



32
2 ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
'ARAGÓN'

FALLA DE ORIGEN

'TIERRA SIN OCER EN LA CONSTRUCCION'

T E S I S
Que para obtener el Título de:
INGENIERO CIVIL
P r e s e n t a:
BRIANO GONZALEZ TORRES

Aceor: Claudio C. Merrifield Castro



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 está 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCION

BIVIANO GONZÁLEZ TORRES
PRESENTE.

En contestación a su solicitud de fecha 9 de mayo del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, M en I CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO pueda dirigirse el trabajo de Tesis denominado "TIERRA SIN COCER EN LA CONSTRUCCIÓN", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

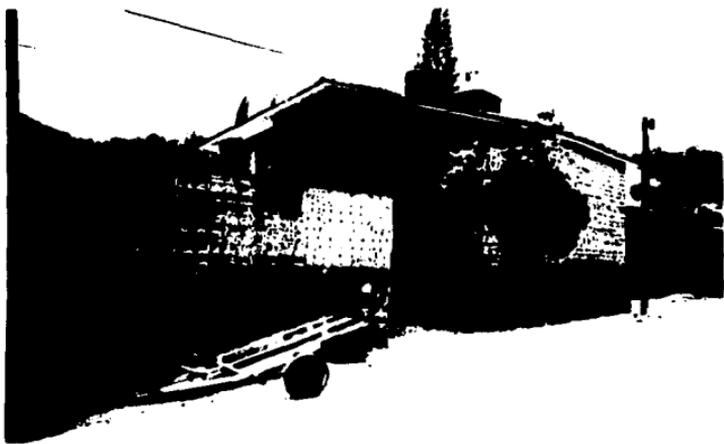
Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Mex., 17 de mayo de 1985
EL DIRECTOR

M. CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO


c c p Jefe de la Unidad Académica.
c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería Civil.
c c p Asesor de Tesis.

CCMC/AIR/11a.



Al Ing. Néstor Romero Hernández.

Por su participación en la ilustración del presente trabajo y por su asistencia principalmente .

Al Ing. Patrocinio Arroyo Hdz.:

Por el apoyo académico y moral brindado en la carrera
Por su humanidad de persona.

A mi asesor de tesis:

M en I. Claudio C. Merrifield Castro

Por los conocimientos brindados y por el asesoramiento
a mi trabajo final.

A mis amigos:

Sin ningún orden o jerarquía:
Ing. Héctor Romero Hernández,
Ing. Justo Márquez G., Ing. Oscar R.
Aguilera P., Angie, Cris, José Luis Nida,
López, Tello, Jorge, Jaime, Fernando,
Alejandro, Pety, Marcia, Gustavo,
Rafel, Sandy, Pedro, Norma, Rafael
Márquez A., Arturo Valencia, Vero S.A.,
Lilia Fox, Héctor M. Colla, Tello, Cris,
Graciela, Alejandra, Elina, Salvador y
más.

Al M en S. Daniel Velázquez V.:

Por el apoyo total en la culminación de la
carrera.

A mis sinodas:

M. en I. Daniel Velázquez Velázquez
Ing. Gilberto García Santamaría Gtz.
Ing. Juan Carlos Ortiz Ledo
Ing. José Paulo Mejorada Mota

A mis padres:

Sr. Francisco González Lezama
Sra. Margarita Torres Lezama
Por toda la confianza que han depositado
en mí, porque es difícil describirlos, con mi
motivo, por ser mis padres. Gracias.

A mis hermanos:

Beto, Rom, José Luis (cole), Justina,
Paquito.
Por su apoyo en mis días difíciles, en
mis noches de duvelo. Los quiero.

A Elvira Lezama Benítez (Vita):

A ti, todo mi esfuerzo, por tus bonificanos al partir,
donde quiera que estés. Gracias.

A Rafael Torres Cabrera:

Porque de la experiencia se aprende más,
gracias por sus consejos.

A Luz Ma. Franco González (Lucha):

No como un reclamo de conciencia, sino como una
manera de agradecimiento, respeto y cariño, a una
señor admirable e indescritible. Por todo. Siempre
Contigo.

Al Ing. Gabriel Puebla M.:

Por la influencia en la elección de tu
honrosa carrera y por su apoyo para
Culminarla.

A S. E. B. C.

Perdonando el ensimismo y muchas cosas más, por
su amabilidad, inocencia y ternura, con mucho cariño.
Sin saber que pase. Gracias

A las familias:

Lezama Nonfil
Romero Hernández
Hernández López
Siendo difícil el ser de provincia,
Gracias por aceptarme como uno más en
su familia, su apoyo es incomparable.

A mis padres:

Sr. Francisco González Lezama
Sra. Margarita Torres Lezama
Por toda la confianza que han depositado
en mí, porque es difícil describirlos, son mi
motivo, por ser mis padres. Gracias.

A mis hermanos:

Beto. Rom. José Luis (cole). Josefina.
Paquito.
Por su apoyo en mis días difíciles, en
mis noches de desvelo. Los quiero.

A Elvira Legama Bonilla (Vida):

A ti, todo mi esfuerzo, por tus bendiciones al partir,
desde queira que esté. Gracias.

A Rafael Torres Cabrera:

Porque de la experiencia se aprende más,
gracias por sus consejos.

A Luz Ma. Franco Bongshig (Lucha):

No como un reclamo de conciencia, sino como una
mostru de agradecimiento, respeto y cariño, a una
mujer admirable e indescriptible. Por todo. Siempre
Contigo.

Al Ing. Gabriel Puebla M.:

Por la influencia en la elección de tu
hermosa carrera y por su apoyo para
culminarla.

A D. E. D. C.

Perdonando el anonimato y muchas cosas más, por
su amabilidad, inocencia y ternura, con mucho cariño.
Sin saber que pasar. Gracias

A las famitras:

Lezama Monfil
Romero Hernández
Hernández López
Siendo difícil al ser de provincia,
Gracias por aceptarme como uno más en
su familia, su apoyo es incomparable.

TIERRA SIN COCER EN LA CONSTRUCCION

INDICE

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I	
GENERALIDADES	2
I.1 Aspecto histórico	5
I.2 Reseña geológica de formación de tierras.....	9
CAPITULO II	
LA ARCILLA COMO PRINCIPAL COMPONENTE DE LA TIERRA SIN COCER	14
II.1 Propiedades de la arcilla.....	16
II.2 Identificación de la tierra arcillosa.....	25
Ensayos sensoriales	25
Ensayos de identificación de materiales básicos... 28	
CAPITULO III	
CONSTRUCCIONES DE TIERRA SIN COCER.....	29
III.1 Selección de la tierra.....	30
III.2 Estabilización de la tierra.....	34
Estabilización con cemento.....	37
Estabilización con asfalto.....	38
Estabilización con cal.....	38
III.3 Procedimientos de elaboración y construcción. 41	
Esquema básico de producción.....	55
Recomendaciones en el proceso de producción.....	59
Proceso constructivo.....	64

Protecciones del material y recubrimientos.....	75
Recomendaciones sobre efectos sísmicos.....	77
Aspecto económico.....	79

CAPITULO IV

PROPIEDADES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES DE TIERRA SIN COCER.....	80
IV.1 Características físicas.....	81
IV.2 Características térmicas en relación con la humedad.....	86
IV.3 Ventajas y desventajas.....	91
CONCLUSIONES.....	93
BIBLIOGRAFIA.....	94

INTRODUCCION

Las necesidades de vivienda para el hombre, desde un punto de vista constructivo, se encontraban cubiertas con la utilización del material predominante en la zona y con procedimientos constructivos que dependían del mismo material.

El empleo de tierra sin cocer para la construcción en aquellos lugares donde la misma abunda, ha originado diversas técnicas que han ido mejorando a través del tiempo. Este material no por antiguo y tradicional carece de innovación. Las ventajas que ofrece lo hacen no solo una propuesta más como material de construcción (principalmente en construcciones rurales) sino una alternativa más en la misma industria.

En nuestro país, de los productos elaborados con tierra sin cocer tenemos "el adobe", no obstante que ha sido utilizado desde la antigüedad, con un proceso de elaboración sencillo y con una técnica de construcción igual, no ha tomado importancia como industria y su producción se encierra en pequeñas fábricas y en productores que persiguen un fin individual.

Entre las ventajas que ofrece el material podemos citar la confortabilidad que ofrece la construcción en relación a una temperatura, lo cual la hace ideal en lugares de climas extremos. La resistencia que se puede alcanzar con este tipo de material puede ser muy similar a la de los materiales comunes pero con dimensiones mayores a la de los mismos. La degradación de este material provocada por el intemperismo (viento y lluvia principalmente) es una desventaja que necesita atenuarse con un estudio previo del material.

Un buen conocimiento acerca de las ventajas y los inconvenientes que ofrece el material, permitirá un adecuado diseño, evitando la degradación de los materiales y las construcciones, permitirá también una mayor confianza para el uso de este material.

El conocimiento que se imparte en las universidades y escuelas técnicas afines, acerca de este tema, es de manera superficial o a veces nula, puesto que el análisis en detalle es sistemático y científico solamente para aquellos materiales convencionales que han llegado a ser comunes en el campo de la construcción, entre ellos podemos citar: el cemento, ladrillo cocido, acero, etc. Por lo tanto, dentro del presente trabajo de tesis se tratará el material describiendo su composición, para con ello conocer su estructura y a partir de dicho conocimiento determinar sus propiedades y finalmente proyectar una obra eficaz.

CAPITULO I

GENERALIDADES (1,3,9,10)

La tierra sin cocer en la construcción ha tomado mayor auge en países africanos como Yemen y Egipto, en países europeos como Francia, y en países de América como Perú, Chile y Estados Unidos, entre otros. En dichos países el estudio de este material ha sido minucioso y se ha ido mejorando de acuerdo a los resultados obtenidos en las diferentes pruebas de laboratorio, de las cuales se obtienen recomendaciones y criterios de diseño que garantizan una vida útil mayor.

No todo tipo de tierra es ideal para la construcción, la selección de la misma es el punto clave del éxito del producto y es aquí donde se debe poner mayor atención. Las propiedades de la tierra nos darán pauta del comportamiento del producto (adobe, bloque comprimido o tapial).

El adobe, el bloque comprimido y el tapial son elementos elaborados con tierra sin cocer los cuales se definirán a continuación, junto con una técnica denominada bajarenque aquí en México, y conocida como Tequesal en Nicaragua.

ADOBE

El término proviene del egipcio "thobe" que significa ladrillo.

El adobe es un cuerpo formado con tierra arcillosa mezclada con materiales estabilizantes como: cal, arena, paja, estiercol, etc. que al agregarle agua forma una pasta manejable con la que puede moldear el producto deseado; finalmente se deja secar al sol, adquiriendo una consistencia "dura", es decir, la unión de sus partículas es mayor y por consiguiente hay una mayor resistencia.

La calidad del adobe depende de la misma calidad de la tierra arcillosa y de las dosificaciones de los materiales estabilizantes.

Una de las ventajas del adobe es su flexibilidad de producción y la facilidad de puesta en obra.

Antiguamente su producción era puramente manual y aún hoy en día, aunque a medida que va tomando interés este material van apareciendo un mayor número de fábricas; éstas fábricas someten el material a presiones considerables dejando el nuevo producto con un acabado aparente mejor y con una resistencia mayor.

El acabado arquitectónico de las construcciones elaboradas con adobe, junto con las propiedades higrotérmicas de las mismas, da lugar a la construcción de un mayor número de casas de adobe entre las personas que gustan de la belleza de la arquitectura vernácula y la confortabilidad de un clima aceptable.

BLOQUES COMPRIMIDOS

Los bloques comprimidos son una variante del adobe donde la única variante es el empleo de una prensa u otra máquina para la aplicación de presión.

La aparición de los bloques comprimidos en el mercado es reciente, pero las huellas de su utilización muestran lo contrario, puesto que desde hace 40 años han sido objeto de abundante investigación, y es en este sector donde se han registrado los progresos técnicos en cuanto a su elaboración, donde el principal problema en la elaboración de los bloques comprimidos era la aplicación de presión. Un número impresionante de prensas, primero manuales, después mecánicas y desde algunos años mecánicas e hidráulicas aparecían y desaparecían del mercado. Es desde hace poco tiempo que los constructores se inclinan sobre el equipo periférico, tales como, desmenuzadoras, pulverizadores, cernedores, amasadoras. El empleo de estas máquinas incrementa considerablemente la calidad de los bloques.

TAPIAL O MUROS COLADOS "IN SITU"

El tapial es un procedimiento por medio del cual se construyen las casas con tierra, sin sostenerla con ninguna pieza de madera y sin mezcla de paja ni zacate. Consiste en colar la tierra preparada para este efecto, entre cimbras de madera, por capas, al espesor ordinario de los muros. De esta manera se logra que la mezcla tome consistencia y forme una masa homogénea que pueda ser levantada a diversas alturas.

Su proceso de elaboración es sencillo y lo podemos resumir en los siguientes puntos:

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

BAJAREQUE

Es un procedimiento que se practica en regiones, que, aunque son diferentes y se encuentran alejadas entre sí, su similitud puede ser atribuida al resultado simultáneo de largos años de ensayos realizados por los aborígenes o antepasados del lugar, donde el fin perseguido era obtener los mejores resultados en contra de las inclemencias del medio ambiente, contando solamente con los materiales que la región ofrecía.

El bajareque consiste fundamentalmente en una hilera de horcones hincados en el suelo con una separación que puede variar desde 50 cm. hasta 1 m. formando con ello una pared. Entre estos soportes, se coloca un entramado de varas entretejidas, que después se rellenan por un lado o por ambos lados con el aplanado de tierra sin cocer (lodo), frecuentemente se mezcla con zacate o paja seca para darle una mayor consistencia.

PISOS Y TERRADOS

Estos elementos, junto con el tapial, comparten un paso común en su elaboración: El barro se coloca húmedo y la primera contracción por secado se produce íntegramente cuando el material ya está colocado, lo cual no sucede en la fabricación con mampuestos, pues estos deben estar secos y contraídos en el momento de su colocación. Esta contracción inicial de terrados, pisos y tapial suele ser mucho menor que la de los mampuestos, pues la tierra debe ser menos plástica, colocándose con menos humedad y compactada antes de que seque.

MORTEROS

El empleo de tierra para la fabricación de morteros, que sirven para pegar los mampuestos entre sí o para cubrir los muros con aplanados son comunes en este tipo de construcciones. Los morteros tienen la característica de secarse poco tiempo después de fabricados, y por lo tanto, se contraen en la obra.

Para la fabricación de los morteros pueden emplearse las relaciones más eficaces de las combinaciones tierra-cal-arena, tierra-cemento-arena, o solo cal-arena, y cemento-arena, estas consideraciones se detallarán más adelante.

Para tener un conocimiento mejor acerca de tan interesante tema, comenzaremos describiendo la utilización de este material en la antigüedad; describirémos de igual manera la formación de tierras, ya que un análisis minucioso del material nos dará un entendimiento mejor acerca del comportamiento del producto para la construcción elaborado con tierra sin cocer.

I.1 ASPECTO HISTORICO

Como antes se mencionó, el empleo de tierra sin cocer en la construcción dió inicio en aquellos lugares donde la misma abundaba, y la escasez de otro material para construcción, como la roca, era notable. Comenzó adoptando diversas formas y su empleo se hizo en forma constructiva de expresión propia o imitando los materiales de piedra.

La tierra sin cocer es probablemente uno de los materiales más viejos usados en la construcción; En la Antigua Mesopotamia, una de las culturas más antiguas, el tabique cocido al sol o "adobe" fué el material más usado en aquel tiempo. Ejemplos de ello tenemos en la ciudad de Ur, una de las principales ciudades de la cultura Sumeria de la Antigua Mesopotamia, de la cual proviene Abraham. En ese lugar se encuentra una estructura o construcción llamada el "Ur of the Chaldees", conocida por los arqueólogos y mencionada en los textos bíblicos como "La Torre de Babel", la cual esta hecha de tabique de tierra.

Las civilizaciones subsecuentes en China, La India, Mongolia, Morocco, Italia, España, Francia, Alemania, La desaparecida Unión Soviética, Escandinavia E Inglaterra, han empleado este material en gran escala y han dejado vestigios de su uso en las páginas de la historia del hombre.

Para hacer mención de fechas bastará con decir que de la Antigua Mesopotamia se tienen investigaciones que han aportado pruebas de la presencia de un pueblo en Sumeria, *el elamita*, en la etapa neolítica y en los periodos subsiguientes, cerca del Tigris, unos 4,000 a 5,000 años a. de C., y como antes se mencionó, fué en La Antigua mesopotamia donde se empleo este material.

Recordando que, es en el periodo neolítico (de 8,000 a 6,000 en adelante) cuando se descubre la agricultura y la ganadería, y que el hombre pasa de ser un hombre nómada a un hombre sedentario. Al establecerse en un lugar el hombre busca la protección y opta diversas formas. El tipo de casa que desarrollaron fué lacustre o terrestre.

Las casas terrestres consistían en pozos redondos cavados en el suelo, enclavados y cubiertos con ramas, cuadrados o rectangulares. Los materiales más usados fueron *el adobe*, la piedra y la madera.

Por lo que se sabe, se debe de asignar el origen de la configuración urbana al Asia Occidental, y Jericó (Israel) parece poder ser considerada como la ciudad más antigua superviviente. El primer asentamiento permanente tenía sólidas casas abovedadas de adobe, con un porche de entrada y paredes curvas. El asentamiento fué fortificado por una gran muralla de piedra de mampostería ciclópica; la plaza fuerte era vigilada desde una torre circular maciza, también de piedra con una serie de recintos de adobe.

Los recién llegados, es decir, los que se integraban a dicha ciudad, se vieron forzados a usar como principal material de construcción la tierra. Había escasa disponibilidad de piedra y la poca que podía encontrarse se usaba para las defensas (como la torre y la muralla antes mencionadas), para la cimentación de las casas y para otros fines extraordinarios.

En América, la presencia de construcciones con tierra nos hacen regresar a la antigüedad, y de ello tenemos ejemplos como "el Chan-Chan" en Perú y Casa Grande en Arizona, son construcciones antiguas y sus estructuras están elaboradas de tierra y han estado increíblemente desde hace mucho tiempo, antes de que el hombre blanco llegara.

En México, fué el principal material de la arquitectura mexicana antigua, y entre los muchos ejemplos de ello podemos citar construcciones tan gigantescas como la pirámide del sol en Teotihuacán o la de Cholula en Puebla, las cuales tienen un núcleo de varias capas de adobe (ver foto 1 y 2).

La cultura Olmeca, la cual estaba asentada en la región pantanosa que abarca Tabasco y sur de Veracruz, construían sus casas con ramas y barro sobre plataformas de lodo y piedra.

Los Teotihuacanos (2000 a. de C. - 800 d.de C.) construían sus casas rurales con piedra o adobe, sus techos eran de paja, estas eran desplantadas sobre plataformas de lodo y piedra, igual que la cultura Olmeca.

Los principales materiales utilizados por esta cultura son: el adobe, la madera, la paja, el tezontle. Utilizaban el "mortero Teotihuacano", de piedra volcánica y lodo como recubrimiento.

La cultura Mixteco-Zapoteca, con influencia Teotihuacana, utilizan el "bejerenque", sus principales materiales son también la madera, el adobe y la piedra.

Así como las anteriores culturas, las culturas Maya, Tolteca y Azteca, utilizaron materiales similares para la construcción de sus casas. Con ello podemos ver que el empleo de adobe en cada una de ellas se hizo presente.



(foto 1) Pirámide con varias capas de adobe en su interior.
Cholula Puebla.



(foto 2) Interior de la pirámide con capas de adobe,
pasadizo. Cholula Puebla.

En maya adobe es.....Pkluum
En Tarasco.....Yavardcata
En Mixteco.....Doho. y
En Náhuatl.....Xamitl, de donde proceden
topónimos como Jamiltepec (Cerro del adobe).

En época de la colonia su empleo fué extenso en edificios religiosos y militares del Noroeste de México. En la actualidad su empleo sigue siendo tradicional en muchos poblados del país por razones principalmente económicas, puesto que el proceso de elaboración es en cierta forma sencillo, y los recursos naturales principales son: tierra, algún estabilizante como paja y el calor del sol para su secado. Con los avances que se van teniendo en el mejoramiento de este material, esperamos que su empleo sea similar al de los materiales comunes, o al menos mayor al que se ha tenido hasta ahora con el mismo material, principalmente, claro, en aquellos lugares donde el mismo abunda.

I.2 RESERVA GEOLOGICA DE FORMACION DE TIERRAS

DEFINICION

La tierra es la materia suave que forma la primera capa de la superficie terrestre. Es el resultado de la transformación de la roca-madre subyacente, originada por la influencia de diversos procesos físicos, químicos y biológicos.

Los suelos son formados por sedimentos que son el producto de la intemperización de las rocas.

El intemperismo es un conjunto de factores naturales que atacan a las rocas y las destruyen.

El intemperismo físico o mecánico se refiere a la desintegración por medio de presiones, temperatura o fuerzas que atacan a la roca; un ejemplo de ello tenemos la ESPOLACION, el cual es un proceso que consiste en que la roca se va desintegrando en capas por efecto de cambios bruscos de temperatura provocando "rajaduras" y desprendimientos.

El intemperismo químico se refiere a la alteración de la roca por medio de un proceso de: oxidación, hidratación, reducción, carbonatación, los cuales son procesos químicos que cambian la composición de la roca madre, la Andesita, por ejemplo, por los ataques se va desintegrando hasta formar arcilla.

Existe una gran variedad de suelos y geológicamente estos se clasifican de acuerdo al medio de intemperización, y por otra parte, según la Mecánica de suelos, su clasificación es de acuerdo a la granulometría y plasticidad.

CLASIFICACION

Geológicamente los suelos son clasificados en:

TRANSPORTADOS: Es aquel que ha sufrido transporte y no se encuentra en el lugar donde se formó.

NO TRANSPORTADOS O RESIDUALES: Son aquellos que se forman en el sitio.

Cuando el intemperismo químico le gana al intemperismo físico los suelos son no transportados o residuales.

Los suelos transportados a su vez se clasifican en:

ALUVIALES: Son aquellos cuyo medio de transporte es el agua, dentro de ellos tenemos los suelos marinos (mar), lacustre (lago), fluvial (ríos) y palustre (pantano). Este tipo de suelo es mal graduado, todas las partículas tienen forma redondeada y del mismo tamaño, es decir, tienen una granulometría uniforme.

EOLICOS: Son aquellos suelos transportados por la acción del viento. Son los suelos más finos, arcillas y limos.

GLACIARES: Son aquellos suelos transportados por la acción del hielo.

PIAMONTE O PIE DE MONTE: Son suelos transportados por la acción de la gravedad, llamados así por la depositación en el pie del monte.

De acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de suelos (S.U.C.S.), la clasificación de los mismos es en relación a su granulometría y plasticidad.

De acuerdo a su granulometría tenemos la siguiente clasificación:

Suelos gruesos:

GRAVAS: Las gravas son un componente estable del suelo. Sus propiedades mecánicas no se ven afectadas en presencia de agua. Se denomina gravas a aquellas partículas que tienen un diámetro promedio de 3 pulgadas.

ARENAS: Las arenas están constituidas por granos minerales y son consideradas también como un componente estable del suelo, no presenta cohesión, pero presenta una gran resistencia a los desplazamientos relativos de las partículas que las componen, es decir, presentan una fuerte fricción interna. Las arenas son partículas con un diámetro mayor de 0.050 mm. y menor que el de las gravas.

Suelos finos:

FINOS: Los finos son partículas con un diámetro promedio menor de 0.050 mm. El comportamiento mecánico e hidráulico para estas partículas es muy diferente al de las arenas y gravas, puesto que otro tipo de fuerzas ejercen acción importantísima en su estructura. La presencia de fuerzas electromagnéticas en la superficie de los compuestos minerales cobran importancia al igual que los valores en su relación área-volumen; esta actividad se presenta en partículas de tamaño inferior a las dos micras (0.002 mm).

Los limos y las arcillas corresponden a las partículas con diámetros inferiores a 0.05 mm. y se definen a continuación:

LIMOS: Su resistencia a la fricción interna es más débil que la que presentan las arenas. En cuanto a su comportamiento hidráulico, las variaciones de volúmen se presentan debido a que su humedad varía, pueden presentarse tanto expansiones como contracciones. Su cohesión se muestra buena en presencia de humedad.

ARCILLAS: Las características de las arcillas son muy diferentes a las de los demás suelos granulados, y las propiedades que presentan son tales que es menester fijar la atención en este singular elemento.

La arcilla proporciona al suelo su cohesión, comportandose como una especie de liga entre los elementos más gruesos que constituyen la estructura del suelo. Sin embargo, las arcillas son inestables y sencibles a los cambios de humedad.

El estudio del origen de los suelos y su depositación demuestra que las arcillas pueden formarse en todos los principales procesos relacionados con la meteorización de las rocas. Pueden ser residuales o de acarreo.

Cuando un suelo grueso tiene más del 12% de finos, el comportamiento del suelo será igual al del suelo fino en su totalidad.

El Sistema Unificado De Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) identifica y clasifica a los mismos asignando letras correspondientes a su granulometría en el caso de los suelos gruesos, y en cuanto a su plasticidad en el caso de suelos finos, las letras con las que se identifican son las siguientes:

Para gravas y arenas su clasificación se hace en relación a su granulometría.

G = Grava

S = Arena (Por la inicial "S" de soul=arena en el idioma inglés)

W = Bien graduado (W de Well= bien)

P = Mal graduado (P de poor = pobre)

Para Limos y arcillas su clasificación se hace en relación a su plasticidad.

C = Arcilla (C de Clay=arcilla)

M = Limo (Slime=limo, M para evitar confusión con S)

L = Baja plasticidad

H = Alta plasticidad

Así, con lo anterior, podemos representar los diferentes tipos de suelos. Amaneja de ejemplo mencionaremos los siguientes:

SW = Arena bien graduada

GP = Grava con granulometría pobre de grava

y así se pueden hacer las diferentes combinaciones posibles, de igual manera con los limos y arcillas.

Otra manera sencilla de clasificación es por medio de la textura del suelo; la cual se refiere a la composición del mismo en grupos de partículas de diferentes tamaños y se resume en el siguiente cuadro:

IDENTIFICACION DE TEXTURAS

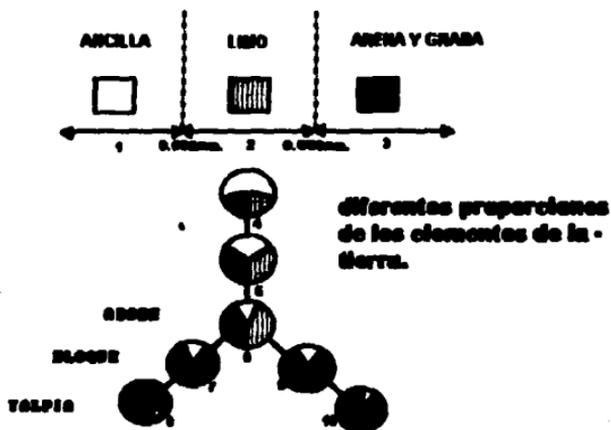
DESCRIPCION	NOMBRE COMUN	IDENTIFICACION
Muy gruesa	Grava	A simple vista
Gruesa	Arena	A simple vista
Fina	Limo	Con microscopio
Muy fina	Arcilla	Con microscopio

El suelo va a estar compuesto de los elementos antes descritos en distintos porcentajes, difícilmente se encontrará uno de manera pura.

Los suelos formados en combinación de los diferentes elementos constitutivos son los siguientes (presentándose también, diferentes porcentajes a los expuestos):

- 1.- **SUELO ARCILLOSO:** 60% de arcilla, 20% de arena y 20% de limo
- 2.- **SUELO FRANCO-ARCILLOSO:** 40% de arcilla, 30% de arena y 30% de limo
- 3.- **SUELO FRANCO:** 20% de arcilla, 40% de limo y 40% de arena.
- 4.- **SUELO FRANCO-ARENOSO:** 15% de arcilla, 20% de limo y 65% de arena

- 5.- **SUELO ARENOSO:** 5% de arcilla, 5% de limo y 90% de arena.
- 6.- **SUELO FRANCO-LIMOSO:** 15% de arcilla, 20% de arena y 65% de limo.
- 7.- **SUELO LIMOSO:** 10% de arcilla, 5% de arena y 85% de limo.



CAPITULO II

LA ARCILLA COMO PRINCIPAL COMPONENTE DE LA TIERRA SIN COCER

La palabra arcilla proviene del latín "argilla" y ésta, a su vez, del griego "argos" o "argilos" que significa "blanco", y es atribuido por el color del material usado en cerámica.

Desde hace miles de años la arcilla fué la materia prima de muchos objetos para el hombre; nuestro tema esta enfocado a los materiales en los que la coacción es ausente y su empleo es meramente enfocado a la construcción; sin embargo, es menester mencionar que su importancia llegó a ser tan grande, que no existen, prácticamente, actividades donde no se considere o no se utilice la arcilla, por ejemplo:

- En la industria cerámica, para la fabricación de porcelanas, lozas, ladrillos y tuberías.
- En la industria del cemento.
- En la industria del papel, en los satinados que usan cubiertas con películas de caolinita, en los papeles transparentes que requieren que requieren el uso de bentonita cálcica.
- En la industria de los aceites, por sus propiedades absorbentes.
- En la agricultura, en problemas de contaminación por el empleo de pesticidas o plaguicidas.
- En nutrición animal, en la alimentación del ganado como vehículo de ayuda en los procesos de transformación de los alimentos; en la alimentación de las aves, para estimular el desarrollo de la cáscara de huevo.
- En la industria del vino, como clarificante.
- En electrónica, en la confección de aisladores.
- En la industria del petróleo, como catalizador en el procesos del "cracking", en oxidaciones catalíticas.
- En la industria farmacéutica, en la confección de "pellets", talco y pomadas.
- En la ingeniería de suelos, como factor determinante de muchas propiedades mecánicas.
- En la fabricación de ciertas grasas y lubricantes.
- En la industria de cauchos y plásticos.
- En la elaboración de los productos a los que se refiere el presente trabajo (adobe, bloque comprimido, bajarenque y tapial).

Se ha considerado la arcilla como el principal componente de la tierra sin cocer en la construcción, por las propiedades singulares que la misma posee. Como ya se mencionó, constituye una especie de liga entre los elementos más gruesos que constituyen la masa del suelo.

La plasticidad es una de las propiedades que la arcilla posee, es decir, tiene la propiedad de volverse plástica cuando se humedece, lo que no es posible con otro material diferente, por ejemplo, es posible moler el cuarzo hasta tamaños similares a los de la arcilla, y sin embargo, no tendrán las propiedades características de aquella. Debe también notarse que los materiales sólidos de la arcilla incluyen partículas de tamaño coloidal; el contenido coloidal de las arcillas tienen gran importancia, se ha comprobado que las arcillas tienen naturaleza cristalina y no son amorfas como se creía antes; La forma de las partículas está relacionada con las peculiares propiedades físicas.

Es aplicable también este nombre a los suelos compuestos por partículas de arena y limo del tamaño de la arcilla, aunque sus propiedades van a ser un tanto diferentes, ya que el limo, aunque muestran una buena cohesión, puede presentar cambios de volumen en presencia de humedad.

Contrariamente a otros tipos de suelo, las arcillas son sensibles a la presión, y así, pueden variar desde muy blandas a extremadamente duras.

11.1 PROPIEDADES DE LA ARCILLA (1,8,9)

El comportamiento de las arcillas, desde un punto de vista macrofísico, tiene gran importancia ingenieril, y en nuestro caso, para seleccionar el material adecuado y emplearlo en la construcción; su explicación se desprende de toda una serie de fenómenos microfísicos que ocurren en los suelos finos.

QUÍMICAMENTE la arcilla es un silicato de alumina hidratado aunque en ocasiones contiene también silicatos de hierro o de magnesio hidratados. La estructura que presentan estos minerales es, generalmente, cristalina y complicada, y sus átomos están dispuestos en forma laminar.

De hecho se puede decir que hay dos tipos clásicos de tales laminas:

- 1.-lámina de tipo silícico
- 2.-lámina de tipo aluminícico

1.-La lámina de tipo silícico se encuentra formada por un átomo de silicio rodeado de cuatro átomos de oxígeno, (ver figura "2")

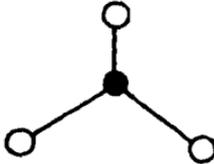


Figura "2"

arreglándose el conjunto en forma de tetraedro (ver figura "3")

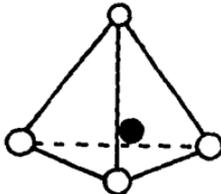


Figura "3" Tetraedro.

Estos tetraedros se agrupan entre sí formando una unidad hexagonal, la cual se repite indefinidamente constituyendo una redícula laminar (ver figura "4")



Figura "4" Lámina silícica

La unión entre cada dos tetraedros se lleva a cabo mediante un mismo átomo de oxígeno.

2.-La lámina de tipo aluminico está formada por un átomo de aluminio rodeado de seis átomos de oxígeno y de oxígeno e hidrógeno (ver figura "5")

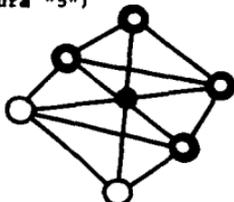


Figura "5"

arreglándose el conjunto en forma de octaedro (ver figura "6")

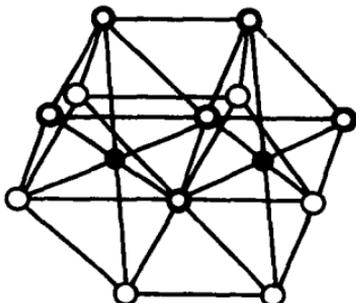


Figura "6" Octaedros.

los cuales se agrupan entre sí mediante un átomo común de oxígeno, repitiéndose la formación indefinidamente y dando como resultado una redícula laminar aluminica (ver figura "7")

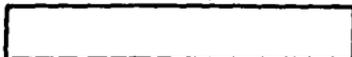
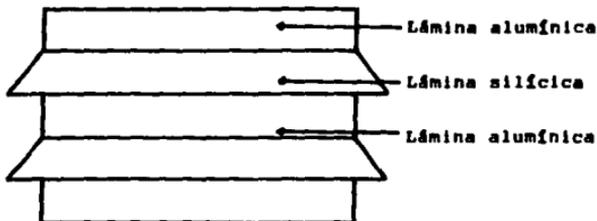


Figura "7" Lámina aluminica

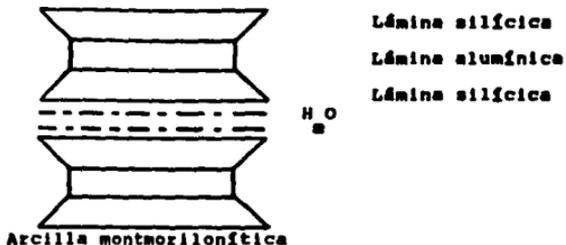
Los minerales que conforman a una arcilla de acuerdo a su arreglo reticular se pueden clasificar en tres grupos básicos, los cuales son:

- a) Caolínítico.
- b) Montmorilonítico.
- c) Ilítico.

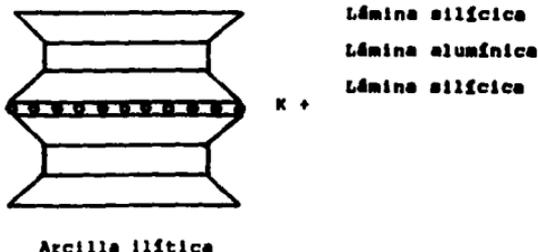
a) El caolínítico (del nombre chino Kau-ling), que procede de la carbonatación de la ortoclasa (feldespato potásico) las arcillas caolíníticas están formadas por una lámina silícica y una lámina aluminica superpuestas de manera indefinida y con una unión tal entre sus retículas que no permiten la penetración de moléculas de agua entre ellas, pues producen una capa electrónicamente neutral, lo que induce, desde luego, a que las arcillas sean bastante estables en presencia del agua (ver figura siguiente).



b) El montmorilonítico (que debe su nombre a Montmorillon, Francia), al cual pertenecen las bentonitas, se forman por la superposición indefinida de una lámina aluminica entre dos láminas silíceas, pero con una unión débil entre sus retículas, lo que hace que el agua pueda penetrar en su estructura con facilidad. Estas arcillas sufren fuerte expansión en contacto con el agua, lo que provoca inestabilidad en ellas (ver figura siguiente).



c) El ilítico (que debe su nombre a Illinois, E.U.A.), producto de la hidratación de las micas y que presentan un arreglo reticular similar al de las montmoriloníticas, pero con la tendencia a formar grumos por la presencia de iones de potasio, lo que reduce el área expuesta al agua, razón por la cual no son tan expansivas como las arcillas montmoriloníticas (ver figura siguiente).



FISICAMENTE las arcillas estan formadas en su mayor parte por partículas que forman estructuras llamadas panaloides; estas al unirse a su vez componen las estructuras floculentas o panaloides de orden superior.

Estas partículas presentan entre sí fenómenos de atracción que se deben principalmente a fenómenos electromagnéticos (cargas negativas) en su superficie. al estar las partículas en contacto con el agua (que actua como agente electrolítico) se equilibran sus cargas, notándose que la repulsión de las partículas disminuye al aumentar la concentración de sales en el agua, por lo que las floculaciones son más frecuentes en arcillas de origen marino. Existen otras fuerzas de atracción entre las partículas de arcilla denominadas de Van der Waals, siendo éstas menores que la de repulsión.

Cuando no se presenta la floculación, las partículas de arcilla quedan suspendidas o dispersas, lo que nos demuestra por que las estructuras floculentas son mas compresibles que las no floculentas.

Es tan fuerte la presión de atracción entre las partículas de arcilla (aproximadamente 20 ton/cm²), que el agua que circunda las partículas se encuentran en estado sólido. Entre las superficies de contacto de esta agua y la partícula de arcilla existe agua en estado de plasma o viscoso, por esta razón, en algunas construcciones como taludes y muros de retencion, no se utilizan materiales arcillosos ya que estos tienden a deslizarse de acuerdo al llamado "fenomeno de Creep".

PLASTICIDAD DE LAS ARCILLAS

En general las arcillas, ya sean caoliníticas, montmoriloníticas o ilíticas (ver figura "8"), presentan una propiedad muy importante denominada plasticidad.

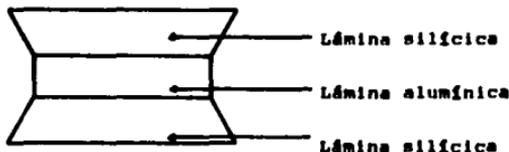


figura "8"

Se sabe que todos los materiales, inclusive los mas rígidos de la naturaleza son deformables existiendo cuerpos con comportamiento elástico (o aquellos que al aplicarles una carga sufren deformación con tendencias o posibilidades de recuperarse su forma) o bien con comportamiento plástico que al aplicarle una carga no recuperan la forma original cuando ésta se les retira).

Así pues se conoce como plasticidad de las arcillas a la capacidad o propiedad que presentan estas por la cual son capaces de soportar deformaciones sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse.

Se han desarrollado hasta la fecha varios criterios para medir la plasticidad de las arcillas, sin embargo, el más aplicado es el de Atterberg, quien hizo notar que la plasticidad no es una propiedad permanente de las arcillas, sino puramente circunstancial y dependiente de su contenido de agua.

Atterberg menciona que existen diferentes estados que presentan los suelos finos (arcillas) en función de su contenido de agua, llamados estados de consistencia, siendo los mas importantes:

- Límite Líquido.
- Límite Plástico.
- Límite de Contracción.

Límite Líquido:

se define al límite líquido al contenido de agua de un suelo fino para el cual este tiene una resistencia al esfuerzo cortante de 25 gr/cm². Su valor se determina en el laboratorio utilizando el metodo de la Copa de Casagrande, que consiste en colocar una mezcla homogénea del suelo que se desea clasificar, dentro de la copa y enrasarlo, haciendo seguidamente con un ranurador una pequeña ranura (ver figura "9") y despues, mediante una pequeña leva la copa se levanta y cae repentinamente repitiendo el procedimiento varias veces hasta que cierre la ranura. La determinación del Límite Líquido se hace mediante tanteos, es decir, se efectua una prueba en la copa de Casagrande y cuando se cierre la ranura se determina en contenido de agua, siendo que cuando se requieren justamente 25 golpes para cerrar la ranura, entonces nos encontramos en el Límite Líquido.



Límite Plástico:

se define al Límite Plástico al contenido de agua para el cual el suelo comienza a perder sus propiedades plásticas para pasar a un estado semisólido. Su determinación se lleva a cabo en el laboratorio colocando aproximadamente 1 cm de mezcla agua-suelo sobre un vidrio pulido empezando a formar "rollitos" de ella con los dedos de 3mm de diámetro, en el momento en que, al seguir girando dichos rollitos estos empiezan a agrietarse, entonses se dice que se está llegando al Límite Plástico, que se determina obteniendo rápidamente su contenido de agua.

Límite de Contracción:

Cuando un suelo pierde agua, normalmente su volumen disminuye y esto se debe principalmente a las fuerzas de tensión capilar que son producidas por el agua intersticial. El Límite de Contracción es el contenido de agua a partir del cual el volumen del suelo permanece constante aunque la humedad disminuya. Este límite suele manifestarse visualmente por un cambio de tono de color oscuro a mas claro al irse secando el suelo gradualmente.

Los límites anteriormente mencionados son especialmente importantes para describir la plasticidad de una arcilla. Al rango de contenidos de agua para los cuales un suelo se comporta plasticamente se le conce como Índice de Plasticidad, parametro que numéricamente es igual a la diferencia del límite líquido y el plástico.

En base al límite líquido y al índice de plasticidad, Casagrande, construyo la llamada Carta de Plasticidad, de modo que localizando un suelo en ella, se puede tener informacion sobre su comportamiento.

CONTRACCION Y ADHERENCIA

La contracción va relacionada directamente con el endurecimiento y la adherencia, no obstante, dependiendo del tipo de arcilla, esta puede presentar un hinchamiento o expansión.

En los pasos para la elaboración de materiales de tierra sin cocer es imprescindible el secado, y en algunos de ellos la presión aplicada. Cuando las arcillas se secan y estan sujetas a presión su volumen se ve disminuido, o sea que, se encogen o se contraen. A medida que las partículas se aproximan se incrementan las fuerzas de atracción (Fuerzas de Van der Waals), y aumenta la verdadera cohesión o adherencia.

Las llamadas fuerzas de Van der Waals son consecuencia de la naturaleza polar de las moléculas. Cuando dos moléculas estan próximas, el campo de carga de una orienta al campo de carga contrario de la otra, ejerciendose entre ambas moléculas una fuerza neta de atracción.

La contracción se presenta también a causa de la evaporación del agua, en la cual llega un momento en que las partículas de arcillas no pueden acercarse más entre sí (Aquí también actúan las fuerzas de Van der Waals). El agua evaporada recibe el nombre de agua de contracción.

La arcilla, parcialmente es un material elástico, si se le sumerge en agua estando dura, hay ausencia de tensión superficial y por lo tanto no se ejerce tampoco compresión capilar, la expansión o hinchamiento se presentan como un rebote elástico cuando se deja de ejercer presión. Otra causa de esta expansión reside en la restitución de la capacidad de absorción que ha rebasado las fuerzas de evaporación que actuaron en el proceso de desecación. Cuando se ausentan las fuerzas de evaporación los poros de la arcilla se llenan de nuevo con el agua de absorción.

Al presentarse contracción puede presentarse también fisuraciones o agrietamientos y esto es consecuencia del humedecimiento y desecación del material; para el secado de los materiales (Adobe, bloque comprimido) es recomendable el secado a la sombra, ya que un secado lento permitirá un buen acomodo de partículas.

TIXOTROPÍA

Otra característica interesante desde el punto de vista de la construcción que presentan las arcillas, es que la resistencia perdida por el remoldo provocado al ser sometidas estas a un proceso para la fabricación del adobe por ejemplo, se recupera parcialmente con el tiempo. Este fenómeno se conoce con el nombre de tixotropía y es de naturaleza físico-química.

COHESIÓN

Una característica que hace muy distintivos a diferentes tipos de suelos es la cohesión. Debido a ella los suelos se clasifican en "cohesivos" y "no cohesivos".

Las arcillas pertenecen a los suelos cohesivos, por consiguiente poseen cohesión, es decir la propiedad de atracción intermolecular, a través de fuerzas físicas de atracción entre sus partículas que lo conforman, estas fuerzas le proporcionan a las arcillas la capacidad de resistir esfuerzos y brindar adherencia.

La intensidad de la cohesión que presentan las arcillas está en función de su contenido de humedad parámetro del cual también dependen otras propiedades ya mencionadas de las arcillas como la plasticidad.

Resumiendo las propiedades de las arcillas, se dice que en general estas son plásticas, se contraen al secarse, presentan marcada cohesión según su humedad, son compresibles, al aplicarles una carga en su superficie se comprimen lentamente y adquieren resistencia con el tiempo, características fundamentales para el empleo de tierra sin cocer en la construcción.

II.2 IDENTIFICACION DE LA TIERRA ARCILLOSA (1,3)

La arcilla se encuentra casi en todas partes, lo que representa una ventaja para la elaboración de adobe, bloques y tapial.

Su identificación va desde simples ensayos sensoriales hasta una serie de estudios de laboratorio.

Una buena identificación representa una serie de pruebas de análisis. Estas pruebas de análisis, permiten tener un control de calidad del producto final en la construcción con tierra sin cocer, garantizando así la funcionalidad de la obra.

ENSAYOS SENSORIALES

OLOR:

El olor que despiden los suelos es característico de algunos tipos. Si huele a moho, se trata seguramente de un suelo orgánico, este olor se incrementa en presencia de humedad, este tipo de suelo es el menos indicado para ser empleado en la construcción.

MORDEDURA:

Este procedimiento consiste en tomar una pizca de tierra y aplastarla ligeramente entre los dientes. Lo ocurrido se interpreta de la siguiente manera:

Si rechina de manera desagradable entre los dientes, seguramente se trata de un suelo arenoso.

Si rechina, pero de una manera menos desagradable, se trata de un suelo limoso probablemente.

Si se presenta una sensación "lisa, suave o harinosa" entre los dientes, y si una pasta pequeña de tierra se pega o se adhiere fuertemente si se le aplica la lengua, se trata de un suelo arcilloso.

VISTA:

A simple vista también se puede especular sobre la proporción y el grosor de las partículas.

Las partículas más finas posibles de percibir a simple vista tienen un diámetro promedio de 0.08 mm, estas partículas corresponden a las arenas.

Las partículas de limo y arcilla son difíciles de percibir, son invisibles, pero en conjunto forman un fino similar al talco.

Por medio de la vista también podemos distinguir no solo la proporción y grueso de las partículas sino también el color, el cual nos puede dar información de el tipo de suelo.

COLOR:

El color varía de acuerdo a la humedad de la tierra; la descripción que a continuación se hace es de suelos en estado seco.

- El color que va de castaño a castaño oscuro, y de verde olivo a negro se refiere posiblemente a un orgánico, esta suposición se puede confirmar con otro ensayo sensorial como el olor.

- El color blanco, blanco grisáceo, azul marino, café o negruzco son indicadores de materias orgánicas activas.

- El color gris claro puede existir en los depósitos limosos limosos fluviales y en suelos que contengan en gran cantidad carbonato de calcio, estos suelos de cohesión débil y se corren fácilmente.

- El color blanco y gris es característico de suelos que contienen coral, yeso, caliche y que son calcáreos.

- El amarillo y ocre es indicador de suelos que contienen hidrato de carbonato.

- El color que va de rojo a castaño oscuro se refiere a suelos que contienen óxido de hierro.

TACTO:

Este ensayo consiste en tomar una muestra a la cual se le quitan las partículas más gruesas, con diámetro mayor a 5 mm.

Posteriormente se amasa o pulveriza esa muestra entre los dedos y la palma de la mano:

Si se tiene una impresión entre los dedos de rugosidad, se trata de un suelo arenoso.

Si se tiene una impresión menor de rugosidad y si la tierra húmeda presenta una plasticidad media, se trata de un suelo limoso.

Si la tierra seca se presenta en terrones o en granos voluminosos y ofrece una fuerte resistencia al aplastamiento, y si en presencia de humedad es plástica y se pega a los dedos. Se trata de un suelo arcilloso.

EXAMEN DE FRAGMENTOS:

El examen de fragmentos consiste en tomar una bolita de tierra ligeramente húmeda y cortarla con un cuchillo en dos partes:

Si la superficie de la cortadura carece de brillo se trata de un suelo limoso.

Si la superficie de la cortadura es brillante, se trata de un suelo arcilloso plástico.

LAVADO DE MANOS:

Si después de haber manipulado tierra se lavan las manos y se tiene una impresión untuosa o jabonosa, y si es difícil de enjuagarse las manos, se trata de un suelo arcilloso.

* Si la tierra aparece polvosa y no es muy difícil de enjuagar, se trata de un suelo limoso.

Si la tierra es muy fácil de enjuagar, se trata de un suelo arenoso.

ENSAYO DE PENETRACION:

Este ensayo consiste en tomar una muestra de tierra húmeda, pero sin ejercerle presión entre los dedos.

Si al encajar una espátula:

Se debe hacer fuerza para encajarla y si al sacarla, la misma sale con tierra adherida, se trata de un suelo muy arcilloso.

Se puede encajar la misma sin gran dificultad, y si al retirarla tiene un poco de tierra adherida, se trata de un suelo medianamente arcilloso.

Se introduce y se retira sin esfuerzo, aún cuando salga sucia, se trata de un suelo poco arcilloso.

ENSAYOS DE IDENTIFICACION DE MATERIALES BASICOS

La finalidad del análisis es la identificación de los materiales básicos que son: La tierra; los materiales de aportación; agua, estabilizantes y auxiliares; y verificar si los mismos cuentan con las cualidades requeridas para la fabricación de materiales de construcción de tierra. Las características identificadas nos permiten tener una visión del comportamiento del producto final.

Los análisis esenciales son los siguientes:

- 1.- Contenido de agua natural
- 2.- Granulometría
- 3.- Sedimentometría
- 4.- Equivalente de arena
- 5.- Límite líquido
- 6.- Límite plástico
- 7.- Índice de plasticidad
- 8.- Prueba proctor
- 9.- Contracción lineal
- 10.- Cantidad de materias orgánicas

Se pueden realizar análisis complementarios no esenciales pero sí útiles como los siguientes:

- 1.- Identificación visual
- 2.- Límite de absorción
- 3.- Límite de contracción
- 4.- Volúmen de masa
- 5.- Volúmen de masa aparente
- 6.- Contenido de agua después del secado
- 7.- Color, estado seco y húmedo
- 8.- Dureza en estado seco
- 9.- Disolución en el agua
- 10.- Naturaleza de las materias orgánicas
- 11.- Análisis químico
 - 11.1.- Óxidos de fierro
 - 11.2.- Óxidos de magnesio
 - 11.3.- Óxidos de calcio
 - 11.4.- Carbonatos
 - 11.5.- Sulfatos
 - 11.6.- pH

CAPITULO III

CONSTRUCCIONES DE TIERRA SIN COCER

Para construir con tierra sin cocer se deben tomar en cuenta muchos aspectos, y el principal es el económico; es verdad que el costo se ve reducido al emplear este material, sin embargo, un mal proceso de construcción y elaboración del material, puede hacer que el costo de la obra se vea acrecentado por los costos de mantenimiento y reparación posteriores.

La aparición de fábricas de adobe y la fuerza que poco a poco va tomando el empleo de este material provoca una demanda del mismo, colocando el precio de este material a la altura del precio del material común en la construcción (tabique cocido, tabicón, etc.). Con esto se puede ver que para obtener una buena economía al construir con este material, la elaboración del mismo se debe hacer sin intermediarios.

Las construcciones de tierra sin cocer llevan un proceso donde se cuida la calidad del material empleado y para ello se pone singular atención en dos principales pasos que son: Selección de la tierra y estabilización de la tierra, los cuales se presentan en este mismo capítulo.

CAPITULO III

CONSTRUCCIONES DE TIERRA SIN COCER

Para construir con tierra sin cocer se deben tomar en cuenta muchos aspectos, y el principal es el económico; es verdad que el costo se ve reducido al emplear este material, sin embargo, un mal proceso de construcción y elaboración del material, puede hacer que el costo de la obra se vea acrecentado por los costos de mantenimiento y reparación posteriores.

La aparición de fábricas de adobe y la fuerza que poco a poco va tomando el empleo de este material provoca una demanda del mismo, colocando el precio de este material a la altura del precio del material común en la construcción (tabique cocido, tabicón, etc.). Con esto se puede ver que para obtener una buena economía al construir con este material, la elaboración del mismo se debe hacer sin intermediarios.

Las construcciones de tierra sin cocer llevan un proceso donde se cuida la calidad del material empleado y para ello se pone singular atención en dos principales pasos que son: Selección de la tierra y estabilización de la tierra, los cuales se presentan en este mismo capítulo.

III.1 SELECCION DE LA TIERRA (2,3,5,7)

Este es uno de los puntos más importantes para la elaboración de los elementos constitutivos de una construcción de tierra sin cocer, ya sea adobe, bloques comprimidos o tapial.

Una vez analizados los materiales básicos por medio de las pruebas de identificación se enlistan a continuación otra serie de pruebas que tienen como fin seleccionar un material de construcción válido y adecuado.

- 1.- Granulometría
- 2.- Sedimentometría
- 3.- Coeficiente de uniformidad
- 4.- Equivalente de arena
- 5.- Límite líquido
- 6.- Límite plástico
- 7.- Índice de plasticidad
- 8.- Volúmen de masa
- 9.- Volúmen de masa aparente
- 10.- Peso mínimo húmedo
- 11.- Peso mínimo seco
- 12.- Prueba proctor
- 13.- Índice de vacíos
- 14.- Contracción lineal
- 15.- Contracción o reducción volumétrica
- 16.- Contenido de agua después del secado
- 17.- Color en estado seco y húmedo
- 18.- Grado de pulverización
- 19.- Resistencia a la compresión
- 20.- Penetrometría
- 21.- Curvas de isorresistencia
- 22.- Resistencia a la compresión (húmeda)
- 23.- Resistencia a la tracción
- 24.- Resistencia a la flexión
- 25.- Resistencia al cizallamiento
- 26.- Coeficiente de Poisson
- 27.- Módulo de elasticidad (Young)
- 28.- Expansión
- 29.- Reducción de volúmen por secamiento
- 30.- Dilatación térmica
- 31.- Permeabilidad
- 32.- Absorción del agua
- 33.- Agrietamiento
- 34.- Eflorescencia
- 35.- Durabilidad
- 36.- Calor específico
- 37.- Coeficiente de conducción
- 38.- Resistencia al fuego
- 39.- Compactibilidad de morteros
- 40.- Compactibilidad de los adherentes

Un buen conocimiento del material puede evitar las numerosas pruebas que se deben efectuar en el laboratorio. Los ensayos sensoriales, vistos en el capítulo anterior, pueden ser suficientes, como ya se dijo antes, cuando se tiene un buen conocimiento del material, no obstante que los ensayos sensoriales son sencillos, se presenta a continuación una serie de pasos empíricos que determinan la selección de la tierra arcillosa.

SELECCION DE TIERRA

Existen diferentes tipos de tierra en la misma composición, aún dentro de pequeñas regiones. En muchas ocasiones hay que combinar varios tipos. Es decir, se emplea la tierra del lugar pero se añade más arcilla cuando es pobre o se añade más arena cuando es demasiado rica.

Para determinar si la tierra del lugar tiene la composición adecuada para hacer un muro de adobe se hace lo siguiente:

- 1.- Se llenan 2/3 partes de un vaso (de vidrio y de preferencia cilíndrico) con tierra y el espacio restante con agua y dos cucharadas de sal (figura "10").
- 2.- Se mueve el contenido con fuerza durante un tiempo (figura "11").
- 3.- Esperar a que se note la separación de los materiales (agua, arcilla y arena) (figura "12").



figura "10"

figura "11"

figura "12"

- 4.- Cuando la separación no sea muy clara, remover nuevamente y dejar reposar durante varias horas (figura "13").

5.- Si la separación es clara, se mide la proporción de arcilla y arena (En la figura "14" se ejemplifica una proporción de 2 a 1).



figura "13"



figura "14"

Después se hace una mezcla moldeable que se coloca en una estructura de madera (cajita) de 4 * 4 * 40 cms. (figura "15").

Se deja secar a la sombra:

Cuando la mezcla se levanta en forma curva en el centro como un pastel, la tierra no sirve, con lo visto anteriormente se puede afirmar que se trata de una arcilla expansiva y que se trata probablemente de una motmorilonita (figura "16").

Normalmente la mezcla se encoje y muestra grietas, se coloca toda la mezcla de un lado y se miden los centímetros que la mezcla ha encogido. La mezcla no debe encoger más de 1/10 parte de su largo, es decir, 4.0 cms. (figura "17")

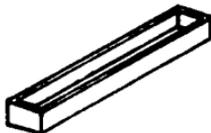


figura "15"

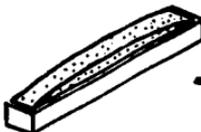


figura "16"



figura "17"

Después de ello, se procede a hacer algunos tabiques y probar su resistencia:

Si la cantidad de arena es igual o hasta dos veces la cantidad de arcilla, la tierra estará en condiciones para construir, de no ser así, habrá que añadir arcilla o arena a la mezcla para compensar.

Anteriormente se observó que el tipo de suelo para la elaboración de un adobe, es el denominado Franco-arcilloso, y las proporciones de finos Vs arena se encuentran en el rango que aquí se sugiere.

MATERIAL	PROPORCION
Arena	8 partes
Arcilla	4 partes
Agua	4 partes
Asfalto	1 parte

Pra elaborar un adobe resistente a la humedad se debe añadir emulsión asfáltica. Si se utiliza aceite quemado en lugar de emulsión asfáltica, se deberá reducir en un 50 % la cantidad a emplear. Otra parte de la mezcla puede ser estiércol de caballo o vaca en pequeñas proporciones, paja, zacate u hojas de pino, los cuales sirven para estabilizar la mezcla dándole resistencia al material; este punto se detallará más adelante.

Los pasos anteriores son recomendables para la selección de tierra y son producto de investigación de campo y documental, se puede hacer la selección con algunas de las pruebas de laboratorio mencionadas, la principal es la determinación de la plasticidad y los límites de consistencia. El empleo de pruebas de laboratorio nos daría mayor confianza y precisión en la selección de la tierra, sin embargo, el costo se vería afectado por las mismas.

III.2 ESTABILIZACION DE LA TIERRA (2,3)

Al construir con tierra se puede utilizar la misma que esta disponible en el lugar, siempre y cuando se tomen en cuenta las propiedades del material y observando que este cuenta con los requisitos que lo aprueban como óptimo para construir, es decir, se debe procurar la tierra de mejor calidad.

Otra de las variantes para construir con tierra, la cual es la más frecuentemente utilizada, es mejorando las características de la tierra local, a fin de crear el material de construcción más adecuado. La manera de mejorar las características del material es con lo que se denomina, "Estabilización".

DEFINICION

Se denomina estabilización de los suelos, al conjunto de procedimientos que dan lugar al mejoramiento de las características del mismo.

De los diferentes procedimientos, la estabilización puede quedar definida por un método *físico*, *físicoquímico* o *químico*, el cual pueda cumplir en forma adecuada las exigencias que impone su utilización en una obra.

Para solucionar el problema de estabilización será necesario conocer:

- Las propiedades de la tierra por tratar.
- Los mejoramientos deseados.
- Los productos, materiales o procedimientos a utilizar.
- Las diversas tecnologías de construcción por emplear.
- Los costos y plazos de realización de la obra.
- Las condiciones de mantenimiento de la obra en servicio.

A partir de la obtención de los datos anteriores se puede obtener una buena solución y se puede lograr un mejoramiento notable de las propiedades de la tierra por medio de una tecnología propia que sea compatible con cuestiones relativas a la obra, como son: Plazos de ejecución, costos de realización y mantenimiento, etc.

La estabilización de la tierra busca mejorar los puntos débiles de la misma, esto implica mejorar la resistencia a:

- La lluvia
- El agua estancada
- La compresión
- La flexión
- La tracción
- La abrasión
- La acción eólica.

VARIABLES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA TIERRA ESTABILIZADA

VARIABLES principales	VARIABLES naturales	VARIABLES controladas por el hombre
Tierra	-Mineralogía -Granulometría -Textura -Plasticidad -Compactibilidad	-Mezclas de diferentes tierras. -Proporción del agua antes de la mezcla
Estabilizante		-Dosificación -Tipo de estabilizante
Mezcla	Temperatura	-Tipo de amasado -Tiempo de amasado -Orden de adición de los materiales -Energía de amasado -Temperatura
Moldeado	Temperatura	-Modo de moldeado -Tiempo de retención -Densidad seca obtenida
Curado	-Temperatura -Humedad	-Método de curado -Tiempo -Humedad -Temperatura
Condiciones de utilización	-Carga -Temperatura -Lluvia -Abrasión	Deterioro del hombre

El fin de estabilizar la tierra, como antes se mencionó, es mejorar sus características, pero... ¿Cómo ocurre este mejoramiento con el material estabilizador?; A grosso modo, el material estabilizador logra la unión de las partículas entre sí impidiendo la absorción del agua, la cual provoca variaciones de volúmen; la resistencia aumenta cuando las partículas están lo más unidas posible, esto se puede lograr, aparte de la acción del material estabilizador, aplicando presión en el moldeado.

A continuación presentamos algunos de los diferentes tipos de estabilización:

1.- Estabilización por cementación:

El cemento tipo Portland constituye el primero de los estabilizantes, ya que forma un armazón interno cuando se mezcla con la tierra.

La cal viva o apagada permite un plazo más largo de secado que el cemento Portland.

2.- Estabilización por armazón:

Este tipo de estabilización consiste en agregar a la tierra un material de cohesión (grano, fibra), que permita asegurar, por un frotamiento de los elementos mezclados a la arcilla, una mayor firmeza, estos materiales tienen función de esqueleto interno que aumenta la resistencia inmediata de la tierra. Esta solución no protege totalmente las infiltraciones del agua, en cambio, asegura una buena consistencia contra la erosión.

Los materiales más utilizados son pajas secas cortadas, fibras vegetales (cáñamo, pita, etc.), fibras de hoja de palmera, las virutas de madera, las cortezas, etc. Una pequeña desventaja en el empleo de fibras vegetales, puesto que se puede presentar a largo plazo, es el riesgo de pudrimiento y aparición de parásitos.

3.- Estabilización por impermeabilización:

Este tipo de estabilización consiste en envolver las partículas de arcilla en una capa impermeable con la finalidad de formar unos compuestos estables y volverlos insensibles a la acción de la humedad.

El más conocido de los materiales es el asfalto (betun). Existen otros muchos productos impermeabilizantes de técnicas tradicionales, los cuales su principio es similar pero su eficacia normalmente es menor, entre algunos ejemplos tenemos: Aceite de coco, savia de ciertas plantas de caucho, látex, etc.

4.- Estabilización por tratamiento químico

Esta estabilización consiste en mejorar las propiedades de la tierra agregándole diversas sustancias capaces de formar compuestos estables con elementos de arcilla. Los productos químicos adaptados varían según la composición misma de la tierra y es necesario un análisis previo para determinar que elemento puede reaccionar químicamente con otro. Así, en algunos casos, la estabilización se presenta más como tratamiento químico que por cementación, un ejemplo de ello tenemos la cal.

SELECCION DE ESTABILIZANTES

Existen más de 150 productos, naturales o sintéticos, en su mayoría, todos ellos son una variante de los productos más utilizados y más conocidos que son:

- Cemento
- Anfalto
- Cal

ESTABILIZACION CON CEMENTO

La estabilización de la tierra con cemento da lugar al llamado suelo-cemento, los diversos estudios que se han hecho tienen, en su mayoría, como finalidad principal, la de definir la proporción óptima de la revoltura, es decir, el mínimo de cemento que hace que la tierra se pueda considerar estabilizada.

Al emplear el cemento como estabilizante se pretende incrementar su resistencia y su durabilidad.

Los resultados serán variados y estarán en función del tipo de tierra que se utilice.

El cemento mejora la resistencia a la compresión de las tierras plásticas si es empleado en proporciones altas (10% ó más) y la reduce si las proporciones son bajas. La estabilización con cemento disminuye la contracción, en todos los casos y proporciona hidraulicidad a la tierra.

La tierra no plástica tiene muy poca resistencia por falta de cementante propio y muy poca contracción. El cemento proporciona cohesión entre sus partículas aumentando su resistencia.

El curado impide el secado y la contracción rápida favoreciendo la formación de la estructura. Generalmente el suelo-cemento curado tiene más resistencia que el que se deja secar desde el momento de su fabricación, ya que la contracción de éste último siempre está (al menos parcialmente) reducida por el fraguado del cemento, el cual es deficiente puesto que el cemento sufre una deformación continua y, en ocasiones, el agua para su hidratación correcta no es suficiente.

Se concluye la importancia de la velocidad de contracción por secado y la del fraguado del cemento en relación con el curado, siendo la más favorable un curado prolongado, dado que aumenta siempre la resistencia.

Si además de la estabilización con cemento, se incluye compactación en el proceso, es recomendable trabajar la tierra con una humedad mayor a la de saturación, ya que de estar saturada el agua que contendría impediría que sus partículas entrasen en contacto al ser compactada.

El secado es el que produce la máxima contracción y es obvio que se presente si no hubo compactación, y es razonable si se piensa que las partículas de la tierra pudieran llegar cerca del límite de contracción al ser compactada.

El empleo del cemento es más efectivo en las tierras que se compactan antes de secar.

ESTABILIZACION CON ASFALTO

La estabilización con asfalto reduce la absorción y la permeabilidad y mejora la resistencia mecánica al servir de cementante en tierras poco plásticas donde el cementante es escaso.

El asfalto que se puede emplear esta disponible en emulsiones y rebajados del petróleo, donde ambos contienen un residuo asfáltico con propiedades fundamentales parecidas, siendo éstas la de un fluido con alta viscosidad, el cual se obtiene en el laboratorio destilando el producto a 350°C de temperatura.

El empleo en cantidades bajas de emulsiones asfálticas no altera en forma importante su cohesión, es decir, su resistencia mecánica a la compresión es similar o poco variable a la tierra tratada solamente con agua, las variaciones se presentan en relación con el contenido de finos de la tierra (con diferente plasticidad), presentandose una resistencia mayor para las tierras con pocos finos, no obstante, un incremento de asfalto la puede reducir, por lo tanto su dosificación debe llevarse a cabo con sumo cuidado.

ESTABILIZACION CON CAL

Los muros construidos con tierra estabilizada con cal presentan resistencias menores que los de tierra sin estabilizar y estas se reducen aún con el tiempo. Es poco recomendable el empleo de este estabilizante.

Veamos cual es la reacción con el empleo de estos estabilizantes:

1.- La estabilización con cualquiera de los tres aditivos en porcentajes adecuados solamente mejora la resistencia mecánica en los casos que se acaban de mencionar (en tierras poco plásticas); en otros casos, el cemento y la cal la reducen y el asfalto la conserva.

2.- Estas estabilizaciones pueden producir adobes con hidraulicidad suficiente para resistir la lluvia indefinidamente, así como la inmersión en agua.

3.- La estabilización con cemento necesita un control riguroso de la homogeneización de la revoltura, el tiempo de empleo y el curado, para obtener resultados satisfactorios.

4.- La estabilización con asfalto siempre da buenos resultados, ya que conserva la resistencia mecánica de la tierra sola y confiere hidraulicidad a las piezas, aunque la revoltura este hecha de manera deficiente.

5.- La estabilización con cal casi siempre reduce la resistencia mecánica de la tierra, así como su contracción, y produce hidraulicidad en los mampuestos. Su empleo es indicado solamente para tierras muy plásticas en que la contracción agrieta las piezas al secarse.

Su elección depende de un gran número de factores, donde los principales son: La granulosidad y la plasticidad de la tierra.

Los efectos que se presentan en la estabilización pueden ser muy variables según la dosificación del resultado buscado. Se debe poner especial cuidado en éste punto, ya que se puede obtener, por ejemplo, un mejoramiento a la lluvia, sin obtener un mejoramiento de la resistencia a la compresión.

La optimización de la dosificación es en función de la tierra, ya que es frecuente obtener una disminución de la calidad del producto por ciertas dosificaciones. Esta optimización puede ser determinada tanto en laboratorio como en la obra con algunos ensayos simples.

ESTABILIZACION

MODO	CARACTER	OBJETIVO	MEDIO	EJEMPLO TIPO
Recomprimir	mecánico	Crear un medio denso	Densificación	Compactación Corrección Granulometría
Estructuración	mecánico	Crear una estructura omnidireccional	fibras	-Paja -Fibra de coco -Pelusa -Fibra de poliéster
Encadenamiento químico	químico	Crear un esqueleto inerte	elástico	-Cemento -Cal muerta -Resinas
Ligamiento químico	químico	Formar ligamentos químicos estables	elástico	-Cal muerta -Cenizas volátiles
Impermeabilización	químico	Impermeabiliza	Impermeabilizante	mezclar con emulsión bituminosa
Hidrofobantes	químico	Tapar los poros	hidrofobantes	aminoácidos cuaternarios.

III.3 PROCEDIMIENTOS DE ELABORACION Y CONSTRUCCION (3,4,5,6)

Dentro de las diferentes técnicas que se emplean para la elaboración de un elemento de tierra sin cocer, se puede encontrar que, dentro del proceso de elaboración que cada una emplea, existen pasos comunes para las mismas. Por ejemplo, se puede decir que la selección de la tierra, es un paso común para la elaboración de el adobe, el bloque comprimido y el tapial.

Dado que los elementos a elaborar son material para un mampuesto, los siguientes datos que se presentan pueden orientar la fabricación de muros de tierra tanto a una pequeña industria, así como también a los que prefieren la autoconstrucción con este material.

Los datos fueron obtenidos de conclusiones de las diferentes pruebas que la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M. realizó; se pretende con esto, mejorar la calidad de las piezas fabricadas.

ADORE

1.- Todas las tierras de plasticidad media, ni muy alta ni muy baja, que son las más comunes, sirven para la fabricación de los adobes.

2.- Los adobes generalmente presentan una resistencia mecánica suficiente para las construcciones que se fabrican con ellos.

3.- Ninguna tierra tiene suficiente *hidraulicidad* (propiedad de un material de conservar su resistencia aún en estado saturado) para la producción de adobes que resistan una inmersión en agua.

4.- La erosión de la lluvia destruye cualquier adobe hecho con tierra sola si su acción dura indefinidamente, aunque hay tierras cuyos adobes pueden resistirla mucho tiempo sin perjuicios importantes.

5.- El aumento de la resistencia mecánica se puede lograr, en cierta forma, solamente con tierras poco plásticas estabilizadas con cemento o en tierras de plasticidad media con calor, aunque nuestro material se modificaría haciendolo tabique.

6.- La resistencia mecánica de las tierras no plásticas mejora al estabilizarlas con cualquiera de los aditivos, cemento, cal o asfalto, puesto que cualquiera de ellos proporciona el cementante que les falta.

BLOQUE COMPACTADO

1.- Al fabricar los adobes sin aditivos, ahora empleando una prensa, se logra una calidad en la geometría de las piezas, mejora la resistencia mecánica en cierto grado.

2.- Si los adobes se fabrican con tierra estabilizada con cemento, cal o asfalto, el prensado no proporciona ningún incremento a su hidraulicidad.

3.- La resistencia mecánica de los adobes estabilizados con asfalto no mejora al prensarlos, ya que el asfalto no impide la contracción por secado del material moldeado manualmente.

4.- La resistencia mecánica de adobes estabilizados con cemento o cal, que reducen esta contracción, aumenta si se prensan, pues se fabrican proporcionandoles menos agua, lo que propicia la cohesión y proximidad entre las partículas de tierra.

5.- La estabilización con cemento y prensa parece ser la más interesante y la más apropiada cuando se controla con rigor la fabricación y el curado.

TAPIAL

Las características de fabricación se pueden comparar con las de la fabricación de los mampuestos prensados. La resistencia a la compresión, así como su hidraulicidad y permeabilidad aparente, son similares a las que se obtienen en dichos mampuestos y es posible estimar, basándose en lo expuesto, como se modifican estas propiedades al estabilizar la tierra con cemento o asfalto.

Faltaría tal vez, estudiar la forma en que se relacionan las contracciones lineales del material colocado.

El siguiente proceso constructivo del adobe es típico de las comunidades rurales, el empleo de estabilizantes se ve limitado por la falta de conocimientos acerca de los resultados de los existentes, manejando solamente así, materiales naturales como la paja y el zacate rojo, entre otros. La siguiente explicación es complementaria con entrevistas a pequeños productores de adobe del poblado de Tlayacapan Morelos.

ADOBES

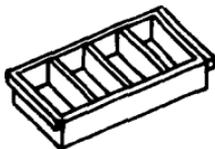
El banco de material de donde obtendremos la tierra, la disposición del material estabilizante y el agua, forman parte de la materia prima principal para la elaboración de los adobes; el equipo empleado para el moldeo y secado es simple.

LOS MOLDES

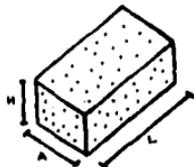
Los moldes empleados pueden estar hechos de madera o metal, con aditamentos que puedan facilitar su manejo (figura 18). La madera o metal debe estar lubricada para evitar la adherencia en las paredes en el momento de retirar el molde.

Las dimensiones de los adobes pueden ser tan variables como se desee, sin embargo, por razones de facilidad de manejo se recomienda la siguiente relación en su tamaño:

$$L > A > L/2 \quad H < A \quad (\text{figura "19"})$$



(figura "18")



(figura "19")

De donde tenemos que las dimensiones más empleadas son:

$$5 * 10 * 20 \quad 10 * 15 * 30 \quad \text{y} \quad 10 * 40 * 40 \quad (\text{cms.})$$

MEZCLA

En las comunidades rurales donde se elabora el adobe, el mezclado lo hacen aplicando presión con los pies, a la vez que se le va agregando agua moderadamente, posteriormente se le anexa paja o "zacate rojo", éste último es de estructura tubular y es cortado en partes de 20 cms, al aplicar este estabilizante, el amasado ya no se realiza con los pies, esto con el fin de no dañar los pies del ejecutante.

HACER ADOBES

Una vez mezclados los materiales se procede a llenar los moldes, los cuales ya deben estar lubricados, aplicando una pequeña presión, de manera que quede acomodado el material en el molde (figura 20).

Al retirar el molde, los adobes deben mantener su forma, de no ser así, se pueden presentar dos cosas, de las que se puede concluir que:

1.- Si se aplastan los adobes, la presencia de agua dominó en la estructura del mismo, es decir, tuvo mucha agua.

2.- Si por el contrario, parte de la mezcla quedó en el molde, la falta de agua es notable.



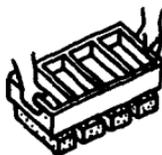
Llenar el molde



Compactar la mezcla



Recortar arriba



Sacar el molde

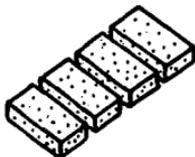
(figura "20")

SECADO

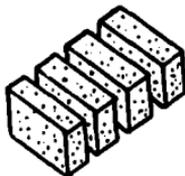
Ya hechos los adobes, el secado les proporcionará su resistencia, no obstante, se debe tener especial cuidado en este paso, un secado rápido puede ocasionar grietas al adobe. Se recomienda un secado no directo al sol, sino un secado a la sombra, ya sea, teniéndolos bajo techo con una ventilación apropiada o cubriéndolos con hojas, paja u otro material.

Dentro de el proceso de secado se deben de humedecer los adobes de vez en cuando, ya que al ir adquiriendo resistencia, valiendo la comparación con el concreto, estos necesitan de agua para su "CURADO".

Cuando ya han adquirido una consistencia "dura" (dos días aproximadamente), se acomodan los adobes poniéndolos de lado en hileras abiertas, permitiendo la circulación del aire. Se deberán dejar en ésta forma alrededor de 15 días (figura "21").



Secado a la sombra



Colocar de lado

(figura "21")

BLOQUES COMPRIMIDOS

Para la elaboración o producción de bloques comprimidos, básicamente se hace lo siguiente:

- Ya seleccionada la tierra y debidamente dosificada, se introduce la tierra ligeramente húmeda en una prensa, teniendo un molde de dimensiones reducidas.

- Por un sistema de palancas o pistones hidráulicos, se aplica una presión importante sobre la tierra a comprimir cuyo volumen disminuye más o menos la mitad. Después de vaciado, se obtiene un bloque denso de un buen acabado, de aspecto similar al tabique cocido, ofreciendo las mismas ventajas de flexibilidad a la puesta en obra.

La búsqueda de mecanismos de compresión ha traído un número impresionante de inventos para la aplicación de presión (prensas), en un principio manuales, después mecánicas y desde hace algunos años, hidráulicas.

Los productores se han inclinado por el equipo donde el tratamiento mecánico sea seriado, así se puede tener equipo periférico tales como desmenuzadoras, pulverizadores, cernedores, amasadoras, etc. El empleo de estas máquinas incrementa considerablemente la calidad.

El empleo de estas máquinas incrementa considerablemente la calidad de los bloques y también su ahorro energético, ya que en los mejores casos, los bloques de tierra estabilizada con cemento consumen de 35 a 60% de energía menos que los ladrillos cocidos.

En relación a la presión que se ejerce durante la fase del moldeado se tiene que, de acuerdo a numerosas experiencias llevadas a cabo en diversos centros de investigación y laboratorios, la presión que nos proporciona una calidad aceptable es de 20 kg/cm²; los compactados a una presión de 40 kg/cm², son totalmente satisfactorios. Sin embargo, la energía y las inversiones gastadas no aportan una *extraordinaria* mejora de calidad. En el mercado se encuentran diversos sistemas que trabajan en "hipercompresión", es decir, en compresiones que van de 120 kg/cm² a 430 kg/cm². El incremento en la calidad de estos productos hipercompresionados es debido en su mayor parte al tipo de estabilizante y al tratamiento ulterior (por producto químico u otro) mas bien que a la hipercompresión, teniendo presente que el tipo de estabilizante empleado reclama a veces compresiones de esos niveles.

Los productos hipercompresionados tienen sin embargo una densidad ligeramente superior, que va de 2200 a 2350 kg/m³. Esta densidad no tiene siempre un efecto en el aumento de la resistencia del bloque seco, pero si resulta en un incremento en la resistencia del material húmedo. Esto es debido a que el producto es menos sensible a la acción de agua, debido al bloqueo de los conductos apilares de material.

Los siguientes datos de procedimiento son producto de una investigación de campo a la fábrica de blocks y adobes "Adoval" propiedad del Lic. Alejandro Valencia

La fábrica se localiza en el Rancho Temecatitla, el cual se encuentra en el municipio de Atlalahucan Estado de Morelos.

El proceso de elaboración es el siguiente:

1.- EXTRACCION DEL MATERIAL

La selección del material es el punto más importante en la elaboración de los adobes pues de la calidad del mismo depende la calidad del adobe en gran medida.

La zona es predominante del material denominado "Tepetate", el cual es una arcilla compacta y se encuentra en mantos gruesos y macizos, la extracción se realiza con medios mecánicos y manuales, el traslado es corto y se realiza en camiones (foto 3).

2.- TRITURACION

Después de la extracción de la "tierra", esta se deposita en una tolva que descarga en un molino que esta formado de martillos que se encargan de demoler los "terrones" y tierra que se depositó (ver foto 4). La eficiencia de la trituradora es del orden de trituración de 8 toneladas en 20 minutos. La trituración puede ser regulada desde partículas tipo talco (0.002 mm de diámetro) hasta areniscas.

Una vez triturado el material, este pasa a otra tolva, la cual divide las partículas más finas de las demás por medio de un tubo llamado torpedo, este succiona el polvo y lo deposita en unas revolventoras (ver foto 5).

3.- MEZCLADO

El polvo baja a las revolventoras, a las cuales se les agraga cemento, agua y fibras químicas (ver foto 6); el tipo de fibras químicas no fué revelado por el propietario por razones muy personales y solamente se dijo de ellas que guardan semejanza con las fibras naturales como la paja.

Ya tenida la mezcla húmeda se pasa a los moldes para aplicarles presión y obtener el producto final.

4.- APLICACION DE PRESION

Una vez lleno el molde con la mezcla húmeda se aplica una presión de 40 toneladas por medio de gatos hidráulicos, con ello la resistencia del producto aumenta en gran proporción (ver foto 6). La durabilidad del adobe o la vida útil del mismo es de aproximadamente 200 años según el dato proporcionado por el propietario.

5.- SECADO

El secado es a la sombra, y su razón es el agrietamiento producido por el sol, el tiempo de secado es aproximadamente de 72 horas. El producto final es almacenado ya listo para emplearlo en la construcción (ver foto 7).

FALLA DE ORIGEN.



(foto 3) Extracción del material. Banco de material de "tepetate" (arcilla compactada).

FALLA DE ORIGEN



(foto 4) Trituración. Tolvas para depositar el material y triturarlo.

FALLA DE ORIGEN



(foto 5) Trituración. Separación de las partículas más finas.



(foto 6) Mezclado y aplicación de presión.

FALLA DE ORIGEN



(foto 7) Producto final. Bloque comprimido. Su apariencia es a la de el material convencional, la aplicación de presión le da finura en su acabado.

Volviendo al punto de trituración; de la separación del polvo, el otro material separado (granzón mediano) es utilizado en la elaboración de adobes también, solo que a estos ya no se les aplica presión. Pasa de igual manera a una revoladora que mezcla Tepetate, arena y fibras químicas, después pasa a moldes intercambiables que dan diferentes acabados en el producto; la presión aplicada es sustituida por vibraciones en el molde. El producto final obtenido es un adobe tipo "cantera de Morelia".

Esta variante ideada por el mismo propietario, consta de dos orificios útiles para el refuerzo del elemento que se construya.

La producción de la fábrica de adobes es en razón de 800 a 1000 adobes por día.

La maquinaria empleada para la elaboración de adobes es de ideas origen de Estados Unidos de América. Los proyectos de ampliación de la fábrica estarán respaldados por la adquisición de maquinaria con la industria "ITALMEX".

TAPIAL O MUROS COLADOS IN SITU

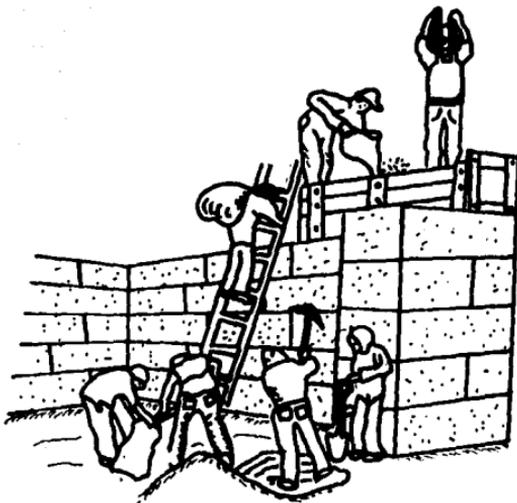
Las características de la fabricación de un tapial es comparable con las que se presentan en la fabricación de un bloque comprimido o prensado, principalmente en su resistencia a la compresión y al goteo, así como su hidraulicidad y permeabilidad son semejantes a las que se obtienen en los mampuestos fabricados en la forma antes presentada (bloques comprimidos).

Es importante tomar en cuenta las contracciones lineales del material colocado (que no tiene restricción en el sentido vertical pero sí en el sentido horizontal) con su contracción total volumétrica, es decir, con su plasticidad. El agrietamiento que puede producir la contracción horizontal se contrarresta en algunas construcciones con juntas verticales, colando los muros en tramos no mayores de 2.5 m. de longitud.

La colocación se realiza en estado húmedo y la primera contracción por secado se produce íntegramente cuando el material ya está colocado, cosa que no sucede en la fabricación de muros con mampuestos, pues estos deben estar secos y contraídos en el momento de su colocación. Esta contracción inicial sin embargo, suele ser, mucho menor que la de los mampuestos, pues la tierra debe ser *menos plástica*, colocarse con muy poca humedad y ser compactada antes de que seque.

El procedimiento consiste en colocar la tierra preparada para este efecto, entre cimbras de madera o metálicas, por capas, al espesor ordinario de los muros. De esta manera se logra que la mezcla tome consistencia y forme una masa homogénea que pueda ser levantada a diversas alturas (ver figura "22").

Los principales problemas de la construcción de muros colados in situ o tapiados conciernen al instrumento que sirve para apisonar la tierra dentro de las cimbras utilizadas para darle forma. Tradicionalmente, estas herramientas son muy simples con unas cuantas piezas y tabloncillos de madera. Para aumentar los rendimientos, se adoptan hoy los pisones neumáticos, artefactos ligeros y de un muy buen rendimiento que requieren poco cuidado. Los modelos más pesados someten a las cimbras a presiones exageradas por lo que no son recomendables.



(figura "22") Proceso de una obra tradicional Peruana de muros de Tapial: 1. Extracción; 2. Colocación en sacos; 3. Elevación; 4. Vaciado; y 5. Compactación con un poco de humedad.

PISOS Y TERRADOS

Su diseño puede ser comparable con el de pavimentos que no soportan tráfico de vehículos, con la peculiaridad de que la superficie de pisos debe ser esencialmente resistente a golpes y abración, y la de los terrados, impermeable y resistente a la erosión de la lluvia, ambas cualidades se pueden lograr estabilizando la capa superior de la tierra con cemento o asfalto debiendo tener presente la influencia del espesor de esta capa y el porcentaje del estabilizante que se emplee.

ACABADO SUPERFICIAL CON CEMENTO

Por lo que se describe de la estabilización con cemento, el empleo debe ser parecido a cubrir el piso con una capa de mortero de arena-cemento, es decir, la tierra empleada debe ser no plástica (ello con el fin de que no presente contracción por secado), estabilizada con un porcentaje alto de cemento, que se ubique entre un 5 y 10%, pero no tan alto, pues puede producir contracciones inconvenientes. Un piso o terrado fabricado así será duro e impermeable.

ACABADO SUPERFICIAL CON ASFALTO

De acuerdo a las consideraciones sobre la estabilización con asfalto, se puede prever un buen resultado en pisos y terrados, siempre y cuando su capa superficial se fabrique con tierra poco plástica (sin contracción por secado), revuelta con una cantidad relativamente baja de estabilizante, que proporcione una relación de peso entre su residuo asfáltico y la tierra de 2 ó 3%.

La superficie tendrá una dureza suficiente para un servicio correcto y su hidraulicidad y permeabilidad serán las necesarias para resistir el intemperismo y garantizar que no haya filtraciones en una azotea. Aunque lo anterior se pueda asegurar, es necesario verificar y confirmar con pruebas el empleo del tipo de tierra y el tipo de asfalto.

ESQUEMA BASICO DE PRODUCCION

Independientemente del material que se pretenda producir con tierra sin cocer, los procesos que las mismas (tierras) deben tener, como antes se mencionó, son bastantes similares en todos los casos. El esquema más simple se expresa en cuatro puntos principales:

- Extracción
- Preparación
- Puesta en obra
- Secado

Es notable que en el caso de cada técnica se requiere una adaptación particular de este diagrama, la cual se hace por la supresión de algunos puestos de trabajo, por la simplificación o por la adaptación de otros procesos. Los diferentes puestos están codificados y en el listado se presenta el equipo que se puede utilizar.

OPERACIONES DE PRODUCCION

EXTRACCION: Se excava y se retira la tierra del banco de material mediante los siguientes procesos:

- Manual
- Pala mecánica
- Excavadora
- Bull dozer

SECADO: Por esparcimiento en capas delgadas o puestas en pequeños montones aireados.

- Manual
- Pala mecánica
- Bull dozer
- Pala cargadora

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

CRIBADO: Si la tierra contiene exceso de piedras gruesas, éstas tienen que ser removidas antes de cualquier operación. Esto puede hacerse de la siguiente forma:

- Manual
- Con criba manual
- Con criba mecánica

PULVERIZACION: La tierra debe ser pulverizada con la finalidad de permitir una mezcla íntima de la tierra y el estabilizante de las siguientes maneras:

- Manual
- Triturado manual
- Pulverizado mecánico

CERNIDO: Es recomendable que la tierra no contenga granos cuyo diámetro sea superior a los 2 ó 3 mm, lo que requiere:

- Cernido manual
- Tamizado manual
- Cernido mecánico

DOSIFICACION SECA: Las diferentes tierras, arenas y el estabilizante deben estar dosificados en peso o volúmen, 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 báscula.

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

- Manual
- Batidora manual
- Batidora mecánica
- Revolvedora

MEZCLA HUMEDA: 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 tapias

- Manual
- Batidora mecánica

Mezclado para adobe

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

REACCION: La tierra debe reaccionar más tiempo que el máximo autorizado para la estabilización de cemento: 2 hrs, esto se hace:

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

TRITURACION: En ocasiones es necesario volver a triturar la tierra en forma:

- Manual
- Mecánica

MOLDEADO: Es la que dará la forma final del elemento de tierra.

Para tapiales se emplean los siguientes elementos:

- Cimbras de madera
- Cimbras metálicas
- Cimbras individuales
- Cimbras integrales
- Cimbras deslizantes
- Apisonado manual
- 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
- Moldeado automático

AIREACION: Los bloques de adobe deben ser tendidos a aireación durante 24 horas después de su fabricación en forma manual.

ALMACENAJE AIREADO: Los bloques comprimidos y el adobe no estabilizado deben secarse en formación aireada, proceso que se hace en forma manual.

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

ALMACENAJE FINAL: Los adobes se quedan en formación aireada o pueden ser almacenados en forma apilada, esto es ideal para ladrillos estabilizados si son cubiertos por lonas herméticas.

Manual

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

RECOMENDACIONES EN EL PROCESO DE PRODUCCION

Durante el proceso de producción, las variantes que pueden afectar la calidad del producto son varias, estas variantes se encuentran dentro de los mismos pasos del proceso de producción.

A continuación se dan algunos ejemplos entre muchos otros, que ilustran que con frecuencia se puede duplicar la calidad del producto respetando las reglas de la "buena práctica", de lo contrario se puede disminuir considerablemente la calidad del producto debido al desconocimiento de dichas reglas.

LA PULVERIZACION

La pulverización correcta de la tierra puede lograr, para una misma dosificación de cemento, duplicar la calidad o al contrario, para una misma calidad disminuir la dosificación de cemento a la mitad.

EL AMAGADO

En el caso de los bloques compactados y estabilizados con cemento, se puede aumentar sensiblemente la calidad amasando la mezcla de 3 a 4 minutos en lugar de unos instantes (ver gráfica 1).

TIEMPO DE RETENCION

Si la tierra ha sido estabilizada con cemento, se tiene que compactar inmediatamente después de amasada. Una ligera demora que provoca, por ejemplo, de 1 a 2 horas de retraso, puede disminuir la calidad del producto en un porcentaje considerable (ver gráfica 2). Sin embargo, éste no es el caso con la cal, en el cual la influencia es casi nula y algunas veces benéfica, ya que es el tiempo para la reacción química.

EL MOLDEADO

La manera de llevar a cabo el moldeado y la proporción de agua de la mezcla son importantes en lo que concierne a la resistencia a la deformación o módulo de elasticidad de un material.

Un tapial apisonado neumáticamente puede ser de 3 a 4 veces más resistente que otro trabajado en forma manual. Para el tapial elaborado con elementos manuales diferentes factores intervienen en la calidad final del producto, tal como se muestra en el cuadro siguiente.

VARIACION EN LA CALIDAD EN FUNCION DE DIVERSOS FACTORES		
FACTOR	VARIACION	INDICE DE CALIDAD
Intensidad del impacto	Ligero	1
	Mediano	2
	Fuerte	4
Espesor de la capa compactada	6 cm.	6
	11 cm.	4
	22 cm.	7
Forma de la superficie del pisón	Angulo a 45°	1
	Plano	1.5
Fuente de energía	Manual	1
	Mecánica	3

EL APISONAMIENTO

La calidad de la tierra será óptima si es compactada con una proporción de agua precisa (ensayos proctor) Las desviaciones de algunos puntos porcentuales pueden tener consecuencias negativas. Un aumento de energía de apisonamiento necesitará un reajuste de la proporción de agua óptima (ver gráfica 3).

Un aumento del apisonamiento tendrá siempre un efecto benéfico sobre el producto. La cifra más razonable se sitúa sin embargo, alrededor de los 20 kg/cm².

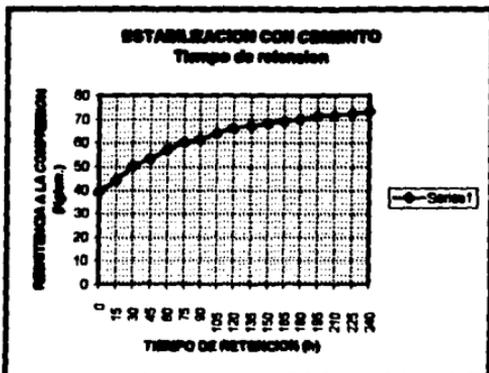
Se obtienen bloques muy confiables si se compacta a una presión de 40 kg/cm². Al aplicar una presión mayor, la operación puede ser alterada económicamente. Un obrero cansado con pisón de mano o una prensa manual, puede aplicar una presión de 10 kg/cm² considerando dicha presión, como satisfactoria o aceptable.

LA TEMPERATURA AMBIENTE

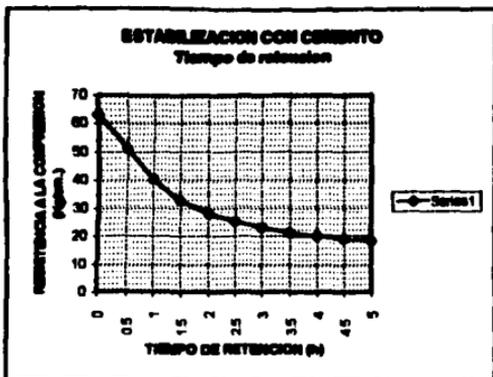
La influencia de las altas temperaturas, sobre todo en el período de endurecimiento, es muy benéfica para los bloques comprimidos estabilizados con cemento. La calidad puede incrementarse con temperaturas ambiente entre 15 y 40° C. No obstante, se debe de evitar la evaporación muy rápida del agua, ya que la evaporación rápida de la misma impediría la cristalización correcta del cemento (ver gráfica 4).

LA CALIDAD DEL SECADO

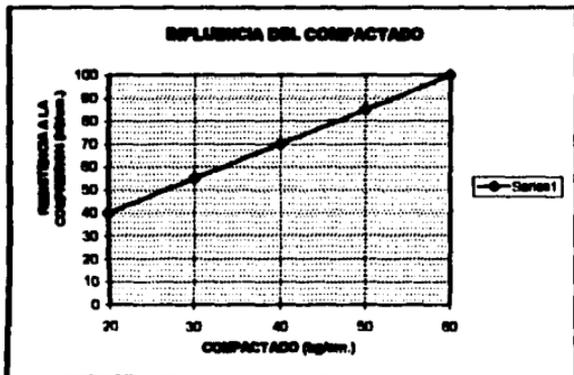
Al llevar a cabo un secado corecto, los bloques comprimidos con cemento, pueden duplicar su calidad con inversiones adicionales despreciables (Por ejemplo, el empleo de plásticos para cubrir las mezclas). Otro aspecto que se puede lograr cuidando el secado, es la obtención de un determinado nivel de calidad del producto mediante la proporción menor en la cantidad de cemento (ver gráfica 5).



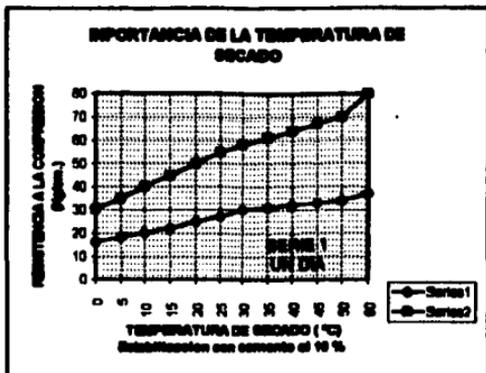
GRAFICA 1



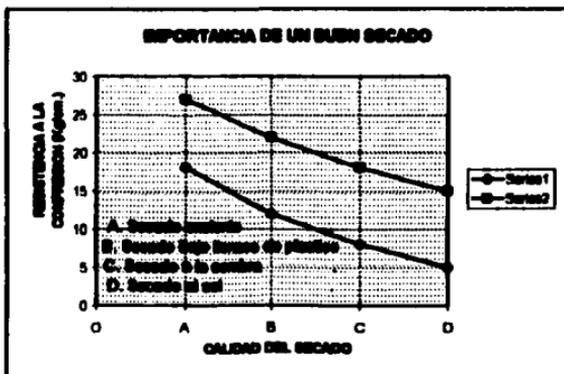
GRAFICA 2



GRAFICA 3



GRAFICA 4



GRAFICA 5

PROCESO CONSTRUCTIVO

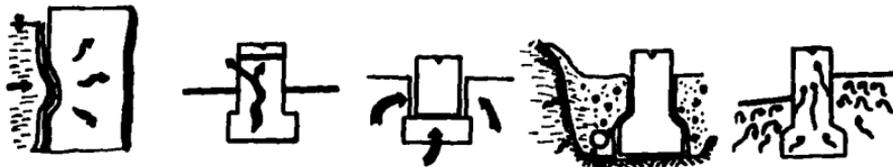
Independientemente del material de tierra sin cocer empleado, el proceso constructivo será similar al que se lleva a cabo con material convencional, teniendo solamente algunas variantes importantes que deben tomarse en cuenta para proyectar la obra. La finalidad principal de dichas variantes son la protección de la obra.

PRINCIPIOS GENERALES DE PROTECCION.

Las construcciones elaboradas con tierra sin cocer, en relación con los otros tipos de construcción, se vuelven incómodas y mal sanas cuando están expuestas al agua, y además, están propensas a ser inservibles por una degradación violenta y rápida (erosión y descomposición). Lo alarmante no es precisamente el agua, sino el remojo de la tierra por el agua. Para que las diferentes partes de un edificio sean dañadas, se pueden presentar tres condiciones:

- 1.- Presencia de agua en la superficie del edificio.
- 2.- Presencia de una abertura en la superficie para dejar que el agua se introduzca. La abertura se puede manifestar por medio de una hendidura, un canal capilar, una microhendidura, e inclusive la presencia de una ventana, una puerta, una chimenea, etc. pueden provocar la introducción de agua.
- 3.- La presencia de una fuerza que ayude al agua a penetrar en la abertura (presión por gravedad o presencia de capilaridad).

Las anteriores condiciones son simples y evidentes, pero constituyen una base para hacer reflexión de la exclusión efectiva del agua con un método sistemático eficaz.



(figura "23") Distintos casos de filtraciones de agua en los muros

También es claro que si se evitan las tres condiciones anteriores, el agua no podrá penetrar en el edificio. Al eliminar estas tres condiciones en toda la superficie del edificio se garantiza una situación sana y sin peligro y una vida útil mayor. La solución no está en solo impermeabilizar todo el edificio. La tierra necesita "respirar", es permeable a los vapores de agua y a los gases, los cuales en cantidades controladas deben fluir libremente a través de los materiales sin problema alguno. Es por ello que las diferentes partes del edificio debe diseñarse con mucho cuidado, así como las diversas estrategias para evitar las acciones nefastas del agua.

La alternativa más delicada y más difícil de llevar a cabo es la eliminación de las aberturas.

La eliminación de la acción de las fuerzas es es mas sencillo llevarla a cabo y, es empleado frecuentemente con un resultado positivo, sin embargo, la estrategia más eficaz consiste en alejar el agua de las partes más sensibles del edificio.

La tierra, aún cuando esta estabilizada y sometida a otro tratamiento, sigue siendo un material capilar, es decir, es propicio al paso del agua. El material empleado, al estar en contacto con el agua, pierde sus propiedades y sus características se deterioran.

La ubicación de la edificación debe planearse de manera que el punto principal sea evitar el contacto con el agua, por lo tanto, el terreno debe ser eficazmente drenado en sus cimientos, con la finalidad de evitar que el agua suba por los muros (ver figura "24").

Se reducirán las infiltraciones si se desplanta la construcción un poco elevada, favoreciendo así al máximo la evacuación de agua que podría ser continua en el terreno y ocasionar su penetración en la construcción (ver foto 8).

Una sugerencia para evitar que el agua se infiltre en el muro sería el de agregar en el desplante del cimiento, una capa de material granular para interrumpir o evitar que se presente el fenómeno de capilaridad y una vez construido el cimiento agregar una capa de impermeabilizante que subyace al muro.

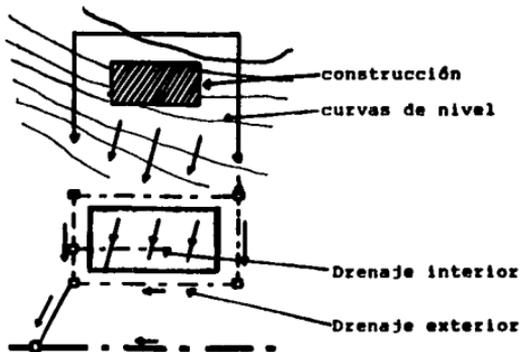
DRENAJE

Un estudio previo de las condiciones hidrogeológicas del terreno donde se pretende edificar, son necesarias para proyectar un buen sistema de drenaje, el cual estará en función de las condiciones obtenidas (ver figura "24").

FALLA DE ORIGEN



(foto B) Construcción de adobe. La altura del basamento es una medida de protección contra la infiltración. Nótese la losa aprovechada como dintel en algunas ventanas. Tlayacapan Morelos.



(figura "24") Alternativa de solución en el drenaje de una construcción en una zona susceptible a escurrimientos por su topografía.

INFILTRACIONES Y SALPICADURAS EN LOS BASAMENTOS

Los escurrimientos y las salpicaduras que se presentan en las precipitaciones pluviales pueden provocar infiltraciones en la estructura, esto puede ser controlado mediante un tratamiento apropiado de los exteriores de las construcciones mediante elementos tales como: pendientes, atarjeas, revestimientos, adoquines, etc., que además favorecerán la evaporación del agua eventualmente contenida en el suelo. El escurrimiento de agua que se presenta por la lluvia, el agua que escurre del tejado y las salpicaduras que se presentan por el paso de los vehículos o por la intensidad de la lluvia tienen, al igual que el aguacero, una acción erosiva peligrosa en la base de los muros, esta erosión se acentúa con la presencia de sales.

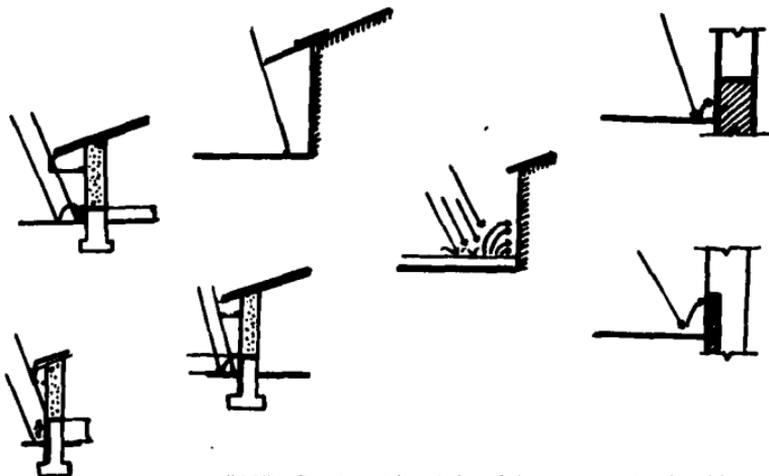
Los muros de tierra deben estar protegidos en su base por un zoclo o rodapié que deberá hacerlos insensibles a la acción del agua, es recomendable incrementar la altura del cimiento o mampuesto de roca (foto 8). Su altura sobre el nivel del piso dependerá de las condiciones climáticas del lugar, es muy importante tener presente este punto, ya que en función de las condiciones climáticas se va a proteger la estructura de manera funcional. La determinación de los vientos dominantes, las direcciones de las lluvias intensas o aguaceros, son algunas condiciones climáticas que deben tomarse en cuenta, además de la topografía, orientación de las construcciones, dimensiones de los aleros, diseño de conductos de aguas pluviales, disposición de los pavimentos en la proximidad de la edificación, etc.

ALTURA DEL BASAMENTO

Para el diseño de los valores mínimos sobre el nivel terreno, los siguientes valores que se presentan obedecen a criterios de la intensidad de precipitación, estos valores no representan reglas o normas de diseño, son producto de la experiencia misma, y espero formen parte o complemento del criterio propio.

- Región seca (450 mm de lluvia/año) en donde el techo tiene grandes aleros y las condiciones hidrológicas son escasas: basamento de 0.25 m de altura mínima.
- Pluviosidad normal: Basamento de 0.35 m metros de altura mínima.
- Región lluviosa con aleros estrechos: basamento de 0.55 m. de altura mínima.

Se debe tomar en cuenta la dirección de los aguaceros. Las habitaciones que presentan alto riesgo de humedad, tales como establos, lavanderías, sanitarios, baños, cocinas, etc. requieren un tratamiento cuidadoso (figura "25").



(figura "25") Protección del adobe adobe de la lluvia y de salpicaduras de lluvia, considerando aleros y alturas de basamento.

COMPORTAMIENTO MECANICO DE LOS MUROS

El material de tierra sin cocer presenta poca resistencia a la tracción y por lo tanto requiere un riguroso análisis de la estructura, ello con la finalidad de obtener una buena repartición de cargas. Las condiciones de carga que se deben evitar son las siguientes:

1. Las cargas exéntricas, generadoras de tracciones.
2. Las flexiones (particularmente prever los riegos de flambéo y contraventeo)
3. La generación de cargas concentradas o la existencia de cargas considerables en puntos débiles.

Además de lo anterior se debe prestar atención particular a:

- Los puntos de unión de muros con elementos horizontales, viguetas y vigas, dinteles y empotramientos.
- A la estabilidad de los elementos al tomar las cargas inclinadas: apoyos de arcos y bóvedas, contrafuertes, etc.
- Al diseño de juntas constructivas y cadenas de refuerzo.

Con la finalidad de reforzar los puntos débiles de los muros de tierra se han empleado diversas soluciones, las siguientes son algunas de ellas:

- 1.- Refuerzos de los ángulos de muros con tabiques recocidos o piedra.
- 2.- Junteados sucesivos de mortero de cal y arena.
- 3.- Colocación de chaflanes en los ángulos del encofrado para disminuir los riesgos de ruptura de las aristas (este punto es recomendable en el colado de tapias).
- 4.- Protección mediante aplanados y revestimientos.

VANOS

El sostén en los claros de los huecos que sirven de puerta o ventana toma una importancia considerable en las construcciones de tierra sincocer. Es visible que, las bajadas de cargas transmitidas por los dinteles pueden agrietar las jambas de los vanos. Para evitar este problema es recomendable reforzar el dintel y prolongarlo, ello con la finalidad de dar a la bajada de carga una mejor repartición de esfuerzos; lo cual permite evitar las grietas que se producen en esta zona (jambas). Este refuerzo puede ser obtenido fácilmente por una viga de madera, una cadena de concreto armado o un arco de tabique. En ocasiones el dintel corresponde a la losa o techo de la edificación (foto B y 9), contrarrestando de igual modo el problema.

ABERTURAS

Es conveniente poner especial cuidado a los problemas de los escurrimientos de agua en relación a los repisones de las ventanas, que son un punto muy importante de infiltraciones. Su evacuación debe ser atendida con especial cuidado, dado que las infiltraciones de agua en estos puntos son causa de degradaciones considerables.

CRITERIOS DIMENSIONALES

Los siguientes criterios dimensionales son producto de diversas investigaciones de campo y casas tipo, los resultados se concluyen en los siguientes valores, señalando que dichos valores son solamente indicativos y las alternativas de solución son ilimitables, es decir, pueden presentarse más criterios:

La longitud de los vanos de un muro no debe ser mayor a 1/3 del largo total del mismo muro y deben estar uniformemente repartidos, las siguientes condiciones son propias de esta uniformidad:

- 1.- La distancia mínima entre un vano y el extremo del muro es de 1 metro. En caso de presentarse dos o más vanos, la distancia mínima entre estos debe ser mayor de 0.65 metros.
- 2.- La proporción de las ventanas se rige por el tipo de refuerzo empleado en el dintel, así como el de las jambas.

En la fachadas clásicas predomina la superficie de muros sobre la de los vanos. La longitud acumulada de los vanos no debe exeder el 35% de la longitud del muro.

FALLA DE ORIGEN



(foto 9) Cadena de refuerzo perimetral, aprovechada tambien como dintel de las ventanas. Tlayacapan Morelos

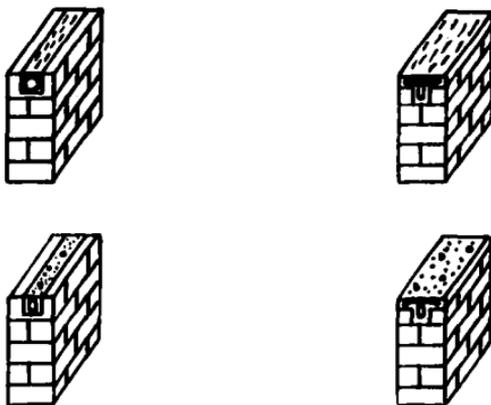
CADENAS DE REFUERZO

Aun cuando es posible no implementar cadenas de refuerzo, teniendo una estructura monolítica, es recomendable el aditamento de las mismas para garantizar resistencia y estabilidad en el muro.

Para los muros de adobe, se puede realizar el vaciado necesario para el alojamiento de la cadena de refuerzo utilizando el mismo adobe en forma vertical. Para asegurarse que queden bien acomodados durante el colado se puede reforzar con unos tabloncillos de madera (ver figura "26").

La cadena de refuerzo puede colarse en forma de "T". Se puede igualmente considerar que la cadena de refuerzo no requiere necesariamente colarse en el centro del muro, sino en la parte interior o exterior del mismo, sin embargo, se debe poner cuidado especial en las cargas que se van a distribuir a lo largo del elemento (ver figura "26").

En un tapial, esos elementos están compuestos por una capa de tierra con mayor grado de estabilización, colocada con un mortero de cemento.



(figura "26") Cadenas de cerramiento.

TECHUMBRES

La construcción de tierra necesita una buena protección en la base y en el techo; ya se han mencionado recomendaciones para la protección en la base, para la construcción de tierra, los techados pueden ser "clásicos" no empleando tierra, o pueden recurrir parcial o totalmente a ella.

Si es posible posteriormente tener un adecuado mantenimiento, una capa de arcilla de varias decenas de centímetros se podría exponer al desgaste y a la intemperie. Si por el contrario, el mantenimiento no es posible, se deberá recurrir a protecciones eficaces que sin embargo deben permitir el paso del vapor de agua a través del tejado.

Techumbres planas

Aún se experimenta con los techados de concreto de tierra armada. Las techumbres con una estructura portante trabajando a la tracción, ya sea madera, acero o concreto, y un relleno y/o recubrimiento de tierra son más comunes (ver figura "27"). Es el caso de las bovedillas en adobe de tierra con paja. Estos techos soportan fácilmente cargas de 200 a 250 kg/m².

El problema que se presenta en las techumbres es el escurrimiento del agua.

Techumbres inclinadas

En el caso de que la estructura portante sea simplemente cubierta con tierra, se presentarán los mismos problemas de protección para los techos planos.

Investigaciones llevadas a cabo en Francia y Brasil han conducido a la fabricación de tejas de tierras estabilizadas, no obstante, el producto es todavía experimental.



(figura "27") Elementos de una techumbre plana

BOVEDAS

Las bóvedas de tierra son bóvedas de forma catenaria, construidas sin encofrados, con adobes o también con bloques comprimidos (ver figura "28").

Se han construido bóvedas utilizando el sistema de tapial y han tenido éxito. En este caso se recurre al empleo de encofrados bastante pesados. Si la estabilidad de los muros laterales es garantizada, las bóvedas se comportan bastante bien en presencia de sismos. Sin embargo, es recomendable diseñarlas lo más corto posible (máximo dos veces el ancho) y terminarias en forma de cúpula.

DOMOS

Bajo los mismos principios de la construcción de las bóvedas se pueden construir los domos, sin encofrados, aprovechando al máximo la cohesión del mortero de tierra. Los adobes y los bloques comprimidos han sido empleados con éxito sobre domos y han alcanzado un diámetro hasta de 7 metros.

La estructura es muy resistente a los sismos, igual que las bóvedas, si se garantiza la estabilidad de los muros portantes. En Cameroun, África, domos monolíticos son construidos con la técnica de colado directo.



(figura "28") Construcción típica de una bóveda de cañón

PROTECCIONES DEL MATERIAL DE TIERRA Y RECUBRIMIENTOS

Relativamente el material de tierra es frágil y delicado, y además se encuentra expuesto a todo tipo de inclemencias del tiempo, por lo tanto, la necesidad de protección a base de recubrimiento es necesaria, sin embargo, hay que saber las reglas de protección a base de recubrimiento, una impermeabilización completa no soluciona el problema de protección, ya que esto provoca sudor, lo que llega a reventar los recubrimientos.

Para proteger el material de tierra, se proponen dos soluciones:

- 1.- Un buen diseño que permita evitar todo tipo de revestimiento, ya que es el diseño el que protege a los muros de la intemperie.
- 2.- Una protección a base de una impregnación ligera de recubrimiento.

Es importante tomar algunas consideraciones antes de recubrir y es importante saber cuando hacerlo.

Jamás se debe recubrir un muro de tierra antes de:

- Que la contracción del secado no sea estable.
- Que el asentamiento del muro no se haya realizado.
- Que el agua y el vapor de secado no haya salido o llegado a un nivel suficientemente bajo.

Recomendaciones de recubrimientos

Al emplear recubrimientos a base de morteros y de aglutinantes minerales se requieren varias capas, donde la primera es la que asegura la adherencia del recubrimiento. La aplicación de éste tipo de recubrimiento debe ser de manera cuidadosa. Si la proporción de agua de ésta es muy baja, la elevada capilaridad del muro pone en peligro el endurecimiento de la mezcla y por tanto, su adherencia será deficiente.

Una proporción de agua muy elevada en la capa de soporte constituye una barrera a la penetración del aglutinante y la adherencia es igualmente deficiente. Para evitar lo anterior se requiere: una buena manejabilidad de la mezcla, únicamente dosificada con algún aglutinante de gran fineza sin constituyentes secundarios inertes y, una aplicación en capa delgada.

Recubrimientos de mortero con cemento

El empleo de éste tipo de recubrimiento es poco recomendable, a pesar de ser muy rígido proporciona una adherencia defectuosa, en especial sobre un soporte poco resistente como la tierra.

Podría incorporarse una malla de alambre, reduciendo la fisura pero sin que realmente mejore su adherencia.

Morteros de cal y cemento

El amasado en seco debe realizarse con cuidado, tratando que quede lo mejor homogénea posible, en esas condiciones se recomienda más bien el empleo de cal pura.

Morteros de cal y de yeso

Compuestos esencialmente de yeso grueso, de cal, grasa y de arena, son la base de los yesos especiales para exterior. La presencia de la cal actúa como plastificante y retardante mejorando la resistencia del yeso con la humedad.

Recubrimientos de yeso

Se debe tener especial cuidado con este tipo de recubrimiento, ya que la aplicación en forma directa sobre la tierra provocará grietas. Para ello se requiere previamente una capa de cal o de cemento.

IMPERMEABILIZANTES

Los impermeabilizantes elaborados a base de resinas en solución orgánica o en dispersión acuosa, aplicables con brocha u otro elemento, tienen una eficacia no asegurable. Bajo su forma transparente, su continuidad no se asegura, y al no garantizar la permeabilidad al vapor de agua su empleo se vuelve muy aleatorio. No es aconsejable la aplicación de impermeabilizantes.

PINTURAS

Se aplican como un complemento a los recubrimientos a base de morteros y pueden ser aplicados directamente sobre la tierra.

Pinturas de agua

Este recubrimiento puede ser utilizado directamente sobre la tierra, en interiores y en exteriores.

Las pinturas "respirantes" son comparables a las de base de agua y pueden ser utilizadas.

Las pinturas impermeables constituyen una trampa para la humedad y su aplicación debe ser estudiada.

RECOMENDACIONES SOBRE EFECTOS SISMICOS

Las características que presenta una casa de adobe son las siguientes:

- Una apreciable altura en los muros
- Una longitud apreciable en los muros
- La escasa restricción que el techo proporciona a los extremos superiores de los muros.

Todo ello hace que el comportamiento esté regido por la flexión de los muros en dirección normal a su plano.

MODOS DE FALLA

La presencia de momentos flexionantes críticos en las esquinas superiores de los muros en un sismo, provocan grietas que prosiguen hacia abajo, de manera que el muro frontal comienza a vibrar como un voladizo, ocurriendo el volteamiento cuando la altura agrietada del muro es suficiente para que la resultante de fuerzas caiga fuera de la sección del muro. El volteamiento ocurre casi siempre hacia afuera. Este modo de falla es el que se ha observado con mayor frecuencia en presencia de los sismos (figura "29").

La falla por cortante suele ocurrir a través de grietas diagonales. Este modo de falla es propiciado frecuentemente por la existencia de aberturas considerables en los muros (figura "29").

Otra falla que se ha notado es la que ocasiona el colapso por la caída del techo, ya sea por:

- Fallas locales en las conexiones
- Fallas locales en la madera misma por encontrarse muy deteriorada
- Por deslizamiento de los elementos del techo sobre los muros a los que están fijados.

Otra falla parcial que se presenta, es la caída de tejas por efecto de las aceleraciones verticales y horizontales del sismo, cayendo estas a veces dentro de la misma vivienda.



RECOMENDACIONES DE REFUERZO

La colocación de un elemento perimetral en el extremo superior de los muros proporcionará continuidad entre los muros transversales, aumentando así, la resistencia a la flexión, proporcionando rigidez a la estructura y una mejor liga con el techo (ver foto 9).

Para un mejor comportamiento es recomendable colocar elementos de concreto verticales en las esquinas y en las aberturas, los cuales junto con la viga-cadena, forman marcos que confinan el adobe. Debido a las dimensiones de los muros, estos elementos de concreto resultan muy robustos y hacen de esta solución, una solución complicada y costosa.

La colocación de un recubrimiento de mortero de cemento sobre una malla de acero de refuerzo fijada cuidadosamente al muro por ambas caras, formará un elemento compuesto de adobe y concreto reforzado, logrando así, rigidización y liga de muros.

La reducción del peso del techo a través del empleo de materiales ligeros, la reducción de los muros dentro de los límites de habitabilidad de la vivienda y la adición de contrafuertes o muros intermedios que rigidicen la construcción, son soluciones que mejoran drásticamente la resistencia.

ASPECTO ECONOMICO

La tierra no se puede calificar a simple vista o por simple opinión como un material barato; comparado con los demás materiales de construcción, el costo del empleo de la tierra debe ser verificado con un análisis donde se determine la viabilidad del mismo, debiendo también, por lo tanto, comparar el precio del empleo de otros materiales.

Estudiando la influencia del tipo de organización por el cual los materiales son puestos en obra, se puede ver que existen grandes variaciones económicas entre los precios de las empresas comerciales y la autoconstrucción. En ocasiones dichas diferencias son más grandes que aquellas dadas a los mismos materiales.

En otras palabras, el costo de un muro, construido por una empresa, varía muy poco en función del material escogido, es decir, el muro de tierra costará casi lo mismo. En cambio, si se construye un muro por administración o autoconstrucción asistida, se puede llegar al 50% del precio de costo de las grandes empresas.

Desde otro punto de vista, el costo del ladrillo en un muro representa de un 7% a un 10% del costo total de la construcción de calidad media, de no ser que se recurra a métodos de construcción donde el ladrillo haga un papel muy importante.

Si se reemplaza ese ladrillo por un material que cueste un 50% más barato (por ejemplo), no se reducirá el costo total de la construcción más que de un 3% a un 5%.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

FALLA DE ORIGEN

IV PROPIEDADES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES DE TIERRA SIN COCER (3,5)

En principio se definieron las propiedades de la tierra que formaría el material propio para construir. Esta tierra pasa por un proceso de elaboración, el cual fué detallado en el capítulo anterior; una vez obtenido el material (adobe, bloque y tapial), se procede a una serie de pasos para obtener el producto final, una construcción con tierra sin cocer.

Las propiedades que presenta cada material se manifiestan en las características físicas e higrotérmicas de el mismo.

Las características físicas que se presentan, son el producto de diversas investigaciones y pruebas de laboratorio que se han llevado a cabo ultimamente, varias de estas pruebas se han realizado en el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M.

Los materiales que más atención han tenido en las investigaciones son el adobe, el bloque comprimido y el tapial, y aunque el tequesal y el bajarenque merecieran atención igual el estudio de los primeros es similar al de los materiales convencionales, y el empleo de los segundos es practicamente en las comunidades indígenas y rurales del país.

Tanto los materiales como el producto final, tienen ciertas propiedades, propiedades que hacen, de este material, un producto eficaz, teniendo como principales puntos a favor, la confortabilidad y la economía generalmente; recordando que la economía de la obra se obtiene siempre y cuando el proceso de construcción se lleve a cabo con una organización de autoconstrucción, la obtención del material (adobe y bloque comprimido principalmente) por medio de fabricas y la dirección de mano profesional, acrecenta el costo de manera considerable.

El empleo de tierra sin cocer ofrece grandes ventajas en la construcción, no obstante, se presentan algunos inconvenientes, dichos inconvenientes se pueden atenuar con algunas recomendaciones que en el proceso de construcción deben tomarse en cuenta y que serán mencionados tambien en el presente capítulo.

IV.1 CARACTERISTICAS FISICAS

Se han llevado a cabo numerosas investigaciones en el mundo acerca del empleo de tierra sin cocer para la construcción, estas investigaciones nos permiten calcular con una precisión relativa las características del material de tierra. No obstante, la publicación de la información acerca de dichas investigaciones son pocas y, por consiguiente, si pretendemos encontrar normas oficiales que rigán especificaciones para el empleo de este material, notaremos que son ausentes.

Si enfrentamos nuestro material, ante los organismos oficiales encargados de normalizar las características de los materiales de construcción, notaremos que la tierra cruda no resiste ninguna de sus pruebas estandarizadas, pero fuera de su laboratorio en condiciones reales, se puede comprobar que resiste perturbaciones atmosféricas severas durante siglos.

Las diferentes características que presentan los materiales elaborados con tierra sin cocer, se expresarán en diferentes cuadros que resumen el resultado de las diferentes pruebas que se han llevado a cabo.

Cada cuadro presentará las diferentes características físicas relacionadas con su estabilidad, permeabilidad, confort térmico, acústica y varios.

Con respecto a las diferentes notaciones que aparecen en los cuadros tenemos lo siguiente:

Las características han sido subdivididas en diferentes clases, A, B, C, D, donde se denota la calidad del material, el cual tiene un valor decreciente respectivamente, donde:

A	Exelente	C	Regular
B	Bueno	D	Bajo

Tambien es necesario clasificar los diferentes materiales de acuerdo a sus características de elaboración, para ello clasificamos con números las variantes de cada tipo de material.

BLOQUES COMPRIMIDOS

- 1) Bloques llenos no estabilizados comprimidos a 2MN/m²
- 2) Bloques llenos estabilizados a 8% de cemento, comprimidos a 2 - 4 MN/m²
- 3) Bloques llenos de laterita (especie de arcilla rojiza) estabilizados con 12 a 19% de cal, comprimidos a 30 MN/m² y estufados a 95 hrs bajo presión y 90°C.

ADOBES

- 4) Adobe no estabilizado
- 5) Adobe estabilizado a 5 - 8% de emulsión de asfalto

TAPIAL

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

Las siguientes literales expresan:

- S = Símbolo
- U = Unidades

ESTABILIDAD	S	U	A	B	C	D
Resistencia a la compresión Seco a los 28 días 40 % después de 1 año 50 % después de 2 años	t28	MN/a ^o	>12	5 12	2 5	2
Resistencia a la compresión Húmedo a los 28 días 24 en el agua	th28	MN/a ^o	>2	1 2	0.5 1	0 0.5
Resistencia a la tracción Seco a los 28 días Ensayos Brasileños	t28	MN/a ^o	>2	1 2	0.5 1	0 0.5
Resistencia a la tracción Seco a los 28 días	t28	MN/a ^o	>2	1 2	0.5 1	0 0.5
Resistencia a la flexión Seco a los 28 días	t28	en/a ^o	>2	1 2	0.5 1	0.5
Resistencia a la cizalladura Seco a los 28 días	t28	MN/a ^o	>2	1 2	0.5 1	0.5
Coefficiente de poisson	u		0 0.15	0.15 0.35	0.35 0.50	>0.5
Módulo de Young	E	MN/a ^o		700 7000		
Masa volumétrica aparente	P	kg/a ^o	>2200	1700 2200	1200 1700	(1200)
Expansión Inmersión hasta saturación		en/a ^o	0 0.5	0.5 1	1 2	>2
Contracción Secado artificial hasta estabilización		en/a ^o	0 1	1 2	2 5	>5
Contracción de secado		en/a ^o	>02	02 1	1 2	0
Resistencia al impacto de un cuerpo blando altura de la caída de saco de arena de 27 kg	a		>3	2 3	1 2	>1
Resistencia al aplastamiento con carga excéntrica vertical	R		>0.50	0.40 0.50	0.30 0.40	0.20 0.30
Resistencia a la flexión Presión horizontal uniforme		MPa	5.10 ^o 6.10 ^o	4.10 ^o 5.10 ^o		
Resistencia a un empuje horizontal localizado Presión por un disco de 2,5cm. de diámetro-muros b= 2,50m, L= 1,20m, h= 30 cm		N	> 4500			
Coefficiente de dilatación térmica		en/a ^o	(0.01	0.010- 0.015		

BLOQUES COMPRIMIDOS

ADOBE

TALPIA

ESTABILIDAD	CRU 1	EST 2	EST 3	CRU 4	EST 5	CRU 6	EST 7
Resistencia a la compresión Seco a los 28 días 40 % después de 1 año 50 % después de 2 años	D	C	A	D	C	D	C
Resistencia a la compresión Húmedo a los 28 días 24 en el agua	D	A	A	D		D	A
Resistencia a la tracción Seco a los 28 días Ensayos Brasileños		B					B
Resistencia a la tracción Seco a los 28 días	C					C	
Resistencia a la flexión Seco a los 28 días	C					C	
Resistencia a la cizalladura Seco a los 28 días	D					B	
Coefficiente de poisson		B					B
Módulo de Young		B			B		B
Masa volúmetrica aparente	B	B	A	C	C	B	B
Expansión Inmersión hasta saturación							
Contracción Secado artificial hasta estabilización							
Contracción de secado	B			B	B	C	C
Resistencia al impacto de un cuerpo blando y altura de la caída de un saco de arena de 27 Kg.		B		B	C	B	C
Resistencia al aplastamiento con carga excéntrica vertical		A	A	B	D	C	A
Resistencia a la flexión Presión horizontal uniforme		A		D	C	D	A
Resistencia a un empuje horizontal localizado Presión por un disco de 2,5cm. de diámetro-muros b= 2,50m, L= 1,20m, h= 30 cm		A		A	A	A	A
Coefficiente de dilatación térmica							B

C L A S E S

PERMEABILIDAD	S	U	A	B	C	D
Permeabilidad		g/seg		1x10		
Absorción de agua por las juntas Debe ser inferior a 15% según las normas francesas		% peso	0 5	5 10	10 20	<20
Absorción total		kg/m ³	0 7.5	5 10	10 20	>20
Susceptibilidad al hielo			no	poco	sensible	muy sensible
Susceptibilidad a las eflorescencias			muy poco	poco	sensible	muy sensible
Durabilidad bajo exposición a la intemperie, sin protección			excelente	bueno	media	débil

9

BLOQUES COMPRIMIDOS ABOBE TALPIA

PERMEABILIDAD	CRU 1	EST 2	EST 3	CRU 4	EST 5	CRU 6	EST 7
Permeabilidad		B					B
Absorción de agua por las juntas Debe ser inferior a 15% según las normas francesas					A		
Absorción total		C	A				C
Susceptibilidad al hielo	B	B	A	B	B	C	B
Susceptibilidad a las eflorescencias	B	B	A			B	B
Durabilidad bajo exposición a la intemperie, sin protección	B	B	A	B	B	C	A

IV.2 CARACTERISTICAS TERMICAS EN RELACION CON LA HUMEDAD

Antes de abordar el presente tema se definirán los siguientes conceptos:

- **Conducción:** Es la transportación de calor por medio de colisiones entre moléculas de rápido movimiento al extremo caliente de un cuerpo de materia y entre las moléculas lentas, al extremo frío. Parte de la energía cinética de las moléculas rápidas pasa a las moléculas lentas y el resultado de las colisiones sucesivas es un flujo de calor a través del cuerpo.

- **Termia (th):** Es la cantidad de calor necesaria para elevar en 1°C la temperatura de una tonelada de agua tomada a 14.5°C bajo la presión atmosférica normal.

CONDUCTIVIDAD

Las variaciones de la conductividad en relación con la humedad son muy importantes y equivalen al 12% para el 1% de variación en la humedad en volúmen.

Teniendo así que, para un material totalmente seco, podría reducirse esta conductividad en un 40% y para un material que alcanzara una tasa de humedad del 12% sería aumentada al 60% aproximadamente. La humedad de la tierra, dependiendo de la temperatura, y principalmente de la humedad relativa, puede variar de 1.5% en verano y 7% en invierno. Estas condiciones son ecuentuadas según la higroscopicidad del material y la de sus recubrimientos.

ALMACENAJE TERMICO

En relación a las capacidades de almacenaje térmico, la capacidad calorífica varía de 0.2 Kcal/kg para la mayor parte de los muros de adobe y 0.18 Kcal/kg para los bloques comprimidos de tierra estabilizada o muros colados in situ.

La aptitud del almacenaje térmico es aumentada por:

- Una fuerte capacidad calorífica.
- Un fuerte conductividad.
- La posibilidad de absorción y de reabsorción de humedad.

La aptitud al aislamiento es aumentada por:

- Una débil conductividad.
- Una débil absorción de agua externa.
- En algunas configuraciones, por la migración y la condensación de la humedad interna.

Desde el punto de vista de conducción, la tierra se comporta de manera similar a la de otros materiales similares, no obstante, si se trabaja de una manera adecuada, puede obtenerse en las construcciones un gran confort y habitabilidad.

En zonas en donde el régimen térmico es variable, las migraciones de vapor de agua y los cambios de fase presentados, modifican profundamente las condiciones térmicas. Estos fenómenos tienen como primer efecto, aumentar la inercia de los muros de tierra capaces de absorber la humedad en proporciones importantes (ver gráficas 6 y 7).

El proceso alterno de evaporación y condensación puede reducir las necesidades de calefacción en las regiones de clima riguroso.

C L A S E S

COMFORT TERMICO	S	U	A	B	C	D
Calor específico	C	Kj/Kg	1.00 0.85	0.85	0.65 0.85	
Coefficiente de conducción Depende de la densidad aparente		$\frac{W}{m^2 \cdot C}$	0.23 0.46	0.46 0.81	0.81 0.93	0.93 1.04
Coefficiente de amortiguación Nuro de 40 ca	a	Z	<5	5 10	10 30	>30
Coefficiente de diferencia de horario Nuro de 40 ca.	d	h	>12	10 12	5 10	<5

BLOQUES COMPRIMIDOS

ADORE

TALPIA

COMFORT TERMICO	CRU 1	EST 2	EST 3	CRU 4	EST 5	CRU 6	EST 7
Calor específico	D	C		D	D	D	C
Coefficiente de conducción Depende de la densidad aparente	C	C	D	D	D	C	C
Coefficiente de amortiguación Nuro de 40 ca	D	D	D			D	D
Coefficiente de diferencia de horario Nuro de 40 ca.	D	D	D			D	D

C L A S E S

ACUSTICA	S	U	A	B	C	D
Coefficiente de debilitación acústica Muro de 40 cm a 500 Hz		db	160	50	40	30
Coefficiente de debilitación acústica Muro de 20 cm a 500 Hz		db		60	50	40

BLOQUES COMPRIMIDOS

ABOBE

TALPIA

ACUSTICA	CRU 1	EST 2	EST 3	CRU 4	EST 5	CRU 6	EST 7
Coefficiente de debilitación acústica Muro de 40 cm a 500 Hz	B	B	B			B	B
Coefficiente de debilitación acústica Muro de 20 cm a 500 Hz	C	C	C			C	C

C L A S E S

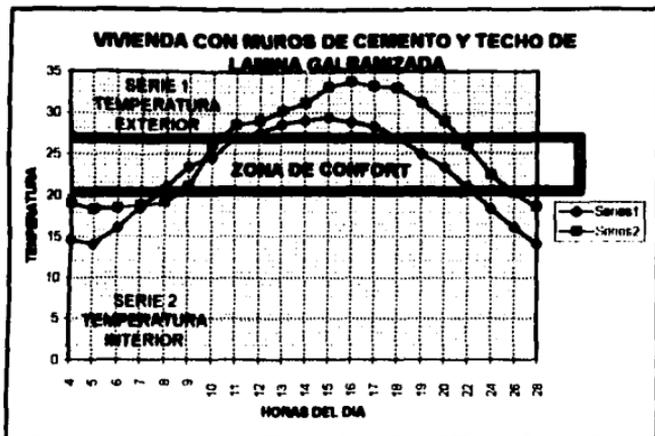
VARIOS	S	U	A	B	C	D
Compatibilidad de aplanados superpuestos Colgamiento natural sobre el muro sin medios mecánicos			excelente	buena	media	debil
Uniformidad de dimensiones			excelente	buena	media	debil

BLOQUES COMPRIMIDOS

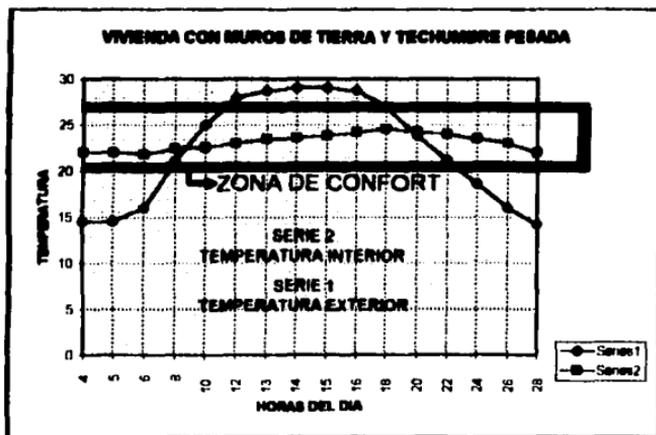
ABOBE

TALPIA

VARIOS	CRU 1	EST 2	EST 3	CRU 4	EST 5	CRU 6	EST 7
Compatibilidad de aplanados superpuestos Colgamiento natural sobre el muro sin medios mecánicos	C	C	B	C	C	B	C
Uniformidad de dimensiones	B	B	A	C	C	B	B



GRAFICA 6



GRAFICA 7

IV.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Una vez analizados los materiales elaborados con tierra sin cocer, se pueden enunciar las ventajas y desventajas que ofrece.

VENTAJAS

- 1.- Buen aislante contra el frío, calor y ruido
- 2.- Resistente al fuego
- 3.- Fácil de moldear
- 4.- Fácil de trabajar, perforar o reparar
- 5.- "Económico"

DESVENTAJAS

En su mayoría, las desventajas pueden presentarse al emplear tierra de una calidad inferior a la requerida.

- 1.- Poca resistencia al intemperismo
 - lluvia
 - viento (ver foto 10)
 - abrasión, etc.
- 2.- Empleo de métodos de estabilizantes para el mejoramiento de la tierra empleada, acrecentando el costo.
- 3.- Empleo de muchas medidas de protección en el proceso constructivo que evitan o atenúan su degradación y erosión.
- 4.- Aunque algunos autores nombran como ventaja la resistencia a los insectos, dentro de las investigaciones de campo he encontrado un insecto que es denominado "cialvivino" y que ataca a la estructura de tierra sin cocer, representando una desventaja también. Estos hacen pequeñas perforaciones que degradan el material.

FALLA DE ORIGEN



(foto 10) Efecto del intemperismo en una casa de adobe.
Totolapan Morelos.

CONCLUSIONES

Las diferentes formas que puede presentar como material de construcción la tierra sin cocer, son: Adobe, bloque comprimido y tapial principalmente; la selección de la técnica a emplear en la construcción va a depender de un estudio en el que se involucren los diferentes factores que afectan la obra, donde la finalidad de ello y de toda obra cualquiera es la funcionalidad y la seguridad, principalmente, la confortabilidad y la economía son otras modalidades que el empleo de este material nos puede dar.

Las sugerencias descritas dentro del proceso constructivo son recopilaciones de resultados de investigaciones y pueden ser tomadas a criterio del constructor, sin ser cada paso, una norma rigurosa.

Las investigaciones que se siguen llevando a cabo, acerca del empleo de éste trascendental material, pueden tal vez, modificar algunos inciertos en los resultados expuestos de las diferentes pruebas que han hecho las diferentes instituciones de investigación, sin embargo, espero que la información contenida sea siempre una base o un apoyo para aquel que pretenda emplear éste material en la construcción, o bien, para continuar su estudio.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Pedro Reverté, La industria ladrillera. Editorial Reverté, Tercera edición, Buenos Aires Argentina 1979.
- 2.- Miguel Medinaveitia J., Carlos J. Mendoza Escobedo, Estabilización de tierras para la construcción de viviendas. Facultad de Ingeniería U.N.A.M.
- 3.- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC), Tecnología de construcción con tierra sin cocer. México 1979.
- 4.- Roberto Mell, Oscar Hernández and Marciano Padilla, Strengthening Of Adobe for Sismic Actions. Publicación
- 5.- Luis Criaosto A. Recomendaciones para las construcciones de adobe en regiones sísmicas. Universidad Católica de Chile. Publicación.
- 6.- Ministerio de Vivienda y Construcción, Oficina de Investigación y Normalización, Improving Building Skills. Perú.
- 7.- Dr. Ozal Yuzully, State of the Art Panel Report on Earthquake Resistant Rural Structures.
- 8.- G. Carlos Arias Rivera, Jorge L. Meza Reyna, Comportamiento de Suelos. Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
- 9.- Ing. Carlos Crespo Villalaz, Mecánica de Suelos y Cimentaciones, Editorial Limusa. México 1995.
- 10.- Eulalio Juárez Badillo, Alfonso Rico Rodríguez, Mecánica de Suelos, Tomo I, Editorial Limusa, Tercera Edición, México D.F. 1980.

Notar Los números que aparecen entre paréntesis en los temas del contenido corresponden a la bibliografía referida.