	<b>\$ 250.90</b>

**Análisis de Costo**

Adobe prensado con tierra y cemento al 7% en medidas 10 x 20 x 40 fabricado con la máquina de vivienda Pueblo, S.A. modelo c/u

Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Importe
<b>BASICOS</b>				
Extracción de tierra	m <sup>3</sup>	0.0080	\$ 3 110.74	\$ 24.89
Acarreo de tierra a 40 m en carretilla	m <sup>3</sup>	0.0080	\$ 3 027.04	\$ 24.22
<b>MANO DE OBRA</b>				
Peón	Jor	0.0040	\$ 13 543.20	\$ 54.17
<b>MATERIALES</b>				
Cemento gris	Ton	0.0006	\$ 160 000.00	\$ 96.00
Agua.	m <sup>3</sup>	0.0002	\$ 312.00	\$ 0.06
<b>MAQUINARIA</b>				
Máq. mod. c/u 3 000 de diésel	Hr	0.0050	\$ 23 569.00	\$ 117.84
<b>HERRAMIENTA</b>				
Herramientas	%	3.0000	\$ 47.67	\$ 1.43
Mano de obra:			\$ 47.67	
Materiales:			\$ 96.06	
Maquinaria:			\$ 117.84	
Herramienta:			\$ 2.86	
Costo directo:			\$ 264.44	
0.00% de indirectos y utilidad:			\$ 0.00	
Precio unitario por pza.			\$ 264.44	



**Análisis de Costo**

Muro de adobe 10 x 20 x 40 de 10 cm de espesor, fabricado con adopress 3 000 de Ital Mexicana

Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Importe
<b>BASICOS</b>				
Adobe prensado con tierra y cemento al 7% en medidas de 10 x 20 x 40 fabricado por la máquina adopress 3 000 de Ital Mexicana	Pza	13.0000	\$ 250.00	\$ 3 261.70
Mortero cemento arena 1:1:5.	m <sup>3</sup>	0.0130	\$ 82 301.40	\$ 1 069.92
<b>MANO DE OBRA</b>				
Peón	Jor	0.0800	\$ 13 543.20	\$ 1 083.46
Oficial albañil	Jor	0.0900	\$ 19 194.91	\$ 1 535.59
Materiales				
Andamio	Uso	0.0400	\$ 1 357.00	\$ 54.28
<b>HERRAMIENTA</b>				
Herramientas	%	3.0000	\$ 3 238.79	\$ 97.16

Mano de obra:	\$ 3 238.79
Materiales:	\$ 2 373.01
Maquinaria:	\$ 1 355.96
Herramienta:	\$ 134.35
<b>Costo directo:</b>	<b>\$ 7 102.11</b>
0.00% de indirectos y utilidad:	\$ 0.00
<b>Precio unitario por m<sup>2</sup>.</b>	<b>\$ 7 102.11</b>

**Análisis de Costo**

Muro de adobe de 10 x 20 x 40 en 10 cm de espesor, con adobe fabricado con la máquina de Diesel Modelo c/u 3 000

Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Importe
<b>BASICOS</b>				
Adobe prensado con tierra y cemento al 7% en medidas de 10 x 20 x 40, fabricado por la máquina adobes y estabilizado de vivienda Puebla, S.A. a base de motor diesel modelo c/u 3 000	Pza	13.0000	\$ 264.44	\$ 3 437.72
Mortero cemento arena IIS.	m <sup>3</sup>	0.0130	\$ 82 301.40	\$ 1 069.92
<b>MANO DE OBRA</b>				
Peón	Jor	0.0800	\$ 13 543.20	\$ 1 083.46
Oficial albañil	Jor	0.0900	\$ 19 194.91	\$ 1 535.59
Materiales				
Andamio	Uso	0.0400	\$ 1 357.00	\$ 54.28
<b>HERRAMIENTA</b>				
Herramientas	%	3.0000	\$ 3 238.79	\$ 97.16

Mano de obra:	\$ 3 238.00
Materiales:	\$ 2 373.00
Maquinaria:	\$ 1 501.00
Herramienta:	\$ 184.00
Costo directo:	\$ 7 278.00
0.00% de indirectos y utilidad:	\$ 0.00
Precio unitario por m <sup>2</sup>	\$ 7 278.00

Análisis de Costo  
 Muro de adobe de 10 x 20 x 40 cms en 10 cms  
 de espesor con adobe fabricado en la máqui-  
 na manual para adobes prensados.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Importe
<b>BASICOS</b>				
Adobe prensado con tie- rra y cemento al 7% en medidas de 10 x 20 x 40 fabricado por la máqui- na adobe prensado.	Pza	13.0000	\$ 310.00	\$ 4 039.33
Mortero cemento arena 1:1:5.	m <sup>3</sup>	0.0130	\$ 82 301.40	\$ 1 069.92
Mano de obra				
Peón	Jor	0.0800	\$ 13 543.20	\$ 1 083.46
Oficial albañil	Jor	0.0900	\$ 19 194.91	\$ 1 535.59
<b>MATERIALES</b>				
Andamio	Uso	0.0400	\$ 1 357.00	\$ 54.28
<b>HERRAMIENTA</b>				
Herramientas	%	3.0000	\$ 3 948.08	\$ 118.29

Mano de obra:	\$ 3 943.00
Materiales:	\$ 2 373.00
Maquinaria:	\$ 1 400.00
Herramienta:	\$ 170.00

Costo directo:	\$ 7 500.00
0.00% de indirectos y utilidad:	\$ 0.00
Precio unitario por m <sup>2</sup>	\$ 7 900.00

**Análisis de Costo**  
**Muro de Block semi-pesado de 10 x 20 x 40 en**  
**10 cms de espesor**

Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Importe
<b>BASICOS</b>				
Mortero cemento arena 1:5	m <sup>3</sup>	0.0130	\$ 82 301.40	\$ 1 060.92
<b>MANO DE OBRA</b>				
Peón	Jor	0.0800	\$ 13 543.20	\$ 1 083.46
Oficial albañil	Jor	0.0900	\$ 19 194.91	\$ 1 535.59
<b>MATERIALES</b>				
Block semi-pesado 10 x 20 x 40	Pza	13.0000	\$ 550.00	\$ 7 150.00
Andamio	Uso	0.0400	\$ 1 357.00	\$ 54.28
<b>HERRAMIENTA</b>				
Herramientas	%	3.0000	\$ 2 619.05	\$ 78.57

Mano de obra:	\$ 2 619.00
Materiales:	\$ 8 274.00
Maquinaria:	\$ 0.00
Herramienta:	\$ 78.50
Costo directo:	\$ 10 971.80
0.00% de indirectos y utilidad:	\$ 0.00
Precio unitario por m <sup>2</sup>	\$ 10 971.80

Análisis de Costo  
 Muro de adobe de 10 x 20 x 40 en 20 cms de  
 espesor con adobe fabricado con la máquina  
 de Ital Mexicana mod. Adopress 3 000

Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Importe
<b>BASICOS</b>				
Pza. de barro de .40 x .05 x 1.00 m elaborado por la máquina ado- press 3 000 de Ital Me- xicana	Pza.	26 0000	\$ 387.22	\$ 10 067.68
Mortero cemento arena 1:5	m <sup>3</sup>	0.0360	\$ 82 301.40	\$ 2 139.84
<b>MANO DE OBRA</b>				
Peón	Jor	0.0800	\$ 13 543.20	\$ 108.35
Albañil	Jor	0.0800	\$ 19 194.91	\$ 153.56
<b>MATERIALES</b>				
Andamio	Uso	0.0400	\$ 1 357.00	\$ 54.28
<b>HERRAMIENTA</b>				
Herramientas	%	3.0000	\$ 3 360.59	\$ 100.92

Mano de obra:	\$ 3 360.59
Materiales:	\$ 2 197.36
Maquinaria:	\$ 6 779.83
Herramienta:	\$ 286.74

Costo directo:	\$ 12 624.51
0.00% de indirectos y utilidad:	\$ 0.00
Precio unitario por m <sup>2</sup>	\$ 12 624.51

**Análisis de Costo**

Muro de tabique rojo recocido de 12 cm de espesor, acabado común asentado con mortero cemento arena 1:50

Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Importe
<b>BASICOS</b>				
Mortero cemento arena 1:5	m <sup>3</sup>	0.0350	\$ 82 001.40	\$ 2 980.55
<b>MANO DE OBRA</b>				
Peón	Jor	0.1330	\$ 18 343.20	\$ 1 801.25
Oficial albañil	Jor	0.1330	\$ 19 194.91	\$ 2 552.92
<b>MATERIALES</b>				
Tabique	Pza	59.0000	\$ 140.00	\$ 8 260.00
Andamio	Uso	0.0400	\$ 1 357.00	\$ 54.28
<b>HERRAMIENTA</b>				
Herramientas	%	3.0000	\$ 4 354.17	\$ 130.63

Mano de obra:	\$ 4.38
Materiales:	\$ 11.19
Maquinaria:	\$ 00
Herramienta:	\$ 0.10
<b>Costo directo:</b>	<b>\$ 15 67</b>
0.00% de indirectos y utilidad:	
<b>Precio unitario por m<sup>2</sup></b>	<b>\$ 15 67</b>

**Análisis de Costo**  
**Loseta de barro de 20 x 20 x 1.5 cms. elaborada en la máquina adopress 3 000 de Ital Mex.**

Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Importe
<b>BASICOS</b>				
Acarreo de tierra a 40 m en carretilla	m <sup>3</sup>	0.0006	\$ 3 027.00	\$ 1.82
Extracción de tierra	m <sup>3</sup>	0.0006	\$ 3 110.69	\$ 1.87
<b>MATERIALES</b>				
Agua	m <sup>3</sup>	0.0002	\$ 312.00	\$ 0.06
<b>MAQUINARIA</b>				
Maq. adopress 3 000 de Ital Mex.	Hr.	0.0022	\$20 861.00	\$45.89
<b>HERRAMIENTA</b>				
Herramientas	%	3.0000	\$ 3 58	\$ 0.11
Mano de obra:			\$ 3 58	
Materiales:			\$ 0.06	
Maquinaria:			\$ 45.89	
Herramienta:			\$ 0.21	
Costo directo:			\$ 49.75	
0.00% de indirectos y utilidad:			\$ 0.00	
Precio unitario por Pza			\$ 49.75	

**Análisis de Costo**

Pza de barro de .40 x .05 x 1.00 mt elaborado por la máquina Adopress 3 000 de Ital Mexicana.

Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Importe
<b>BASICOS</b>				
Mortero de tierra a 40 m en carretilla.	m <sup>3</sup>	0.0200	\$ 3 027.00	\$ 60.54
Extracción de tierra	m <sup>3</sup>	0.0200	\$ 3 110.69	\$ 62.21
<b>MATERIALES</b>				
Agua	m <sup>3</sup>	0.0004	\$ 312.00	\$ 0.12
<b>MAQUINARIA</b>				
Maq. Adopress 3 000 de Ital Mex.	Hr.	0.0125	\$ 20 861.00	\$ 260.76
<b>HERRAMIENTA</b>				
Herramienta	%	3.0000	\$ 119.18	\$ 3.58

Mano de obra:	\$ 119.18
Materiales:	\$ 0.12
Maquinaria:	\$ 260.76
Herramienta:	\$ 7.15
<b>Costo directo:</b>	<b>\$ 387.22</b>
0.00% de indirectos y utilidad:	\$ 0.00
<b>Precio unitario por Pza.</b>	<b>\$ 387.22</b>



**Análisis de Costo**

Piso de losera de barro 20 x 20 elaborada por la máquina Adopress 3 000 y asentada con mortero cemento-arena 1:5

Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Importe
<b>BASICOS</b>				
Loseca de barro de 20 x 20 x 1.5 cm elaborada en la máquina adopress 3 000 de Ital Mex.	Pza	26.0000	\$ 49.75	\$ 1 293.41
Mortero cemento arena 1:5	m <sup>3</sup>	0.0270	\$ 82 301.40	\$ 2 222.14
<b>MANO DE OBRA</b>				
Peón	Jor	0.1660	\$ 13 543.20	\$ 2 248.14
Albañil	Jor	0.1660	\$ 19 195.00	\$ 3 186.37
<b>HERRAMIENTA</b>				
Herramienta	%	3.0000	\$ 5 527.47	\$ 165.82

Mano de obra:	\$ 5 527.47
Materiales:	\$ 2 558.89
Maquinaria:	\$ 1 193.25
Herramienta:	\$ 171.40

Costo directo:	\$ 9 451.01
0.00% de indirectos y utilidad:	\$ 0.00
Precio unitario por m <sup>2</sup>	\$ 9 451.01

Análisis de Costo  
Lechada de cemento blanco

Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Importe
<b>MATERIALES</b>				
Cemento blanco	Ton	1.3390	\$ 250 000.00	\$ 334 750.00
Agua	m <sup>3</sup>	1.2310	\$ 312.00	\$ 384.07

Mano de obra:	\$ 0.00
Materiales:	\$ 335 134.07
Maquinaria:	\$ 0.00
Herramienta:	\$ 0.00
Costo directo:	\$ 335 134.07
0.00% de indirectos y utilidad:	\$ 0.00
Precio unitario por m <sup>3</sup>	\$ 335 134.07

**Análisis de Costo**  
**Piso de loseta Sta. Julia sin esmalte de 20 x 20**  
**asentaa con mortero cemento-arena 1:5**

Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Importe
<b>BASICOS</b>				
Mortero cemento arena 1:5	m <sup>3</sup>	0.0270	\$ 82 301.40	\$ 2 222.14
Fachada de cemento blanco	m <sup>3</sup>	0.0010	\$ 335 134.07	\$ 335.13
<b>MANO DE OBRA</b>				
Peón	Jor	0.1660	\$ 13 143.00	\$ 2 248.14
Albañil	Jor	0.1660	\$ 19 195.00	\$ 3 186.37
<b>MATERIALES</b>				
Loseta Sta. Julia sin esmaltar	m <sup>2</sup>	1.0000	\$ 14 520.00	\$ 14 520.00
<b>HERRAMIENTA</b>				
Herramientas	%	3.0000	\$ 5 434.51	\$ 163.04

Mano de obra:	\$ 5 434.51
Materiales:	\$ 17 077.27
Maquinaria:	\$ 0.00
Herramienta:	\$ 163.04
<b>Costo directo:</b>	<b>\$ 22 674.82</b>
0.00% de indirectos y utilidad:	\$ 0.00
<b>Precio unitario por m<sup>2</sup></b>	<b>\$ 22 674.82</b>

Análisis de costo

Losa de Vigueta y Bovedilla de 90 cm con malla electrosoldada 6.6/8.8 sin capa de compresión

Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Importe
<b>MANO DE OBRA</b>				
Peón	Jor	0.1000	\$ 13 543.20	\$ 1 354.30
Albañil	Jor	0.1000	\$ 19 195.00	\$ 1 919.50
<b>MATERIALES</b>				
Vigueta No. 16 de 3.00 m	ml	2.1100	\$ 9 135.00	\$ 19 274.35
Bovedilla 16/90 cm	Pza	5.6000	\$ 1 570.00	\$ 8 792.00
Malla electro-soldada 6-6/8-8	m <sup>2</sup>	1.1000	\$ 2 650.00	\$ 2 915.00
<b>HERRAMIENTA</b>				
Herramientas	%	3.0000	\$ 3 273.80	\$ 98.21

Mano de obra:	\$ 3 273.80
Materiales:	\$ 30 981.85
Maquinaria:	\$ 0.00
Herramienta:	\$ 98.21
<b>Costo directo:</b>	<b>\$ 34 353.86</b>
0.00% de indirectos y utilidad:	\$ 0.00
<b>Precio unitario por m<sup>2</sup></b>	<b>\$ 34 353.86</b>

Análisis de costo

Losa a base de placas de adobe de .40 x .15 x 100 m sostenida por vigueta pretensada y con malla electrosoldada (sin capa de compresión)

Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Importe
<b>BASICOS</b>				
Pza. de barro de .40 x .15 x 1.00 m elaborado por la máquina adopress de Ital Mexicana	Pza	2.6000	\$ 387.22	\$ 1 006.76
MANO DE OBRA				
Peón	Jor	0.0830	\$ 13 543.20	\$ 1 124.07
Albañil	Jor	0.0830	\$ 19 195.91	\$ 1 593.18
<b>MATERIALES</b>				
Vigueta No. 16 de 3.00 m	Ml	2.1100	\$ 9 135.00	\$ 19 274.85
Alla electro-soldada 6-6/8-8	m <sup>2</sup>	0.1000	\$ 2 650.00	\$ 265.00
<b>HERRAMIENTA</b>				
Herramientas	%	3.0000	\$ 3 027.12	\$ 90.81

Mano de obra:	\$ 3 027.12
Materiales:	\$ 19 540.17
Maquinaria:	\$ 677.93
Herramienta:	\$ 109.41

Costo directo:	\$ 23 354.68
0.00% de indirectos y utilidad:	\$ 0.00
Precio unitario por m <sup>2</sup>	\$ 23 354.68

## **ANALISIS COMPARATIVO**

### **I. PISOS**

Piso de loseta de barro 20 x 20 prensada a máquina y colocada \$ 9 451.00/m<sup>2</sup>.

Piso de loseta de barro Sta. Julia de 20 x 20 colocado \$ 22 674.00/m<sup>2</sup>

El costo del piso con el sistema de tierra estabilizada es del 41% del sistema tradicional con una loseta comercial.

### **II MUROS**

Muro de adobe 10 x 20 x 40 hecho en máquina \$ 7 102.11/m<sup>2</sup>.

Muro de block 10 x 20 x 40 \$ 10,971.00/m<sup>2</sup>.

Muro de tabique 6 x 12 x 24 \$ 15 670.00/m<sup>2</sup>

El costo del muro de adobe es del 64% de un muro de block de concreto y del 45% de un muro de tabique rojo.

### **III. TECHOS**

Suministro y colocación losa de viga y bovedilla, incluye capa de compresión de concreto y malla electrosoldada \$ 34 353.00/m<sup>2</sup>.

Suministro y colocación de losa a base de viga de concreto y largueros de concreto y largueros de tierra prensada de 0.40 x 1.00 x 0.15 mts. con capa de compresión de concreto y malla electrosoldada \$ 23 354.00/m<sup>2</sup>.

El costo de la cubierta o techo con el sistema de largueros es del 67% de el sistema tradicional de viga y bovedilla de concreto.

De estas tres grandes alternativas, la mas difundida y aceptada es la de los muros.

Tomando en cuenta los precios de vivienda en los países en desarrollo, la repercusión de las grandes partidas dentro del costo total, si se les aplica el sistema de tierra estabilizada se obtienen los siguientes resultados:

Partidas	Repercusión total estimada dentro de la vivienda tradicional. %	Porcentaje de ahorro con tierra estabilizada.	Incidencia total
Cimentación	7.32	-----	7.32
Cubierta	18.56	.67	12.43
Pisos	7.26	.41	2.97
Estructura	8	-----	8.00
<sup>33</sup> Acabados	29.06	.50	14.53
Muros interiores	10	.45	4.5
Muros fachadas	13	.45	5.85
Cocina baño e instalaciones.	6.8	-----	6.8
<b>Totales</b>	<b>100%</b>		<b>62.4 %</b>

Por lo que en números generales el ahorro en una vivienda puede ser del 37.6% costando ésta 62.4% de la vivienda tradicional.

### VIII-2 ASPECTOS POLITICOS Y SOCIALES

La faceta "vivienda" representa uno de los problemas políticos y sociales de todos los gobiernos del tercer mundo.

Actualmente ya no se pueden seguir construyendo unidades habitacionales de 1 000 salarios mínimos, debido a los bajos márgenes de utilidad, que hacen muy poco atractiva la construcción de este tipo de casa.

Hoy en día, se encuentran viviendas de "interés social", que construidas en sistemas tradicionales, se están vendiendo a \$ 550 000.00 m<sup>2</sup>, lo que comprueba la afirmación del párrafo anterior. Cabe aclarar que se insiste en la vivienda por ser ésta uno de los puntos neurálgicos de todo país y gobierno, y por ser la más adecuada al empleo de tierra, sin que eso deje fuera la posibilidad de emplearla en otros tipos de construcciones como se ha mencionado en la parte histórica de esta tesis.

La ONU estima que en los países en vías de desarrollo, la oferta anual es su-

<sup>33</sup> Considerando que los aplanados y la pintura absorben el 50% de los acabados.

perior a las 200 000 viviendas en Latinoamérica, 200 000 en África y 100 000 en Asia.

El pronóstico para el año 2 000 en México, es que el país tendrá 100 millones de habitantes, de los cuales 38 millones vivirán en el D.F. y zona conurbada, a pesar de que el promedio baje de 4.8 a 4.3 miembros por familia para el año 2 000.

La SEDUE estima que se deberán construir 9 millones de viviendas en 12 años, además, de mejorar otras 5 millones que están en malas condiciones y son de mala calidad<sup>34</sup>.

Por diversas causas como la ignorancia o en su caso el desconocimiento de las ventajas de la tierra cruda, muchas grandes empresas fabricantes de materiales y sistemas de la construcción, han atribuido un sinúmero de desventajas a ésta, muchas de ellas falsas, para desanimar al gobierno o a los constructores potenciales. Algunos de sus argumentos negativos son:

- a) Falta de homogeneidad en los materiales.
- b) Escasez durante el época de lluvias.
- c) Retraso en el período de secado.
- d) Anchos excesivos de muros que aumentan la superficie construida.
- e) Alta sensibilidad al sismo.
- f) Es material popular y no "elitista" como los más recientes materiales del mercado.

Contra estas afirmaciones hay respuestas y soluciones que las dejan fuera de toda realidad.

En el trabajo con tierra cruda se pueden emplear las manos y los pies de hombres y mujeres de cualquier región que sólo necesitan una mínima capacitación para realizar adecuadamente la labor.

Se reduce la cantidad y calidad de pegamentos y morteros, así como los acabados en el caso de blocks prensados y estabilizados logrando reducciones al costo total de las construcciones hasta de un 30 o 40%; los traslados prácticamente existen sólo dentro de la localidad, y en algunos casos, cuando el material está a apié de obra éstos se eliminan.

La reducción de energía es alta pues se eliminan los fletes y se optimiza el nivel térmico de las viviendas, que como en las zonas frías de los Estados Unidos, ha bajado el gasto de los combustibles hasta un 30%. La afinidad de la tierra con la energía solar es definitiva y de comprobada eficiencia.

El empleo de la tierra sin cocer permite recircular el material cuando éste queda defectuoso o está dañado, el "cascajo" no existe.

Una familia de 4 personas adecuadamente capacitada, puede autoconstruir su vivienda en 90 días, aprovechando la tierra y minimizando los materiales y técnicas dentro de su morada. Baste decir que los países desarrollados, gastan

<sup>34</sup> *Excelsior*, 27 de junio de 1987 afirmación por el Lic. Gabino Fraga subsecretario de SEDUE.



en construcción las dos terceras partes en mano de obra y una tercera parte en materiales; mientras que en los países en vías de desarrollo, sucede lo contrario: la mano de obra absorbe la tercera parte y los materiales dos terceras partes; con lo cual se demuestra que es necesario abaratar la incidencia de los materiales caros empleando sistemas más económicos.

Estos problemas se han acrecentado en países que tienen escasez de materiales como Guinea, en la que el cemento en el mercado es escaso y cuesta 2.3 veces más que el que adquiere el gobierno, y cuando escasea llega a costar 7.9 veces más de su costo total.

En otros países africanos, el cemento procedente de Bélgica, se vende 8 veces más caro que en su país de origen, lo que hace que el cemento incida entre un 15% y un 25% sobre el costo total de la vivienda, mientras que en España, por ejemplo, sólo es del 3%.<sup>35</sup>

### VII.3 ASPECTOS CULTURALES

La sociedad se vale de la cultura para adaptarse al medio ambiente. Cultura es un término de origen latino que significa cultivo o cuidado. Hay dos corrientes esenciales que disertan sus fundamentos teóricos:

La tradicionalista, que tiene sus raíces profundas en el Humanismo Renacentista, ve la cultura como la obra más relevante de un grupo humano durante un periodo definido. La segunda corriente, la llamada antropológica, considera que la cultura abarca las actividades del hombre en sociedad.

En arquitectura, esta cultura se manifiesta dentro del patrimonio que corresponde al conjunto de bienes que recibimos de nuestros antepasados. Una sociedad se identifica por su cultura, y la prueba objetiva de su individualidad es el patrimonio cultural protegerlo es cuidar los testimonios de su identidad, que al afirmarse contribuyen a la liberación de los pueblos, y al negarse deterioran dicha identidad que les permita nutrirse de su pasado y simultáneamente acoger las aportaciones externas compatibles con su idiosincrasia. John Ruskin, escribe en su capítulo titulado "Lámpara de recuerdo" las siguientes palabras:

"Si algún provecho existe en conocer lo pasado, o en la idea de no ser olvidado en la contaminación de los siglos, si existe alguna alegría que pueda añadirse al vigor de nuestro esfuerzo o a nuestra paciencia en el sufrimiento, los deberes se imponen hacia la arquitectura de una época, y debemos conservarla como la más preciosa de sus herencias; la de los siglos pasados."

Los países del tercer mundo forzados por la terrible situación, han sido los que han iniciado grandes desarrollos con resonante éxito, llegando a comercializar el block como otro material más. Pero ésto no ha dejado que otros países con sistemas avanzados y larga tradición reglamenten y difundan estos siste-

<sup>35</sup> *Dimensión 3, op. cit., pp. 5 a la 14.*

mas, como sucede en los estados norteamericanos de Nuevo México, Arizona, Colorado y California. En el mismo estado de Nuevo México, está comprobado estadísticamente que el 15% del total de sus viviendas es de tierra cruda.

Otros países como el Perú que tienen la mitad de sus casas en todo el país construidas bajo este sistema; Están trabajando en la difusión, multiplicación, mejoramiento y mantenimiento de las construcciones de adobe y tierra cruda, la cual se ha difundido hasta las más altas montañas, en las que al escasear el agua, se ha desarrollado el sistema de tapias que requiere un gasto mucho menor de la misma.

Es por éstas y muchas otras razones que los gobiernos deben enfocar su atención a familiarizarse con las costumbres locales, con los recursos naturales y con las proyecciones de crecimiento poblacional para que con una capacitación adecuada en donde se reseñen:

- Proporcionamientos y granulometría.
- Realización de mezclas y procedencia.
- Manejo de materia prima y elemento terminado.
- Mantenimiento y reparación de equipo.

Logren un desarrollo integral de las arquitecturas de la tierra.

En el caso del patrimonio de construcciones con tierra cruda, la arquitectura popular es la más adecuada en sus características, pues se ha desarrollado con un tipo de economía y civilización que va desapareciendo a cada instante. Si ésto se analizara superficialmente, se llegaría a considerar inútil la conservación de la arquitectura de este género, pero estudiándolo más a fondo, se observará que no es sólo un problema de arquitectura, sino también étnico, histórico y económico.

La tradición oral, empírica o escrita ha logrado determinar técnicas y sistemas probados con eficiencia. No en balde se construyen rodapiés de 50 cm en las zonas húmedas. La tradición apoyada en la identidad, logra clasificar estilos y materiales, así como su preservación, cuando la cultura queda arraigada a los pueblos.

El estudio de los recursos tradicionales es un tema de gran importancia, las construcciones de concreto y prefabricadas están a punto de reemplazar a las casas tradicionales en las zonas donde es posible implantar soluciones más modernas, actuales y adaptadas a la localidad.

No hay que subestimar el interés por lo perecedero de las edificaciones con tierra, las que abandonadas retornan a la naturaleza, mientras que las "modernas" construcciones permanecen con una triste vejez.

Además de la promoción de nuevas técnicas, hay que fomentar también la restauración, que desde sus vestigios más antiguos perpetúa la memoria de algo, recobrando su estado anterior.

La restauración es pues, un instrumento de la sociedad que garantiza la permanencia de las pruebas materiales objetivas en que se funda la conciencia de identidad. En esas pruebas, se basa el único nacionalismo positivo que hace del conocimiento una realidad social.

## IX - LA AUTOCONSTRUCCION Y LOS ECOLOGISTAS

Es la tierra cruda, por excelencia, un material con las características ideales para aplicarse a la autoconstrucción y a las ecotécnicas, donde se desenvuelve con extraordinaria naturalidad.

En la reunión PLEA/1984 coordinada por el "ciudadano del mundo" Arthur Bowen, se establecieron una serie de parámetros y se concluyó a crear una comisión que durante seis meses, se dedicara a concretizar mediante una serie de pláticas y conferencias —en los que participaron por ejemplo la doctora Teresa Aznar, el Dr. Everardo Hernández y el Arq. Ignacio Colín<sup>36</sup>— el uso de la tierra.

Sin embargo, esta difusión, que es una de las primeras muestras de respuesta de los ciudadanos, no deja de ser precaria; por lo que es necesario que se continúe informando y concretizando a los mexicanos el empleo de materiales como la tierra, que regresando a nuestras raíces, se mimetiza con el medio ambiente obteniendo un recurso que además de ser local, es biodegradable y requiere es casos movimientos para su acarreo, y que a su vez generará un mínimo gasto de combustible con la consecuente descontaminación.

La aplicación de cementantes o emulsiones aplicadas en menor proporción, aminorará a su vez el consumo de éstos en las localidades, que a su vez podrán recurrir a las cales que por sus características, llegan a ser con mayor frecuencia fabricadas en las localidades regionales.

La organización productiva de la actividad campesina, representa 4.2 millones de predios diseminados en aproximadamente 110 000 localidades menores de 2 500 habitantes, que representan el 33% de los mexicanos.<sup>37</sup>

La vivienda de bajo costo y con tecnología local, es aceptable cuando ésta es adecuada a su capacidad de pago, ajustándose simultáneamente a sus expectativas y patrones culturales.

En la ciudad de Morelia, se planteó un desarrollo de 80 viviendas bajo estos sistemas tradicionales y locales, empleando cimientos de mampostería, muros de adobe estabilizado y techumbres de bóveda de ladrillo sobre viguetas de concreto preesforzado.

La aceptación fue inmediata: 150 demandantes solicitaron esa vivienda de 50 m<sup>2</sup> pagadera a 15 años.

<sup>36</sup> Información verbal producto de una entrevista con la Dra. Teresa Aznar.

<sup>37</sup> Financiamiento para la vivienda nuevas reglamentaciones. DES Arquitectura UNAM, *op. cit.*

En el Perú, la totalidad de la vivienda de tierra se ha incrementado durante los últimos años de 54.84 a 65.21%, debido a la demanda del "curioso" o "maestro", (técnico-campesino) que ha heredado tradicionalmente los conocimientos de las técnicas de adobe y del tapial, que se documentan con el apoyo técnico de "Craterre", que empleando el sistema de ayuda mutua efectúa todo género de edificios para beneficio de la comunidad y bajo las siguientes premisas:

- a) Experimentación y exploración técnica.
- b) Participación y coordinación del trabajo colectivo.
- c) Nunca sustituir autoridades locales o personas que hayan sido nombradas por el mismo pueblo.
- d) Rectificar durante el proceso, para no imponer ideas y adaptarse a las tradiciones locales.
- e) Dar prestigio, reconocimiento y lugar al instructor local.
- f) Capacitar y entrenar técnicamente a los participantes.

En México el Arq. Raúl Sánchez Mora ha obtenido las siguientes estadísticas:  
Para levantar una vivienda rural es necesario un albañil y nueve peones que por jornada colocan 720 adobes o 24 m<sup>2</sup> de muro.

Para el caso de una familia de 4 miembros, la producción puede llegar a 400 piezas por día, o sea 12 m<sup>2</sup> de muro, lo que conlleva a poder construir una casa de 48 m<sup>2</sup> en 4 meses y a un costo 60% menor del de una vivienda tradicional.<sup>38</sup>

<sup>38</sup> Periódico *El Nacional* segunda Sección, 1º de agosto de 1987, p. 2.

## X LAS INSTITUCIONES PROBABLES PROMOTORAS Y CONSTRUCTORAS

### X-I INSTITUCIONES DE OTROS PAISES DEDICADAS A LA INVESTIGACION Y CONSTRUCCION CON TIERRA

Hacia 1970, un grupo internacional de arquitectura e ingeniería creó una asociación llamada grupo "Craterre" con sede en Grenoble, Francia, fijándose 4 objetivos fundamentales:

- I. Estudio científico de la construcción en tierra para hacerla confiable y económica, dentro del marco actual y futuro.
- II. Participar en programas de construcción de Europa y del Tercer Mundo para demostrar, prácticamente, nuevos sistemas en la realización de vivienda y servicios públicos.
- III. Difusión en la enseñanza de las tecnologías de la tierra.
- IV. Informar mundialmente sobre este campo:

Como una respuesta a esta iniciativa, durante los últimos 15 años han participado en programas de más de 35 países, en su mayoría del Tercer Mundo. Un claro ejemplo es el desarrollo de 1 500 viviendas en Madagascar o la comunidad Nillerfontine a 30 km al sur de Lyon en Francia.

La universidad católica de Lobaina y la facultad politécnica de Mows en Bélgica, han establecido un curso para obtener el certificado de "Vivienda Rural" y "Urbana" en los países en desarrollo con financiamiento de las Naciones Unidas.<sup>30</sup>

El centro Georges Pompidou de París, Francia, es un gran promotor de la construcción en tierra a través de varias publicaciones y exhibiciones. Una de ellas, "Las arquitecturas de la tierra" fue presentada de agosto a septiembre de 1985 en el Museo de INAH en la ciudad de México.

En los Estados Unidos, se fundó una organización no lucrativa llamada *International Foundation for earth Construction* (IFEC) con oficinas en:

<sup>30</sup> *Dimensión 30, op. cit., p. 18.*

Washington  
2501 M. Street NW, Suite 450  
Washington, D.C. 20037  
(202) 88-0700

California  
3282 Theresa Lane  
Lafayette, California 95549  
(415) 93-2412

Su participación ha trascendido en varios países como China o Kenya. Para países en América Latina, CRATERRE cuenta con una oficina de coordinación internacional en el Perú con la siguiente dirección:

Correo Central  
Apartado Postal 5603  
Lima I, Perú  
Tel (51-14) 406027

En Madrid, España se encuentra la Asociación de amigos de la Arquitectura Autóctona y tradiciones populares, que publica *Interacción* y otros documentos interesantes sobre el tema, su dirección es:

Novapalos, Burgo de Osma (Soria)  
Breton de Herreros, 8-28003, Madrid

En los Estados Unidos una gran cantidad de universidades e instituciones, han prestado atención a este tipo de técnicas e imparten cursos sobre arquitectura y construcción con tierra cruda; basta numerar a las principales:

- Universidad de Arizona.
- Universidad de Stanford.
- Universidad de Fresno.
- Universidad de Nuevo México.
- M.I.T. Instituto Tecnológico de Massachussets.
- Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano de los E.U.A.
- Departamento de Agricultura de los E.U.A.
- Universidad de Colorado.

Así podremos encontrar que en Europa, América, Asia, África y Australia se continúa incrementando el interés en la investigación y sus aplicaciones para la construcción con tierra cruda. También Francia, por su tradición histórica y por sus colonias, ha alcanzado altos niveles en este campo, además de CRATERRE. A continuación se enlistan algunas de las Instrucciones a lo largo del país que trabajan sobre el tema.

NOTA: La comunidad de Dar al ISLAM ofrece la posibilidad de realizar etapas de práctica en sus talleres.

Orientación a la investigación. El saber técnico relacionado con la construcción en tierra, era resultado de la experiencia y por lo tanto de un conocimiento

demasiado intuitivo y parcial para ser aplicado a los actuales modos de organización de los talleres y su rendimiento. Asimismo los investigadores se esfuerzan en profundizar y sistematizar sus conocimientos del material tierra, sobre todo a partir de los descubrimientos hechos al principio de este siglo por la mecánica de suelos.

Si la tecnología de la tierra puede competir con los recursos clásicos, hoy en día existen obstáculos económicos y legislativos, por la gratuidad de este material que es frecuentemente tomando del mismo lugar, y también por la ausencia de textos oficiales, estipulando su modo de empleo en la construcción, para sobrepasar estas dificultades, diversos estudios han sido pedidos por el ministerio del medio ambiente y del cuadro de vida teniendo como objetivos:

1. Definir las vías de investigación de la tierra en Francia, por lo tanto evaluar el nivel de conocimiento mundial en este terreno con el fin de responder con más eficacia a las demandas de mercado actual de alojamiento —Grupo Upag— Craterre.
2. Estudiar la protección del material tierra con el estudio patológico de los recubrimientos, investigación sobre las capas protectoras del recurso para el uso óptimo en edificaciones —Grupo Upag— Craterre.
3. Organizar una investigación colectiva sobre Francois Colinteraux, arquitectura del siglo XVIII, con varios equipos trabajando sobre el tema de la arquitectura de tierra de esa época. El CNRS y la UPA y el laboratorio de tierra de Grenoble (UPA).

#### V. INFORMACIONES DIVERSAS <sup>40</sup>

Algunos organismos (lista exhaustiva)

- C.E.B.T.P. 12 rue Brancion 75737 Paris, hace investigaciones sobre todo ultramar.
- CSTB, 24 Rue Joseph Fourier, 33400 St-Martin - D'Herès: acaba de lanzar un programa de investigación de tres años.
- CTTB (Centro Técnico de Tejas y Ladrillos) 17 Rue Letellier, 75015 París: contrato, plan/construcción, cristalización en frío, extracción de ladrillos huecos estabilizados con cemento (investigaciones comenzadas hace seis años).
- INSA DE RENNES 20 Av. Des Buttes de Coesmes 35031 Rennes: trabaja hace algunos años acerca del mismo tema que la anterior.
- CUST 24 Av. Des Landais 63170 Aubiere: lleva estudios técnicos sobre el apisonado.
- LICEO RASPAIL 233 BD RA Spail 74014 Paris: se puso a concebir unidades de producción.

<sup>40</sup> Suplemento N° 81 del *Boletín de Informaciones Arquitectónicas* de la Escuela Nacional Superior de Bellas Artes, Francia, p. 8.

- UTIBPT 6-14 Rue de la Perouse 74784 Paris: hace estudios sobre las armazones de vigas en tierra estabilizada y armada.
- EPFL 12 Av. de L'Eglise Anglaisecase, 1024 1001 Laussane Suisse: perfecciona la colocación de ladrillos crudos con planelas cocidas.
- CNRS DE LYON Atp No. 3043 Instituto de Histoire de L'Art 18 Quai Claude Bernard 69007 Lyon: las habitaciones en tierra en la ciudad de Lyon.
- "AVENIR de Marseille, Les plaireeres 13360 Roquevaire: realiza investigaciones en el campo del patrimonio construido de tierra.
- CAUE DE L'AIN 18 Rue des Graves 01000 Bourg-EN- Braissse: se hace el abogado de apisonado en la región.
- ATERLIERS MEDITERRANEENS EXPERIMENTAUX, LA SCIERIE, QUARTIER DE LA CLAPIERE 05200 Embrun: hace investigaciones sobre las características térmicas de la tierra.
- GRFT 34 Rue du Mont D'Urville Paris: participa en la promoción del empleo de la tierra con sus fichas técnicas y servicios de información.
- OREAM DE MARSEILLE 37BD Perier 13285 Marseille Cedex: muestra diversas actividades en relación con los talleres potenciales en Marruecos.

#### *X-2 LOS ORGANISMOS DESCENTRALIZADOS Y LAS SECRETARIAS DE ESTADO*

Está comprobado estadísticamente que en los países en vías de desarrollo la tendencia general es el incremento de la desigualdad de los ingresos, lo cual hace cada vez más difícil la obtención de vivienda, principalmente para los sectores de más bajos haberes, sin que esta adquisición deje de ser la que comprometa una proporción significativa de un ingreso personal durante toda su vida.

Esto hace que el mercado sea muy dependiente de la situación financiera económica, la cual busca óptimas condiciones al menor costo, encajonando perfectamente con los sistemas constructivos a base de tierra cruda.

En México el financiamiento se enfoca a la vivienda de bajo costo agrupándose en tres grandes sistemas:

El primero, se basa en el uso de fondos públicos y del sistema bancario, y se opera a través de un fideicomiso en el Banco de México, denominado Fovi (Fondo de Operaciones Bancarias y de Descuento a la Vivienda).

El segundo sistema está formado por fondos de ahorro obligatorio cuya fuente principal proviene de las retenciones patronales y está representado en los siguientes fondos.

INFONAVIT	Población asalariada que labora en la industria, comercio y los servicios.
FOVISSSTE	Población asalariada del Gobierno Federal.
ISSSFAM	Población asalariada de las fuerzas armadas.
ISSSEMYM	Trabajos de los estados.



El tercer sistema de financiamiento abarca a los sectores de la población que tienen ingresos inferiores a 2.5 veces el salario mínimo y que por su situación no son derechohabientes de las organizaciones ya mencionadas.

Este sistema usa recursos del Gobierno Federal y opera a través del FONHAPO (Fideicomiso Fondo de Habitación Populares) que antes era el INDECO.

Además del financiamiento, investigación y promoción que efectúan estos organismos podemos enlistar a:<sup>41</sup>

*Organismos Asistenciales*  
Pensiones Militares del ISSSTE y del IMSS  
*Organismos Financieros*  
Banobras y F H P.  
*Organismos del D D F.*  
Fideurbe y Codeur  
*Otros Organismos Sectorizados*  
SEDUE

Todos estos fondos y organismos han iniciado un registro de tecnologías diversas, evaluadas en función de su adecuación a las capacidades técnicas de las poblaciones así como sus condiciones de producción y habitabilidad, distribución y comercialización, logrando penetrar en un 44% del total de la vivienda construida. A nivel Estatal cabe mencionar también a los Institutos de vivienda que, como el de Tamaulipas, realizan investigación y trabajo serio. Así mismo Puebla, Tlaxcala, Morelos, Sonora, Coahuila, Durango, Baja California Norte, Veracruz y Guerrero han iniciado aplicaciones prácticas a sus trabajos de (SEDUE) que encabezado por el Arq. Pedro Ramírez Vázquez, pretende ayudar a resolver con nuevos sistemas los diversos problemas planteados por la vivienda urbana, suburbana, rural y de autoconstrucción.

### X-3 LA INICIATIVA PRIVADA

Además de los millones de constructores autodidactas que han elaborado sus construcciones con tierra cruda, existen diversas empresas y agrupaciones que se han dedicado a investigar sobre la tierra cruda y sus aplicaciones.

Para la adecuada industrialización de la tierra y para que ésta sea más accesible, se ha concluido que la aplicación de sistemas mecánicos manuales optimizan la calidad, costo y tiempo de elaboración de los derivados de la tierra.

Como medio mecánico manual se ha trabajado con éxito usando una pequeña máquina llamada "YUYA", que no requiere mantenimiento alguno más que engrasarse y limpiarse y puede ser manejada por cualquier persona. Esta

<sup>41</sup> Financiamiento para la vivienda, nuevas reglamentaciones, *op. cit.*

máquina fue patentada por la empresa BUNUNI que dirige el Arquitecto Raúl Sánchez Mora, quien desde hace más de 20 años se dedica a trabajar en obras sociales mediante las cuales ha construido cerca de mil casas campesinas en los estados de Morelos, Veracruz, México, Chihuahua, Jalisco y Chiapas.

Además de estas aplicaciones, se ha empleado "machienbloque" o adobe fabricado en la "yuya" en la recuperación de terrenos erosionados levantando pequeñas represas, galerías filtrantes para tanques de agua y alineamientos, bodegas piscícolas, etcétera.

El peso de la "yuya" es de 350 kg, lo que permite su fácil transportación a cualquier sitio. También la máquina puede trabajar las 24 horas seguidas sin sufrir desperfectos por calentamiento o falta de energía. Asimismo en caso de que una pieza salga defectuosa, se puede recuperar totalmente, triturándola y utilizándola nuevamente.

Cada adobe o "machienbloque" mide 35 cm de largo por 17.5 de ancho y 10 de espesor, presentando costillas y ranuras en sus cuatro caras de forma trapecoidal de 5 cm en la base mayor, 2 en la menor y 2 cm de altura.

Para un mejor soporte y ajuste, las piezas trabajan bajo el sistema de "machimbre", ésto permite una mejor liga al montarse en forma horizontal o vertical, sin la necesidad de aplicar mortero en las juntas.

Entre pieza y pieza, hay una tolerancia de 2 cm, la que hace que la estructura sea flexible y consecuentemente, resistente al sismo.

Para lograr una mayor resistencia, se le estabiliza con cemento o cal llegando a resistir a los 10 días hasta 45 kg/cm<sup>2</sup> y en casos de que el material sea muy bueno, hasta 90 kg/cm<sup>2</sup>.

Otro grupo, Orvi, S.A. de México, D.F. que es una de las 120 empresas mas importantes en el desarrollo de la vivienda de interés social, con apoyo total y financiamiento al 50% por el Infonavit, inició la investigación y desarrollo de un sistema de planeación y ejecución de vivienda denominada "La Morada", que es encabezada por los Arquitectos Carlos García Velez y Roberto Cruz Serrano.

*Algunas de las metas que busca este sistema son:*

- a) Selección de sistemas constructivos más económicos.
- b) Reducción y simplificación en el despiece de los materiales.
- c) Disminución de tiempos, desperdicios e imprevistos.
- d) Evitar monopolio en la distribución de los materiales para evitar aumentos en costo y retrasos en obras.
- e) Capacitar la mano de obra con sistemas muy sencillos.
- f) Evitar el mantenimiento al máximo.
- g) Producción y construcción. INSITU.

*Dentro de la investigación de esta vivienda, se han cuestionado el empleo de la tierra cruda en el sistema "La Morada" pudiendo concluir que ésta encaja perfectamente con todas y cada una de sus metas. Por lo cual se han realizado pruebas modulares y de materiales para la construcción integral de viviendas.*

*Se han obtenido "dovelas" de una gran resistencia, que en un futuro próxi-*

mo lograrán integrar cubiertas abovedadas de claros razonables y resistencia considerable.

También se está experimentando en agregados poliméricos como sustitutos de los cementantes, que además de obtener un bloque o adobe de buena calidad, deja la opción de "sopietear" con calor los muros expuestos a la intemperie, y así obtener un acabado "vidriado" que da una altísima protección contra agua y viento.

También en la investigación e industrialización del adobe, ha colaborado Vi-  
vienda Pueblo, S.A. de C.V. bajo la dirección del Arq. Jacobo Chernovetzky, bus-  
cando el uso de la tierra, estabilizándola con el sistema por ellos denominado  
CLU 3 000, que consiste en los aditivos consolid 444 y Conservex, más la má-  
quina CLU 3 000.

La máquina CLU 3 000, es una unidad móvil de motor diesel y bomba hí-  
dráulica con dimensiones de 300 x 145 x 152 cm, y peso de 1 600 Kg. Los "tabi-  
cotes" que se fabrican, miden 25 x 12 x 7.5 cm con un peso de 4.5 Kg.

También cuentan con la unidad APE 4 000 que produce 4 000 tabicotes dia-  
rios, pero con otro tamaño 28 x 14.5 x 10 cm.

El proceso de fabricación, se inicia moliendo la tierra hasta pasarla por un  
arnero de 20 mm para así poder someterla al tratamiento químico, independien-  
te que ésta también acepta cales o cementantes.

Posteriormente se alimenta la mezcladora con tierra local y aditivos, según  
el tratamiento indicado por un análisis previo en laboratorio, para así llevar a ca-  
bo la rotación de los cuatro moldes, la compresión y expulsión de los "tabico-  
tes", que se deberán dejar 2 días a la sombra.

#### CONSOLID 444 (C-444)

El Consolid 444 es un estabilizador a base de una emulsión ligeramente áci-  
da (ph 5), compuesta por varios reactivos químicos cuya misión es la de modifi-  
car las características físicoquímicas de las partículas, obteniendo los siguientes  
cambios:

- a) La aglomeración de partículas muy finas de limo y arcilla que se encuen-  
tran normalmente disociadas.
- b) En efecto hidrorrepelente del Consolid 444, reduce en gran medida la ten-  
dencia a la absorción capilar.

#### CONSERVEX (CX)

Es un producto alcalino (ph a) que contiene asfalto, y que por medio del agua  
transporta hacia los más pequeños vacíos de aire, impidiendo así la entrada de  
agua, e incrementándose la resistencia original de la tierra.

Para la dosificación, si la tierra tiene un alto porcentaje de arcilla, se dosifica-

LA "YUYA"

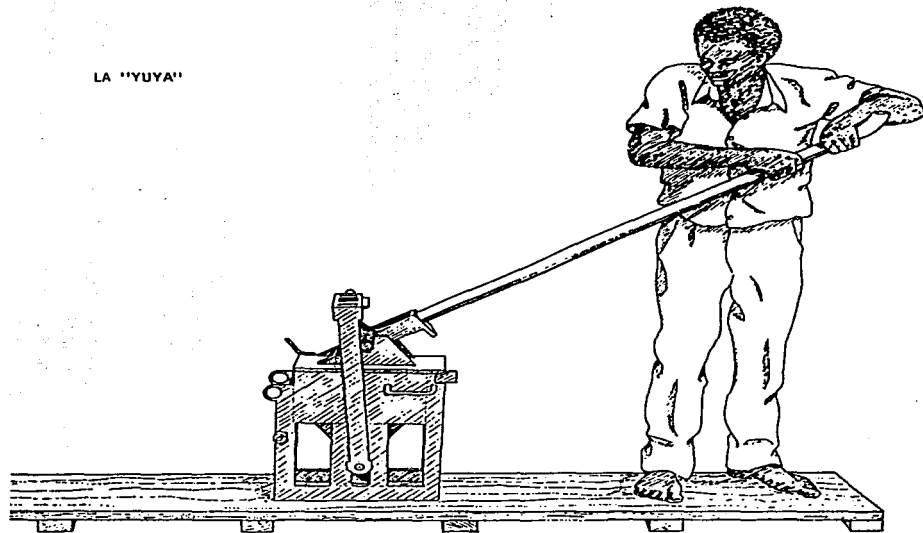
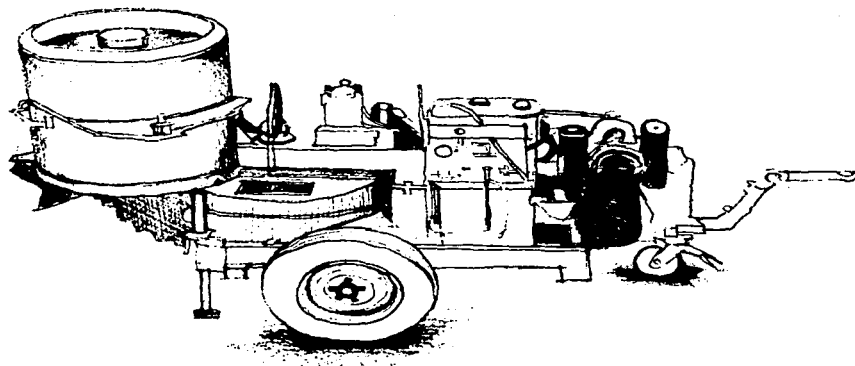


LÁMINA NO. 60.

La "Yuya".



## **MAQUINA CLU 3000**

LÁMINA NO. 61.

Máquina CLU 3000. De vivienda Pueblo, S.A. de C.V.

rá con mayor cantidad de aditivos, y en caso inverso cuando sea menor cantidad de arcilla.

El rango de dosificación de Consolid 444, varía de 0.4 a 0.81 por metro cúbico de suelo compactado, y el rango de dosificación de Conservex varía de 4 a 10 l por metro cúbico de suelo compactado.

Las muestras obtenidas suelen resistir hasta 40 Kg/cm<sup>2</sup> a la compresión y 2.8 kg/cm<sup>2</sup> al cortante.

Además de la fabricación y venta de las máquinas y técnicas mencionadas, Vivienda Pueblo, S.A. de C.V. ha construido con éxito caminos rurales con tierra y emulsiones, así como puentes, retenes y canales.

La empresa Ital Mexicana, S.A. dirigida por el Ing. Paolo Plazzesi, ha desarrollado para la venta varias alternativas de maquinaria y accesorios que pueden lograr los siguientes tipos así por ellos clasificados:

ADOBLOQUE:	Adobe mejorado con aditivo polimérico, muy impermeable y con resistencia promedio de 60 Kg/cm <sup>2</sup> .
ADOBOND:	Adobe producido con aditivo adherente, muy impermeable y con resistencia promedio de 60 Kg/cm <sup>2</sup> .
ADOSTAB:	Adobe estabilizado con emulsión asfáltica, muy impermeable y con resistencia promedio de 40 Kg/cm <sup>2</sup> .
ADOCARBONADO:	Adobe producido con carbonado de calcio, medianamente impermeable y con una resistencia promedio de 50 Kg/cm <sup>2</sup> .
ADOCO:	Adobe de suelo cemento, producido con cemento-cal, medianamente impermeable y con resistencia promedio de 40 Kg/cm <sup>2</sup> .
ADOPAJA:	Adobe tradicional, bajo grado de impermeabilidad y resistencia promedio de 35 Kg/cm <sup>2</sup> .

Todos estos tipos son factibles, aunque los de mayor resistencia y mayor gastos son los más adecuados por su resistencia mecánica y al intemperismo.

Para la fabricación de estas opciones, se ofrece una variada serie de alternativas estacionarias y con el uso de energía eléctrica que muchas veces simplifica el empleo y mantenimiento de los motores, sin que se dejen de necesitar otros materiales como aceites y lubricantes. Ital Mexicana ofrece la opción en motores de gasolina, diesel y las adaptaciones necesarias a sus máquinas para ser remolcables.

Otros equipos ofrecidos son: el pulverizador de rodillos, que es un pequeño molino que reduce la granulometría del material. Un clasificador, que es una criba o arnero de 3 filtros que ordena las diferentes necesidades de granulometría.

Mezcladoras y clasificadoras de aditivo que procesan lo previamente molido para homogeneizar la mezcla.

Elevadores o transportadores de banda para llevar el material mezclado hacia la máquina adobera, de la cual se podrán sacar las piezas para ser transportadas en un "carrito" o remolque hacia las áreas de secado y producto terminado.

## PASOS DEL SISTEMA ADOPRESS

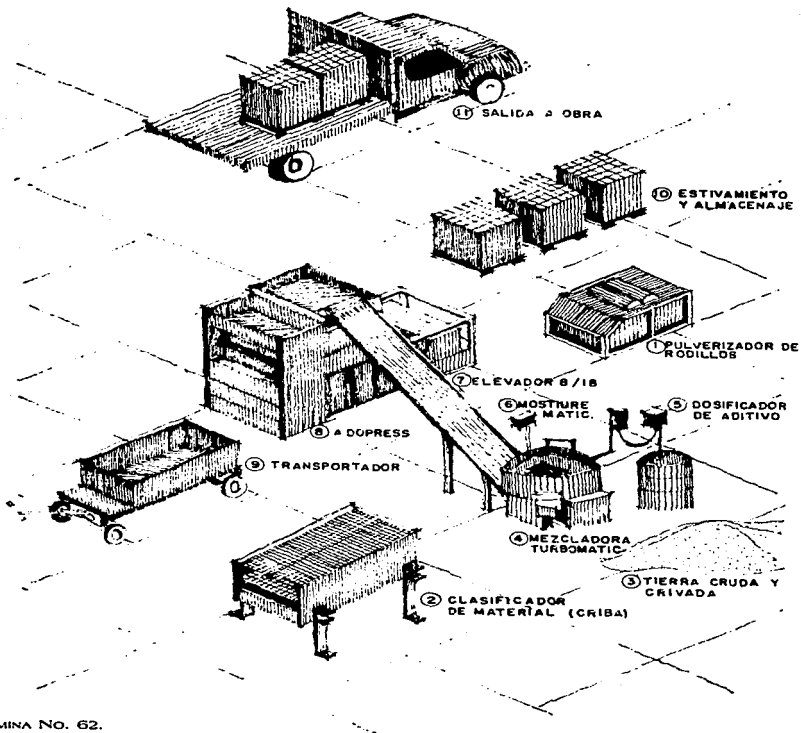


LÁMINA NO. 62.

Pasos del sistema adopress.

viene incrementando desde los años cincuentas

### TABLA DE PRODUCCION

LAS PRODUCCIONES SON INDICATIVAS DE PLANTAS DE NUESTROS CLIENTES AL 100% DE SU CAPACIDAD. ELABORANDO ADOBE DE 9 x 14 x 28 cms. BAJO REQUERIMIENTO DEL CLIENTE SE PUEDE MODIFICAR LAS DIMENSIONES. LOS DATOS DE ESTE CATALOGO PODRAN SER MODIFICADAS SIN PREVIO AVISO.

ADOPRESS MODELO	PERSONAL DE PRODUCCION	ELEMENTOS POR DESMOLDEO	RITMO MEDIO POR CICLO EN SEGUNDOS	PRODUCCION POR TURNO DE OCHO HORAS
1000 2000	3 3	1 1	25-28 13-16	1150-1000 2200-1800
3000	3	2	16-20	3600-2880
5000 8000	3 3	4 4	22-26 14-16	5200-4400 8200-7200
12000	3	8	16-20	14-400-11520

### DATOS TECNICOS

ADOPRESS MODELO	H.P.	MEDIDAS MTS.	VOLUMEN M <sup>3</sup>	PESO (BOLSA) ACBITE KILG.	UNIDAD OLEODI RAMICA
1000 2000	5 10	ALTO 1.44 LARGO 1.0 ANCHO 0.70	1.08	400 405	40 LTS. 45 LTS.
3000	20	ALTO 1.44 LARGO 1.40 ANCHO 0.70	1.41	555	100 LTS.
5000 8000-DOB	30 30	ALTO 2.05 LARGO 2.20 ANCHO 1.63	7.35	1500 1510	150 LTS. 200 LTS.
12000	40	ALTO 2.05 LARGO 2.20 ANCHO 1.63	9.35	1700	500 LTS.

### EQUIPO PERIFERICO

TURBO MATIC	ELEVA DOR	CRIBA	PULVE RIZA DOR	DOBIFICADOR DE AGUA	COMPI CADOR DE ACTIVO
TR-60 TR-110	-V- -	3 x 6" -	1 2	MOISTURE MATIC	ADI MATIC
TR-160	-V- -	3 x 9" -	3	MOISTURE MATIC	ADI MATIC
TR-220 TR-330	8/18 8/18	4 x 10" -	5 8	MOISTURE MATIC	ADI MATIC
TR-550	8/18	5 x 10" -	12	MOISTURE MATIC	ADI MATIC



Como se podrá apreciar, estos equipos implican la instalación de una infraestructura y la inversión en una empresa especializada, dando así la opción de la apertura de negocios de la especialidad que son escasos, a excepción de algunos en la frontera norte de México que venden el material a los proveedores y constructores del Sur de los Estados Unidos, en donde la aceptación del adobe se viene incrementando desde los años cincuenta.

Fuera de México se han patentado diversas máquinas y sistemas, la primera y muy conocida máquina para fabricar ladrillos de tierra estabilizada es la prensa CINVA-RAM, fue inventada y patentada en 1957 en Colombia para comercializarse posteriormente mediante una firma francesa.

Además de este sistema, hay algunos otros que se mencionan en el capítulo VII-3 de maquinaria y equipo.

## CONCLUSIONES

La tierra, que no es un material monopolizable y sujeta a la especulación, se presenta a las manos de todos los mexicanos, pudiéndose emplear casi todo tipo de ella en la fabricación de bloques y sistemas estabilizados.

El mejor estabilizador, el cemento, se cotiza a los precios de reposición de las plantas que en muchos casos ya fueron depreciados y revaluados varias veces, lo cual provoca altos precios que en el caso de la construcción con tierra inciden en un porcentaje mucho menor que la de concreto.

Para el caso de la vivienda rural, el producto del campo no es ni debe ser transportable a la ciudad, pudiendo así emplear materiales regionales sin la gran mezcla de "economías" logrando también una reducción en los fletes de hasta un 70%.

La versatilidad del diseño y producción de las máquinas disponibles en el mercado hace que una sola máquina fabrique pisos, muros, cubiertas y acabados empleando electricidad o diesel según las necesidades de la localidad, aumentando su resistencia, permeabilidad y sus cualidades acústicas y térmicas hasta en un 300%.

Para los sistemas de autoconstrucción se presentan opciones de manejo manual que comprime hasta 15 toneladas frente a las que funcionan físicomecánicamente con una presión hasta 40 y 45, sin que la resistencia de las manuales sea insuficiente para los requerimientos de construcciones rurales o urbanas. Esta falta en la función de las manuales es compensada con la aplicación de cementantes.

Con el empleo de la tierra estabilizada se puede también emplear en canales de riego, pavimentación o depósitos de agua.

La aceptación del empleo del "adobe" estabilizado vendrá cuando la gente pudiente acepte estos sistemas y provoque así el "ejemplo" ante las clases de escasos recursos.

Basta decir que en la Ciudad de Oaxaca que es una zona adobera por excelencia, el tabicón o el block de cemento, se ofrecen a precios similares al adobe, debido al abandono y escasez de estas técnicas milenarias. Lo mismo sucede ahora en algunos locales comerciales en la carretera México-Toluca donde venden el millar de adobe a \$ 650 000.00.

Es necesario que el gobierno y las grandes instituciones que manejen la construcción masiva, principalmente la vivienda, tomen conciencia y apliquen esta posibilidad de una forma racional, integral y nacional.

Algunas de las acciones que se deben tomar son:

1. Buscar la organización de coloquios y congresos.
2. Informar y difundir sobre los diversos proyectos y sus resultados.
3. Comparar los resultados con las experiencias de otros especialistas y países.
4. Promover la explotación de las ventajas ofrecidas por la construcción con tierra.
5. Identificar prioridades para futuras acciones, que lleven a emplear cada vez más la construcción con tierra.
6. Preparación de estándares y reglamentaciones para la construcción con tierra.
7. Mejorar la imagen del empleo de la tierra ante técnicos, empresarios y usuarios.
8. Promover las publicaciones y la enseñanza en tecnológicos y universidades.
9. Intenia la corrección de estructuras socioeconómicas tan descompensadas que provocan la coexistencia de masas sin hogar y viviendas sin ocupantes.
10. Regresar la tradición social y productiva a las comunidades rurales para que con el autodesarrollo reencuentren la solución a sus necesidades básicas aprovechando una tecnología adecuada.

Durante el sexenio pasado, se construyeron 1'266 000 unidades más que en los doce años anteriores, llegándose a un promedio anual de 300 000.00 unidades, para totalizar 16.4 millones de viviendas para 80 millones de personas las cuales vieron decrementado el promedio de metros cuadrados de habitación de 13 a 7 m<sup>2</sup> por habitante, a pesar de los esfuerzos del gobierno que sólo en 1988 invirtió 5.6 billones de pesos que equivalen al 15% de la inversión pública y el 1.5% del PIB.<sup>42</sup>

En los próximos 15 años, la población mundial crecerá a 6.1 miles de millones con más de 4.5 miles de millones en los países subdesarrollados dentro de los que se encuentra México, lo cual representa un reto para las actuales políticas de desarrollo dentro de las cuales la tierra seguirá siendo un material de construcción y una esperanza para las clases más desposeídas.

Espero que esta tesis provoque una inquietud en el lector así como la continuidad de proyectos y realizaciones de todos aquellos que ven a las tecnologías de tierra sin conocimiento como una gran solución a muchos problemas que padece nuestro querido México.

<sup>42</sup> Periódico uno más uno de abril 2 de 1989, pp. 1 y 16.

## XII - APENDICE

### DISEÑO MEDIANTE RELACIONES GEOMETRICAS.

La tabla que a continuación se muestra, limita la geometría de la construcción en función de los parámetros H/t (relación de altura a espesor de muros) y L/2t (longitud total entre soportes del muro al doble de su espesor). Conviene recordar que se debe buscar la simetría en la construcción.

#### VALORES MAXIMOS DE H/t o L/2t

Cuando se emplee adobe estabilizado

Peso del techo	sin refuerzo		con cadena de concreto	
	I	II	I	II
70	8	6	18	13
150	7	5	15	11
300	6	4	13	9

Estos valores son resultado de análisis teóricos desarrollados en la referencia "Seguridad de Casas de Adobe ante sismos", publicada por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, modificados para tomar en cuenta las características de los adobes estabilizados. El caso II es para construcciones situadas en la zona de más alta intensidad sísmica del país (Costa del Pacífico, abarca los estados de Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas), mientras que el caso I sería aplicable a zonas de moderada o baja intensidad sísmica.

Si se emplean las relaciones anteriores, se asegura que las construcciones serán capaces de soportar el sismo de diseño de las zonas correspondientes.

Este es un procedimiento conservador pero que se considera puede ser de gran ayuda para los diseñadores.

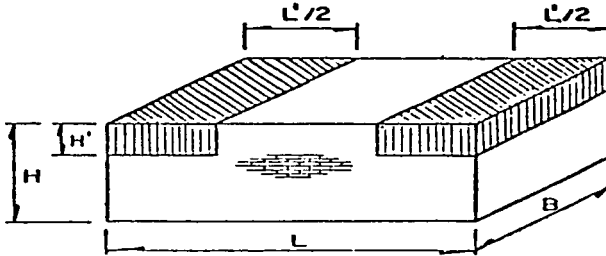
**PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO DE ANALISIS: CRITERIO DE ESFUERZOS PERMITIBLES**

Se realizarán las siguientes etapas:

1. Determinar el coeficiente sísmico,  $C_s$ , de la zona y tipo de suelo donde se construirá; por facilidad, se pueden tomar los que se muestran en la siguiente figura.



2. Se calcula la fuerza cortante en los muros alineados en la dirección que se está analizando por el mismo, ver fig. siguiente:



$W'$  es el peso de la construcción que incluye el del techo de la cadena de concreto (si la hay), y parte de los muros (parte se apoya directamente en el suelo). Para evaluar  $W'$  se calcula el peso de los materiales incluidos dentro de los siguientes límites:

En casas sin refuerzo  $L' = 2H/L$  ;  $H' = H/4$

En casas con cadena de concreto  $L' = 3H/L$  ;

$H' = H/3$

Cuando se tiene un techo rígido  $L' = L$  ;  $H' = 3H/5$

Este cálculo se debe hacer para cada cuarto que forme a la construcción. En muros intermedios se asigna el 60% del valor calculado y 40% al muro exterior; si no hay muros intermedios cada muro extremo debe resistir el 50% de  $V$ . Se debe considerar la reducción de resistencia del muro cuando su relación  $h/b = 1.33$  disminuyendo su área por el factor  $(1.33 \frac{b}{h})^2$ .

3. Se compara el esuerzo actuante en el muro con el permisible que conservadoramente se puede tomar como  $v = 0.5$  kg/cm cuando se usan morteros 1:0:4 o 1:1:6 o similares; mientras que se tomará 0.4 cm para morteros de menor calidad y 0.3 kg/cm, cuando se emplee mortero de tierra.

4. Se revisa que los esfuerzos por flexión en el adobe no rebasen el permisible ( $f = 0.07$  kg/cm); ésto se puede hacer aplicando el siguiente procedimiento:

- a) Se calcula el momento flexionante en los extremos del muro:

$$M = C_s w X^2/K$$

K vale 20 si existe cadena de concreto o 5 si no la tiene

X igual a H 0.1/2, el menor

W carga por unidad de longitud en el muro, incluye: peso unitario del muro, la mitad del peso del echo y el de la viga de concreto (si es que existe).

- b) Se valúa el esfuerzo de flexión.

$$f_t = M/S \qquad S = I^2/6$$

- c) Se debe cumplir

$$f_t \leq f_t^*$$

5. Para compresión, simplemente de la bajada de carga se determina el esfuerzo axial actuante, que se compara con el permisible dado en 1.4.

6. Se revisarán de igual manera los muros de la dirección perpendicular.

#### DISEÑO DE LA MAMPOSTERIA SEGUN EL REGLAMENTO DEL DF

También puede emplearse el método simplificado de diseño para estructuras de mampostería que establece el reglamento de construcciones para el Distrito Federal, siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones:

$F_E$  es un factor reductivo por excentricidad y esbeltez que se tomará como 0.7 para muros interiores que soporten claros que no difieran en más del 50% y como 0.6 para muros extremos o con claros asimétricos, y para casos en que la relación cargas vivas a cargas muertas excede de uno. Para muros que estén ligados a muros transversales con una separación no mayor de 3 m, los valores de  $F_E$  se tomarán como 0.8 y 0.7 respectivamente.

La carga resistente así calculada se comparará con la carga total actuante obtenida, considerando los factores de carga especificados por el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal en su título IV (1.4 para cargas muertas y 1.1 para combinación de carga muerta y accidental).

Resistencia de muros a cargas laterales

La fuerza cortante resistente a diseño se calculará como:

$$V_R = F_R (0.5 v^* A_t)$$

en que  $A_t$  es el área transversal bruta del muro;  $F_R$  se tomará como 0.3 y  $v^*$  es el esfuerzo cortante nominal de la mampostería.

En caso de que los muros se refuercen, según los requisitos establecidos en 2.5,  $F_R$  tomará el valor 0.6.

## EJEMPLOS DE APLICACION

En la figura 5 se muestran los planos de la vivienda por analizar, y a continuación se listan las características de los materiales de la estructura.

Peso volumétrico del adobe estabilizado	1 600 kg/m <sup>3</sup>
Espesor de muros	14.5 cm
Pendiente del techo	15%
Peso del techo	45 kg/m <sup>2</sup>
Carga viva en el techo (por sismo)	60 (20) kg/m <sup>2</sup>
Coefficiente sísmico, zona B, terreno duro	0.16
Esfuerzo cortante de diseño para muros	1.25 kg/cm <sup>2</sup>
Factor de reducción por ductibilidad	1.0
Sin castillos de refuerzo, sólo dala perimetral	

Con esa altura, no habrá problema porque ningún muro tiene una longitud mayor de 5 m; cabe recordar que necesita la cadena de esfuerzo en todo el perímetro, tal como se observa en la figura 4.

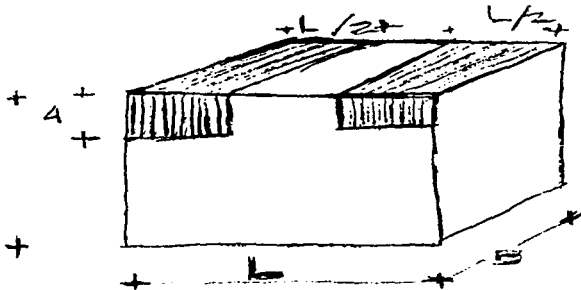
Diseño simplificado por esfuerzos permisibles.

Los muros que se consideran críticos pro cortante son los del eje 4 y los del eje 2, ver figura del inciso anterior; cabe recordad que el coeficiente sísmico es 0.16.

Revisión para los muros del eje 4 entre A y C

Para calcular la resistencia de los muros, se tomará la longitud reducida mostrada en la figura anterior.

La figura siguiente muestra el volumen que debe considerarse para calcular en forma conservadora las fuerzas cortantes de la zona II.



$$H' = \frac{H}{3} = \frac{260}{3} = 87 \text{ cm}$$

$$L' = \frac{3 \cdot 260^2}{360} = 360$$

$$L' = 360$$

Peso techo



Como las cargas verticales son reducidas debido al peso del techo, solamente se revisará para la condición de sismo.

Diseño mediante relaciones geométricas.

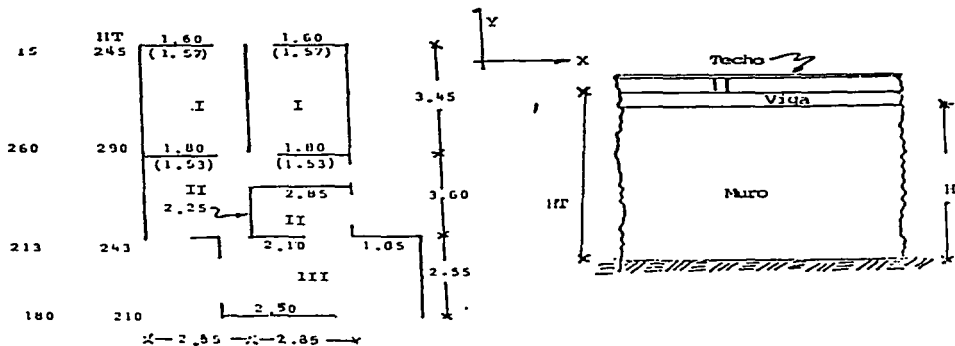
Como el peso del techo para sismo es menor de 150/kg/cm (45 + 20 = 65) y se usará la cadena perimetral, entonces:

$$H/t \text{ o } L/2t$$

es igual a 18, según la tabla del inciso 3.1; por lo que la altura máxima de muro será:

$$H = 2 \times 18 \times 14.5 = 522 \text{ cm}$$

La vivienda tendría la altura de muros mostrada en la siguiente figura, entre paréntesis está la longitud reducida de muros por esbeltez.



$$W' = 2 (3.6 + 2.85) 0.145 \cdot .87 \cdot 1600 +$$

$$+ 2 (3.6 + 2.85) \cdot 0.145 \cdot .20 \cdot 2400 +$$

$$+ 65 \cdot 3.6 \cdot 2.85$$

$$W' = 2604 + 899 + 667 = 4170 \text{ Kg}$$

El cortante sísmico es

$$V_{II} = 0.16 \cdot 4170 = 667 \text{ Kg}$$

Este cortante es resistido por los muros del eje 2 y 4 entre A y C; los muros del eje 4 por ser intermedios deben soportar el 60% de ese cortante; además, de ser la zona I aproximadamente igual a la II, el cortante en el eje I vale

$$V = 2 \cdot 0.6 \cdot 668 = 800 \text{ Kg.}$$

El esfuerzo cortante resistente es

$$V = 800 / (14.5 \cdot 2 \cdot 153) = 0.18 \text{ Kg/cm}^2$$

el cual es menor que el permisible (0.5 Kg/cm<sup>2</sup>)

Revisión para los muros del eje 2 entre B y D

La contribución de la Zona III se calcula conservadoramente con los siguientes parámetros:

$$H' = 2.13/2 = 0.71$$

$$L' = 3 \times 2.13^2/2.55 = 2.55$$

$$W' = 2 (2.5 + 2.55) \cdot 0.145 \cdot .71 \cdot 1600 + 2 (2.5 + 2.55) \cdot$$

$$+ .145 \cdot .2 \cdot 2400 + 5 \cdot 2.55 \cdot 65$$

$$W' = 1664 + 703 + 829 = 3196 \text{ Kg}$$

$$V_{III} = 0.16 \cdot 3196 = 511 \text{ Kg}$$

por ser muro intermedio soportará el 60 por ciento de este valor más el 40 por ciento del obtenido para la Zona II.

$$V = 0.6 V_{III} + 0.4 V_{II} = 0.6 \cdot 511 + 0.4 \cdot 667$$

$$V = 573 \text{ Kg}$$

El esfuerzo cortante vale  $v = 573 / (14.5 \cdot (210 + 165)) = 0.11 \text{ Kg/cm}^2$  que es menor que el permisible (0.5 Kg/cm<sup>2</sup>)

Revisión para los muros del eje 5 entre A y C

Estos muros deben resistir el 40 por ciento del cortante  $V_I$  (igual a  $V_{II}$ )

$$v = 0.4 \cdot 667 / (2 \cdot 14.5 \cdot 158) = 0.06 \text{ kg/cm}^2$$

que es menor que el permisible (0.5 kg/cm<sup>2</sup>)

Revisión para los muros del eje 1 entre B y D

Este muro resistirá el 40 por ciento del cortante  $V_{III}$

$$v = 0.4 \cdot 511 / (14.5 \times 250) = 0.06 \text{ kg/cm}^2$$

Revisión por flexión

Solo se revisará el muro del eje B entre 4 y 5, para el cual

$$K = 20 \quad \text{porque tiene dala de concreto}$$

$$X = 1.72 \text{ m} \quad L/2 \text{ es menor que H}$$

$$W = 0.145 \cdot 3.45 \cdot 1.0 \cdot 1600 + 8 \cdot .145 \times .2 \cdot 2400 + \frac{1}{2} (2 \cdot 2.85 \cdot 3.45 \cdot 6 \cdot 65)$$

$$W = 800 + 557 + 639 = 1996 \text{ Kg}$$

$$W = 1996/3.45 = 0.58 \text{ T/m}$$

$$M = 0.16 \cdot 0.58 \cdot 1.72^2/20 = .1373 \text{ T/m}$$

$$S = .45^2/6 = .0035 \text{ m}^3$$

$$f_1 = .01373/.0035 = 3.92 \text{ T/m}^2 = 0.39 \text{ Kg/cm}^2$$

que es menor que el permisible en tensión (0.7 kg/cm<sup>2</sup>).

Método simplificado del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

La estructura cumple con las condiciones establecidas por lo que se aplicará el método simplificado de análisis en el cual sólo hasta comprobar que la resistencia en la dirección con menor longitud efectiva de muros, sea mayor que el cortante actuante.

Longitud efectiva de muros

Dirección X

$$l_x = 2 \times 1.57 + 2 \cdot 1.53 + 2.85 + 2.10 + 1.65 + 2.50 = 1.53$$

Dirección Y

$$l_y = 2 \cdot 3.45 + 3.60 + 2.25 + 2.55 = 15.2 \text{ m}$$

Resistencia a cortante

Ambas direcciones tienen casi la misma longitud efectiva de muros, el cortante resistente será:

$$V_R = 0.3 \cdot 0.5 + 1.25 \cdot 1530 \times 14.5 = 4160 \text{ Kg}$$

Cortante actuante

Para su cálculo se tienen los siguientes datos:

Peso de muros 9775 Kg, sólo se consideró la mitad de la altura promedio

Peso de la cadena de cerramiento, 2050 Kg

Carga viva por sismo, 20 Kg/m<sup>2</sup>

Peso techo 45 kg/m<sup>2</sup>

Area del techo 55 m<sup>2</sup>

Factor de carga 1.1

$$\text{Peso total} = 9775 + 2050 + 55 \cdot (20 + 45) = 15400 \text{ Kg}$$

$$\text{Cortante actuante } V = 0.16 \cdot 15400 \cdot 1.1 = 2710 \text{ Kg}$$

$$V = 2710 \text{ Kg } V_R = 3452 \text{ Kg}$$

TABLA I

Proporcionamientos en volumen, recomendamos para mortero en elementos estructurales

Tipo de mortero	Partes de cemento	Partes de cemento de albañilería	Partes de cal	Partes de arena +	Valor típico de la resistencia nominal en compresión $f_b^*$ en kg/cm <sup>2</sup>
I	1	0 a ½	0 a ¼	No menos de 2.25 ni más de 3 veces la suma de cementantes en volumen.	125
II	1	1/1 a 1	¼ A ½		75
III	1		1/1 a 1 ¼		40

\* El volumen de arena se medirá en estado suelto.

Fig. 1. Ensaye de compresión en pila.

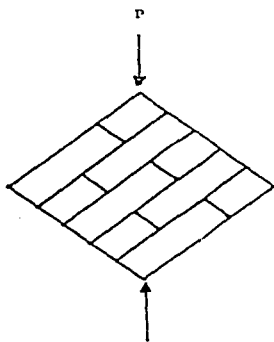


Fig. 2. Ensaye de flexión.

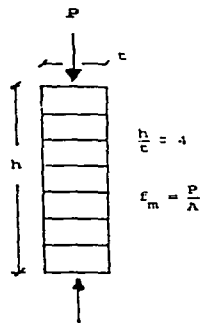
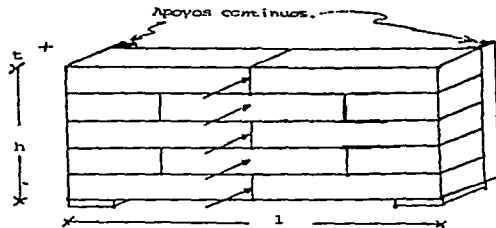


Fig. 3. Ensaye de compresión diagonal.

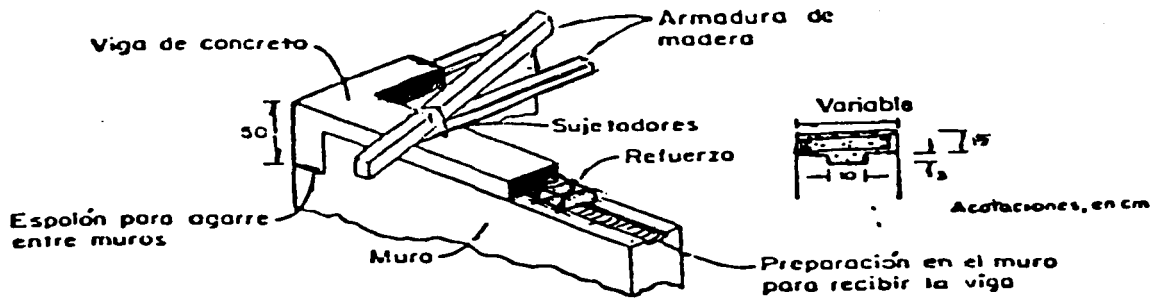


Fig. 4. Viga de refuerzo en la parte superior de los muros, armar con un mínimo de 4 varillas de 5/8".

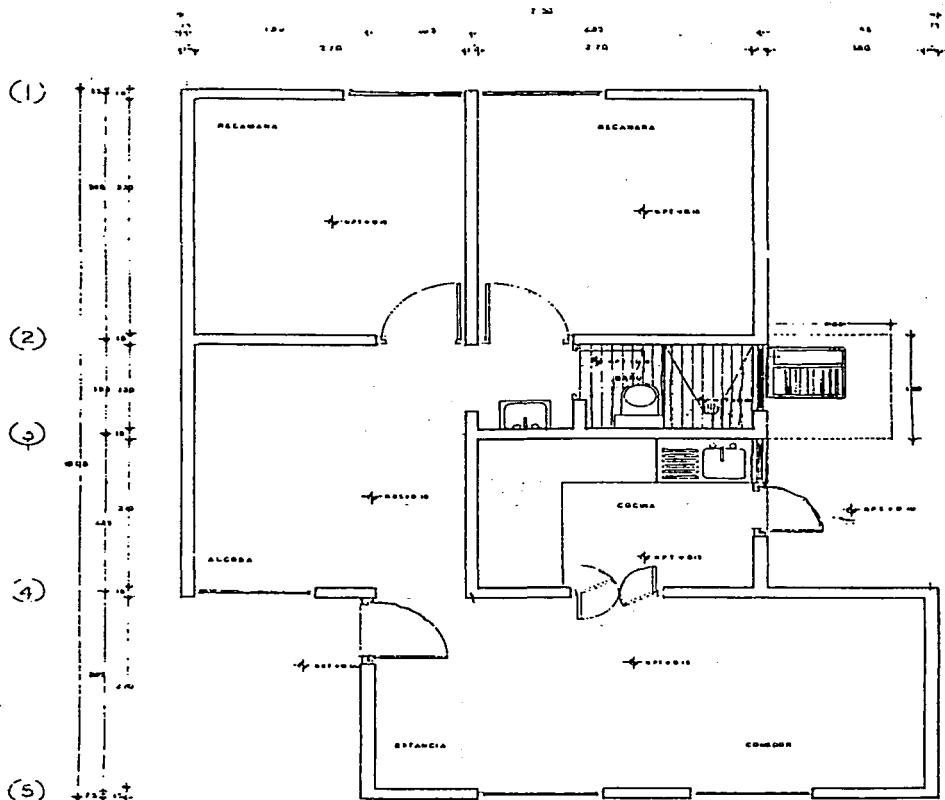


Fig. 5. Planta.

Fig. 5 PLANTA

### XIII - BIBLIOGRAFIA

- Materiales, técnicas y economía de la construcción en los países en desarrollo*, actas del Coloquio Internacional, París, Imp. CRI 8 Rue Mabillon, 75 006, 9, 10 y 11 de diciembre de 1986.
- Artículos Varios*, "Adobe" entrevista al Arq. Raúl Sánchez Mora. Periódico *El Nacional* "Sección Metropolitana" agosto 1 y 2 de 1987. México, D.F.
- Baudreau, E. H., *Making The Adobe Brick*, Fifth Street Press, California, 1974. E.U.A.
- Bardou Patrick, Arzoumanian, Varoujan, *Arquitecturas de adobe*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1981.
- Bazan, Enrique; Padilla, Marciano y Mell, Roberto, *Seguridad de casas de adobe ante sismos*, No. 423, junio, 1980. México, D.F.
- Echegoyen Guerrero, Rafael, *Importancia de las pruebas físicas y químicas de la arcilla en la industria cerámica*, UNA, 1957. México, D.F.
- Centre Georges Pompidou, *Des Architectures de Terre*, París, Francia Imprenta Moderna de Lyon, 1982.
- Conescal, *Tecnología de construcción de tierras sin cocer*, Nos. 59 y 60, México, D.F., 1982.
- Costales, Federico F., *Cerámica para escuelas pequeñas e industrias*, Editorial Continental, mayo, 1980. México, D.F.
- Craterre (Doat, P., Hays, A., Hoben, H. Matuk, S. Vitoux, F.), *Construir con tierra*, E.D. Alternatives Et Pa Ralleles, 1979.
- Francia Chanfon Olmos, Carlos, *Fundamentos teóricos de la restauración*, México, Des, Arq., UNAM, 1983. México, D.F.
- Choisy, Anguste, *Historia de la arquitectura*, Buenos Aires, Editorial Víctor Lero, 1974.
- Delhier, Jean, *Las arquitecturas de tierra*, Memoria de la exposición temporal de agosto-septiembre del Museo Nacional de Antropología, México, D.F., 1985.
- Espejel, Carlos, *Cerámica popular mexicana*, España, Editorial Blume, 1985.
- Guevara Sánchez, Arturo, *Arqueología del área de las Cuarenta Grasas*, Chihuahua, México, Colección Científica del INAH, 1986.
- Guevara Sánchez Arturo, *Arqueología del área de las Cuarenta Casas*, Chihuahua, *Boletín*, No. 30, abril-junio, INHA, 1980 México, D.F.
- Hernández Basilio Oscar, *Normas de diseño para construcciones a base de adobe prensado estabilizado*, Apuntes mmecanografiados, noviembre 1984, México, D.F.



Hernández Ruiz, José, Arq; Ing. Luis Márquez Luna, Cartilla de pruebas de campo para la selección de tierras en la fabricación de adobes, México, Conesal A.C., Primera Edición, 1983.

Higuera Gil Sergio, Ing., *La casa de tierra*, Gobierno del estado de Tamaulipas, Instituto Tamaulipeco de Vivienda y Urbanización, México.

Kahane J. *Local Materiales*, Publicación distribución Cooperativa Londres, 1970.

*La vivienda campesina en México*, México, D.F., SAHOP, 1978.

Laura Meléndez Leopoldo, *Introducción al estudio de las arcillas*, IPN, ESIA, 1968, México, D.F.

Le Corbusier, *Hacia una arquitectura*, Buenos Aires, Editorial Poseldón, 1965.

Margain, R. Carlos, *Sobre sistemas y materiales de construcción en Teotihuacán*, México, D.F., Edición INAH, 1966.

Marquina Ignacio, *Arquitectura prehispánica*, México, D.F., INHA, 2a. Edición, 1964.

*Monografía No. 385/385 del Instituto Eduardo Torroja*, "La tierra material de construcción" Madrid, España, Ministerio de cultura.

Moya Rubio, Víctor José, *La vivienda indígena de México y el mundo*, México, D.F., UNAM, 1984.

Pérez de Salazar Vereas, Francisco, *La venta o renta de maquinaria de construcción*. Tesis para optar por el grado de maestro en arquitectura, UNAM, México, D.F.

Perry Chilton, Cecil, *Manual del ingeniero químico*, Editorial Mmc Graw Hill 1982, México.

Ponentes Varios, *Financiamientos para la vivienda, reglamentaciones, septiembre*, Des Arquitectura UNAM, 1984, México.

Rudolfski, Bernard, *Constructores prodigiosos*, México, D.F., Editorial Concepto, 1984.

Salmang, Hormann, *Die Physiokalischen And Chemischen Grundlagen Der Keramik, 1954*, Editorial Reverte, S.A.

Singer, F., y Singen, S.S., *Cerámica industrial*, Editorial Urmo, 1971.

Southwic, J., *Built With Adobe*, Chicago The Shallow Press, 1974

Stedman, Myrtle y Wilfred, *Adobe Architecture*, Santa Fe, USA, The Sunstone Press, 1980.

Tedeschi, Enrico, *Teoría de la arquitectura*, Buenos Aires, Ediciones Nueva Visión, 1977.

*Terre D'Avenir*, Editado por Le Syndicat D'Agglomeration Nouvelle Grenoble/France.

Unidad Pedagógica de arquitectura, Universidad de Grenoble, *Maisons de Terre*, Grenoble Francia, Imprenta Chirat.

Van Lengen, Johan, *Manual del arquitecto descalzo*, México, D.F., Editorial Concepto, 1980.

Rojas Aceval, De Salomón, *Comportamiento sísmico de edificio prehispanicos en Mesoamerica*.

Tesis Doctoral, DED/UNAM Agosto 1986, México, D.F.

Velarde Héctor, *Arquitectura peruana*, Editorial Studilum, 3a Edición, 1978. Perú.

Wiley John, *Ceramic Fabrication Processes*, Technology Press, 1958. E.U.A.  
Zengoltia Vengoa, Pedro, *Arte de albañiería*, Madrid, Imprenta de don Francisco Martínez Dávila, 1987.



## INDICE

	PAG
INTRODUCCION .....	9
I HISTORIA DE LA CONSTRUCCION CON TIERRA SIN COCIMIENTO .....	11
I 1. Historia Universal .....	11
I 2. Historia en México .....	21
I 3. Los siglos XIX y XX; La Industrialización .....	27
II LA TIERRA COMO MATERIAL BASICO .....	33
II 1. La tierra y sus arcillas .....	33
II 2. Criterios para la selección de tierras .....	39
II 3. Resistencia de la tierra al agua .....	42
II 4. El viento y las temperaturas .....	43
III YACIMIENTOS EN MEXICO .....	51
III 1. Resumen geográfico de yacimientos .....	51
III 2. Resumen geográfico de construcciones .....	52
III 3. Resumen geográfico de centros alfareros .....	58
IV MUESTREOS, ANALISIS Y CONTROL .....	61
IV 1. Selección y toma de muestras .....	61
IV 2. Pruebas de laboratorio .....	61
De campo .....	64
Físicas .....	64
Químicas .....	75
V SISTEMAS TRADICIONALES DE CONSTRUCCION CON TIERRA SIN COCIMIENTO .....	95
V 1. En la República Mexicana .....	95
V 2. En otros países .....	98
VI SISTEMAS CONSTRUCTIVOS MAS GENERALIZADOS .....	107
VI 1. Esquema básico de producción .....	107
VI 2. Preparación de mezclas y amasados .....	112
VI 3. Cimentaciones y contenciones .....	113
VI 4. Muros y bardas .....	115
VI 5. Cubiertas .....	116
VI 6. Morteros y reboques .....	116
VI 7. Acabados y pinturas y otras protecciones .....	118
VI 8. Pisos .....	118
VI 9. Estructuras mixtas .....	119
	<b>207</b>

	PAG
VII APOYOS PARA LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS .....	125
VII 1. Diseño sísmico .....	125
VII 2. La estabilización de la tierra .....	128
VII 3. Maquinaria y equipo .....	132
VIII DIVERSOS ASPECTOS DE LA CONSTRUCCION .....	143
VIII 1. Aspectos económicos .....	143
VIII 2. Aspectos políticos y sociales .....	168
VIII 3. Aspectos culturales .....	170
IX LA AUTOCONSTRUCCION Y LOS ECOLOGISTAS .....	173
X LAS INSTITUCIONES PROBABLES PROMOTORAS Y CONSTRUCTORAS	175
X 1. Instituciones de otros países .....	175
X 2. Los organismos descentralizados y las secretarías de Estado .....	178
X 3. La iniciativa privada .....	179
XI CONCLUSIONES .....	189
XII APENDICE .....	191
XIII BIBLIOGRAFIA .....	203
XIV INDICE DE LAMINAS .....	209

## INDICE DE LAMINAS

LAMINA 1. Dibujo copia de un grabado propiedad del autor mostrando a la cueva prehistórica, como el primer espacio natural ocupado por el hombre . . . . .	12
LAMINA 2. Violet Le Duc plantea una de las primeras alternativas de vivienda después de la cueva usando árboles jóvenes, ramas y tierra arada . . . . .	14
LAMINA 3. Se demuestra que mediante analogía, el hombre esquimal se ha inspirado en probables soluciones como la de avispas o golondrinas. Tomada de "Los precursores del arte y la industria" . . . . .	15
LAMINA 4. Muros romanos empleando tierra cruda y tierra cocida. Tomada del "Tratado del arte de construir" de Rondelet . . . . .	17
LAMINA 5. Proceso constructivo de la cúpula con compás. Tomada de la pág. 54 de la revista CONESCAL Nos. 59-60 <i>op. cit.</i> . . . . .	18
LAMINA 6. Diversas representaciones de construcción en tierra. Tomadas de reproducciones del CODICE FLORENTINO . . . . .	22
LAMINA 7. Planta arquitectónica de la cueva de las ventanas las 40 casas Chihuahua. Tomada de pág. 36 de "Arqueología en el área de las 40 casas" <i>op. cit.</i> . . . . .	24
LAMINA 8. Apunte imaginario de alzado de la planta arquitectónica de las 40 casas según el autor . . . . .	25
LAMINA 9. Alzado de viviendas francesas recientes a base de tierra cruda compactada. Tomada del artículo "Le domaine de la Terre" del Dr. Julian Salas <i>op. cit.</i> . . . . .	29
LAMINA 10. Planta arquitectónica de conjunto piloto en la isla de ABEAU, Francia. Tomada del artículo "Le Domaine de la Terre" del Dr. Julian Salas <i>op. cit.</i> . . . . .	30
LAMINA 11. Gráfica comparativa de las curvas granulométricas del concreto y de la tierra. Tomada de la revista CONESCAL. 59-60 pág. No. 10 <i>op. cit.</i> . . . . .	40
	209

<b>LAMINA 12.</b> Gráfica comparativa de las curvas granulométricas de agregados (grava y arenas) y de aglutinantes (arcillas). Tomada de la revista CONESCAL 59-60 pág. No. 10 <i>op. cit.</i> . . . . .	41
<b>LAMINA 13.</b> Gráfica de los límites de Atterberg (líquido y plástico) con la arena. Tomada al artículo "La tierra material resistente al agua" publicado por el Arquitecto Jesús Guinea en las Jornadas de Madrid 1986 . . . . .	44
<b>LAMINA 14.</b> Gráfica de la resistencia de la tierra al agua en proporción a la granulometría y a la cantidad de cemento. Tomada del artículo "La tierra material resistente al agua" publicada por el Arq. Jesús Guinea en las Jornadas de Madrid, 1986 . . . . .	45
<b>LAMINA 15.</b> Corte esquemático de vivienda con aislamiento térmico a base de muros "bidón". Tomada de "Arquitecturas de adobe" pág. 100 <i>op. cit.</i> . . . . .	47
<b>LAMINA 16 Y 17.</b> Gráficas comparativas con comportamiento térmico de 2 viviendas una con muros de block y lámina y la otra con muros de adobe y cubierta de "Terrado". Tomados de la revista CONESCAL 59-60 pág. 27 <i>op. cit.</i> . . . . .	49
<b>LAMINA 18 Y 19.</b> Plano esquemático de un simposio publicado por el Instituto de Geología de la UNAM haciendo clasificación regional de formaciones geológicas con el antiplano y en la Península de Yucatán . . . . .	53 y 54
<b>LAMINA 20.</b> . . . . .	65
<b>LAMINA 21.</b> . . . . .	66
<b>LAMINA 22.</b> Formatos para pruebas de selección, comprensión y flexión de la tierra respectivamente inspiradas en la "Cartilla de pruebas de campo para la selección de tierras en la fabricación de adobes" <i>op. cit.</i> . . . . .	67
<b>LAMINA 23.</b> . . . . .	71
<b>LAMINA 24.</b> . . . . .	72
<b>LAMINA 25.</b> Interpretación gráfica del autor de transparencias tomadas del microscopio electrónico sobre muestras de tierra en Luz natural 4X, Luz transmitida 4X y Luz natural 10X respectivamente . . . . .	73
<b>LAMINA 26.</b> . . . . .	76
<b>LAMINA 27.</b> . . . . .	77
<b>LAMINA 28.</b> . . . . .	78
<b>LAMINA 29.</b> . . . . .	79
<b>LAMINA 30.</b> . . . . .	80
<b>LAMINA 31.</b> . . . . .	81
<b>LAMINA 32.</b> . . . . .	82
<b>LAMINA 33.</b> . . . . .	83

<b>LAMINA 34.</b> Copia de gráficas impresas en papel milimétrico por el difractor de rayos "X" sobre las diversas muestras. Tomadas de monumentos y construcciones .....	84
<b>LAMINA 35.</b> Diversas tablas de pruebas físicas realizadas en tierra cruda. Tomadas de la revista CONESCAL 59-60 pág. 22, <i>op. cit.</i> .....	86
<b>LAMINA 36.</b> Tabla de pruebas de estabilidad en tierra cruda. Tomada de la revista CONESCAL 59-60 pág. 23, <i>op. cit.</i> .....	87
<b>LAMINA 37 Y 38.</b> Tablas comparativas de resistencia a compresión y flexión entre ladrillo recocido y crudo, publicadas por el Instituto de la vivienda del estado de Tamaulipas <i>op. cit.</i> .....	92 y 93
<b>LAMINA 39.</b> Tabla comparativa de absorción al agua entre ladrillo recocido y crudo, publicadas por el Instituto de la vivienda del estado de Tamaulipas, <i>op. cit.</i> .....	94
<b>LAMINA 40.</b> Dibujo de recipiente presentando la prueba de sedimentación de la tierra .....	96
<b>LAMINA 41.</b> .....	99
<b>LAMINA 42.</b> .....	100
<b>LAMINA 43.</b> Las técnicas del tapial y del adobe así como las diversas herramientas empleadas, según la interpretación de Rondelet en su "Tratado del arte de construir" <i>op. cit.</i> .....	101
<b>LAMINA 44 Y 45.</b> Diversas alternativas del refuerzo de madera en un tapial y las dimensiones comunes de la cimbra .....	102 y 103
<b>LAMINA 46.</b> Proceso constructivo de un tapial .....	104
<b>LAMINA 47.</b> Resumen esquemático de las diversas alternativas de construcción con tierra cruda. Tomado del artículo "TERRE" de la escuela Nacional Superior de Bellas Artes de Francia <i>op. cit.</i> .....	105
<b>LAMINA 48.</b> Esquema general para producción con tierra cruda estabilizada. Tomada de la revista CONESCAL 59-60, pág. 142 <i>op. cit.</i> .....	108
<b>LAMINA 49.</b> Mezclas óptimas con la aplicación de tierra cruda. Tomado de la revista CONESCAL 59-60 pág. 7 <i>op. cit.</i> .....	114
	211

LAMINA 50. Corte esquemático de una bóveda catalana de ladrillo crudo prensado. Tomado de "La Casa de Tierra" publicada por el Instituto de la vivienda de Tamaulipas <i>op. cit.</i> . . . . .	117
LAMINA 51. Corte esquemático de una loseta de "granito" precolado con base de tierra cruda . . . . .	119
LAMINA 52. Perspectiva de una estructura maestra en madera y de un tablero de la misma. Tomado de "Técnicas en tierra" pág. 6 <i>op. cit.</i> . . . . .	120
LAMINA 53. Alzado de una sección de la estructura maestra mostrando todos sus ele- mentos. Tomado de "Técnicas mixtas de construcción en tierra" pág. 11 <i>op. cit.</i> . .	122
LAMINA 54. Detalle de solución para aislamiento térmico en estructura maestra. Tomado de "Técnicas mixtas de construcción en tierra" pág. 36 <i>op. cit.</i> .	123
LAMINA 55. Gráfica de zonas preferenciales de estabilización en función de la plasticidad. Tomado del artículo "La tierra material resistente al agua" del Arq. Jesús Gui- nea de las Jornadas de Madrid de 1986 . . . . .	133
LAMINA 56. Gráfica de las curvas preferenciales de utilización de tierra cruda en función de granulometría. Tomado del artículo "La tierra material resistente al agua del Arq. Jesús Gui- nea de las Jornadas de Madrid 1986 . . . . .	134
LAMINA 57. Diversas gráficas de los criterios de congruencia en granulometría, plástici- dad y compactibilidad para adobe, tapias y bloques comprimido. Tomados del artículo "La tierra material resistente al agua" del Arq. Jesús Guinea de las Jornadas de Madrid. 1986 . . . . .	135
LAMINA 58. Apunte perspectivo de la máquina manual CINVA-RAM. Tomado de los catálogos de venta . . . . .	138
LAMINA 59. Planta y alzado de la máquina HOPER de Fresno, California. Tomada de "SABILIZED EARTH CONSTRUCTION" pág. 47 <i>op. cit.</i> . . . . .	139
LAMINA 60. Esquema de fabricación de adobe prensado y estabilizado con la yuya (de fabricación nacional) . . . . .	182
LAMINA 61. Máquina CLU 3000 fabricada en México por Vivienda Pueblo S.A. de C.V. Tomada de una fotografía del equipo . . . . .	183



<b>LAMINA 62.</b> Esquema del proceso de fabricación con el sistema ADOPRESS de Ital Mexicana. Tomado de la publicidad de la empresa . . . . .	<b>185</b>
<b>LAMINA 63.</b> Diversas alternativas de producción con el equipo comercial de Ital Mexicana. Tomando de la publicidad de la empresa . . . . .	<b>186</b>