

12
2ey



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ A R A G O N ”

**“ MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL DE
CASAS DE ADOBE ”**

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentan:

ALEJANDRO FIGUEROA VELAZQUEZ

SILVINO MORELOS TORRES

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

San Juan de Aragón, Méx. 1988.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL DE CASAS DE ADOBE

C O N T E N I D O

| | |
|--|----|
| INTRODUCCION | 1 |
| CAPITULO I. EL ADOBE EN MEXICO | 5 |
| I.1 Problema de la vivienda en México | |
| I.2 La vivienda de adobe en México | |
| I.3 Estructura típicas de casas de adobe en México | |
| CAPITULO II. COMPORTAMIENTO DE CONSTRUCCIONES DE ADOBE - EN MEXICO ANTE DIFERENTES SOLICITACIONES... | 23 |
| II.1 Acciones Permanentes | |
| II.2 Acciones Variables | |
| II.3 Acciones Accidentales | |
| CAPITULO III. ACCIONES POSIBLES PARA EL MEJORAMIENTO DEL MATERIAL | 38 |
| III.1 Proporcionamiento adecuado de bloques de adobe | |
| III.2 Métodos prácticos para seleccionar el tipo de suelo | |
| III.3 Adobe estabilizado con asfalto | |
| III.4 Adobe estabilizado con cal | |
| III.5 Adobe estabilizado con agua de nopal | |
| III.6 Adobe estabilizado con paja | |
| III.7 Adobe estabilizado con cemento | |
| III.8 Adobe estabilizado por fuego | |
| III.9 Adobe estabilizado por químicos | |
| III.10 Adobe estabilizado por azufre | |
| III.11 Métodos de fabricación de los bloques de adobe | |

- III.12 Método Manual
- III.13 Método Mecánico

CAPITULO IV. MEJORAMIENTO EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO O ESTRUCTURAL 69

- IV.1 Procedimientos tradicionales que mejoran el comportamiento estructural
- IV.2 Técnicas para la estructuración de casas nuevas
- IV.3 Técnicas para la reparación de casas existentes
- IV.4 técnicas de reparación y reforzamiento en casas de adobe

CAPITULO V. INVESTIGACIONES REALIZADAS POR EL INSTITUTO - DE INGENIERIA DE LA UNAM, SOBRE EDIFICACIONES ANTE SISMOS142

- V.1 Refuerzo por medio de viga-cadena perimetral
- V.2 Método simplificado para el análisis sísmicos de estructuras de adobe
- V.3 Revisión de la Seguridad con el Método Sobresimplificado
- V.4 Revisión por fuerza cortante
- V.5 Revisión por flexión
- V.6 Revisión por volcamiento del conjunto
- V.7 Revisión por flexión en el plano del muro
- V.8 Aplicación del método simplificado y sobresimplificado.

CAPITULO VI. DESARROLLO DEL PROYECTO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA TIPICA..... 169

VI.1 Antecedentes

VI.2 Cálculo estructural

VI.2.1 Cálculo de cimentación

VI.2.2 Revisión de los esfuerzos - probables en los muros de adobe por el método simplificado del Instituto de Ingeniería

VI.2.2.1 Revisión por Cortante

VI.2.2.2 Revisión por Flexión

VI.2.2.3 Revisión por la Seguridad con el Método Sobresimplificado

VI.2.2.4 Revisión por Flexión

VI.2.3 Cálculo de la cadena

VI.2.3.1 Revisión por flexión

VI.2.3.2 Cálculo de la fuerza cortante

VI.2.4 Cálculo del techo

VI.2.4.1 Análisis del efecto más desfavorable: carga muerta, carga muerta más carga viva, viento, carga muerta más viento

VI.2.4.2 Revisión por flecha

VII. CONCLUSIONES198

BIBLIOGRAFIA200

INTRODUCCION

El adobe es uno de los materiales más antiguos empleados por el hombre con fines de edificación. Las antiguas civilizaciones de Egipto y de Sumeria han dejado magníficos monumentos - construidos con ese material. El templo de Halsheptsut en Luxor Egipto perdura hasta nuestros días con imponentes ruinas de adobe que han resistido el embate del tiempo. Durante los trabajos de restauración del antiquísimo palacio Chel-el Sotum en Ispahan Irán, se comprobó que los muros eran de bloques de adobe provistos con un revoque de barro y paja y con un aplanado de yeso sobre el que se pintaron espléndidos dibujos y decorados en estilo árabe. El adobe se menciona en la Biblia; la torre de Babel empezó a erigirse con este material.

Los árabes llevaron el adobe a España y los españoles lo trajeron a México. En nuestro país pueden encontrarse construcciones coloniales hechas de adobe que resisten el paso de los siglos. Pero ya las civilizaciones Mesoamericanas conocían el empleo del adobe, como lo menciona Sahagún en su "Historia General de las cosas de la Nueva España".

Los mayas lo llamaban pakluum; los purépechas yuaurúcata, los náhuatl xamitl; en esas culturas los niños ayudaban a su mayor en la construcción de casas y por imitación aprendían a hacer adobes.

Entendemos por adobe un material de construcción en el que el elemento fundamental es la tierra tomada tal como se encuentra en la naturaleza. La tierra se mezcla con agua para darle cierta plasticidad y verterla en moldes para formar bloques. Los bloques se secan simplemente por su exposición al aire y al sol. De la definición anterior se desprende que la principal ventaja del adobe es económica. Resulta un material

particular en dos medios muy distintos entre sí: el primero es el constituido por antiguas ciudades pequeñas y de tamaño medio que por circunstancias diversas no han tenido un gran desarrollo económico; el segundo se refiere a pequeñas poblaciones con lazos estrechos con el medio rural. En ambos casos la razón de que el adobe siga predominando como material constructivo es la misma: la pobreza. En los medios urbanos los antiguos cascos del centro de las ciudades contienen construcciones de adobe abandonadas por sus antiguos poseedores, en muy mal estado de conservación y que sirven de alojamiento a clases marginadas. En el medio rural las construcciones de adobe son ocupadas por campesinos, jornaleros y otros habitantes con posibilidades económicas limitadas. En este último medio es más frecuente encontrar construcciones de adobe relativamente nuevas.

La vivienda es uno de los problemas torales de México. El explosivo crecimiento demográfico y el aún más explosivo proceso de urbanización que tiene el país plantean la necesidad de construir un gran número de viviendas en el futuro inmediato como se muestra con cifras más adelante en el texto de esta tesis. Si partimos del hecho de que actualmente ya se tiene un fuerte déficit de vivienda y que buena parte de la población vive hacinada en condiciones subhumanas y si añadimos las severas limitaciones que impone la crisis económica, se comprenderá que las posibilidades de resolver este problema son escasas y que las perspectivas al futuro son sombrías. Por lo que el papel de los Ingenieros Civiles es el de buscar todas las alternativas que pueden contribuir a mitigar la gravedad de las condiciones que se vislumbran.

Esta tesis tuvo como motivación fundamental la idea de que el adobe representa una alternativa posible para contribuir a la mitigación de los problemas de vivienda. Consideramos que muchas edificaciones antiguas pueden remodelarse y

muy barato por que recurre a la tierra, a la misma tierra en la que el hombre mora y de la cual se sustenta; no se requiere de otro equipo más que el de las manos del hombre y la única energía que se consume es la natural del hombre y la que proporciona el sol.

Entre otras ventajas que se pueden señalar a las construcciones de adobe podemos mencionar su larga duración, la facilidad de colocación, la flexibilidad para adaptarse a diferentes tipos de construcción, su incombustibilidad y muy especialmente su mala conductibilidad térmica.

Esta última ventaja hace del adobe un material muy adecuado para aquellas regiones de clima muy extremo. El adobe es un aislante térmico excelente que permite que en las regiones áridas en donde se tienen extremos de calor en el día y extremos de frío en la noche, las casas de adobe se mantengan frescas en el día y sean confortables por su tibia nocturna. A lo largo de los años en las diferentes regiones del mundo se han desarrollado sistemas constructivos de adobe en los que se ha buscado aprovechar al máximo sus características de aislante térmico. De esta manera, en las regiones semidesérticas del norte de México y del suroeste de los Estados Unidos podemos encontrar construcciones de adobe que tienen formas y dimensiones geométricas así como orientación respecto a los vientos, que no obedecen al azar sino que son fruto de reglas empíricas desarrolladas a través de generaciones con el objeto de lograr un acondicionamiento natural del ambiente dentro de ellas.

El adobe, de acuerdo a estadísticas obtenidas en los censos de población, continúa siendo un material preponderante en las casas de nuestro país. En el capítulo I se aportan algunas cifras que demuestran la veracidad de esta afirmación. Encontramos que la preponderancia del adobe se presenta en --

reconstruirse a un bajo costo para seguir dando servicio por largos años, en condiciones de seguridad y comodidad; consideramos también que muchas edificaciones nuevas pueden construirse empleando adobes y cumplir con los requisitos de seguridad, economía y funcionalidad que busca el Ingeniero.

Desafortunadamente el adobe presenta desventajas, algunas de tipo serio, que han propiciado que exista una tendencia a -- abandonarlo considerando que representa una tecnología primitiva y poco confiable. El principal defecto del adobe desde el punto de vista estructural es su prácticamente nula resistencia a la tracción, razón por la cual las construcciones -- que emplean este material suelen sufrir daños importantes por efecto de los fenómenos sísmicos. Otro problema importante es su baja resistencia a la erosión y su poca cohesión interna por lo que las casas de adobe se derrumban durante las -- inundaciones al desmoronarse sus muros, o bien son muy vulnerables a los daños del intemperismo, a los efectos nocivos del agua pluvial y a los ataques de insectos y otras plagas. Finalmente, entre los defectos del material que nos ocupa señalaremos su poca confiabilidad ya que sus características de resistencia y durabilidad son sumamente variables al no existir normas con relación al material básico empleado y al proceso constructivo. En esta tesis intentaremos presentar cómo pueden prevenirse o mitigarse los defectos señalados.

Al afirmar que el adobe es una alternativa digna de estudio para la solución de los problemas de vivienda, estamos considerando diferentes esquemas para el empleo de ese material en la construcción. Entre otros pueden señalarse los siguientes:

1. Construcción de casas de adobe nuevas
2. Rehabilitación y reforzamiento de casas existentes
3. Reparación de casas dañadas

4. Construcción de edificaciones de uso distinto al habitacional, en las que se aprovecha el adobe como un elemento para lograr la integración plástica de la identificación en el paisaje y como un medio de acondicionamiento de ambiente de bajo costo. Este último punto quizás sea el más promisorio para el desarrollo del adobe en el futuro, ya que con este material pueden abatirse sustancialmente los elevados consumos de energía que se requieren en las regiones de clima extremo para mantener a las casas frescas en el verano y cálidas en el invierno. Este último enfoque es el que se está dando actualmente al empleo del adobe en los países altamente desarrollados.

Los tres planteamientos señalados arriba en primer término, son los más indicados para su desarrollo inmediato en los países pobres en proceso de urbanización e industrialización como es el caso del nuestro. Sin embargo, es oportuno señalar que estos planteamientos tropiezan con un escollo sociológico importante: la resistencia de la población, que considera al adobe como un símbolo de pobreza, como un material primitivo de poca resistencia y durabilidad y que considera que el tener una casa con muros de ladrillo y techo de concreto reforzado forma parte del status social, al igual que poseer un automóvil de modelo reciente. Se da así el caso de familias que en poblaciones pequeñas e intermedias derriban a un alto costo construcciones antiguas de adobe con muchos valores arquitectónicos y algunas veces hasta históricos, para sustituirlas por construcciones de ladrillo y concreto, costosas y con grandes inconvenientes térmicos y muchas veces inseguras por que se edifican imitando a la edificación urbana pero sin aplicar correctamente la tecnología que esta última requiere.

Nos concretamos a señalar este problema sociológico que deberá ser vencido con los esfuerzos e ideas de especialistas de

otras disciplinas; en el cuerpo de nuestra tesis nos referiremos exclusivamente, como es natural, a los aspectos de Ingeniería Civil del adobe.

En la tesis comenzamos por describir la situación del empleo del adobe en México y el comportamiento que las construcciones de este tipo han tenido ante diferentes solicitudes, temas a los que se refieren el primero y segundo capítulo -- respectivamente. Posteriormente procedemos a presentar diferentes alternativas ingenieriles para mejorar el comportamiento de las casas de adobe y que fundamentalmente pueden dividirse en dos tipos: las primeras introducen mejoras en el material, las segundas las introducen en el sistema estructural. En el capítulo tercero se discuten opciones para mejorar el material, en el cuarto, alternativas para mejorar la estructura.

En años recientes el Gobierno Federal ha realizado diversas acciones para impulsar la construcción de viviendas de bajo costo como una forma de resolver el problema de escasez de vivienda que encara el país. Estas acciones se dirigen particularmente a ofrecer alternativas a la población marginada, sin acceso al crédito, tanto en zonas rurales como en áreas urbanas decadentes. Dentro de las acciones emprendidas se encuentran investigaciones realizadas por el Instituto de Ingeniería de la UNAM para conocer el comportamiento de edificaciones típicas de adobe, para proponer métodos simplificados de revisión de la seguridad en este tipo de vivienda así como métodos económicos de reforzamiento. Cabe señalar que contrariamente a lo que comúnmente se piensa el análisis estructural de una casa de adobe es uno de los problemas más complejos que puede afrontar el especialista en Estructuras, ya que esta edificación por sus características de distribución uniforme de masa y rigidez no puede representarse en un plano ni puede simplificarse como un esqueleto de elementos estructurales.

El análisis debe hacerse por lo tanto con técnicas sofisticadas que son las mismas que se aplican para analizar un reactor nuclear y debe verificarse con modelos físicos ensayados en mesa vibratoria. Naturalmente esta técnica no está al alcance del Ingeniero común, razón por la cual las investigaciones mencionadas tuvieron como preocupación final el desarrollo de procedimientos simples y conservadores de revisión. El capítulo quinto de esta tesis hace un resumen de las investigaciones realizadas y de los métodos simplificados obtenidos a partir de ellas. Con el objeto de que estos procedimientos simplificados queden ilustrados de una manera clara, en el capítulo sexto presentamos la aplicación de los mismos a una vivienda típica.

Para esta vivienda no hemos tomado un modelo de casa rural sino una casa de campo de un fraccionamiento de recreo en una zona campestre cercana a la Ciudad de México. Al escoger este ejemplo nuestra intención ha sido poner de manifiesto que el adobe tiene muchas posibilidades y que no debe asociarse exclusivamente con un medio rural atrasado y pobre.

En el capítulo séptimo presentamos algunas de las conclusiones que estimamos pueden obtenerse de este trabajo.

Fotografías que muestran el empleo del adobe en México.



FOTO. 1. Iglesia de San Ignacio de Caborca cerca de
Magdalena, Sonora.

Construida en 1720 empleando adobe y troncos de
mezquite.



FOTO. 2. La Ciudad de Hermosillo, capital del Estado de Sonora presenta al adobe como material predominante en las construcciones de su antiguo centro.

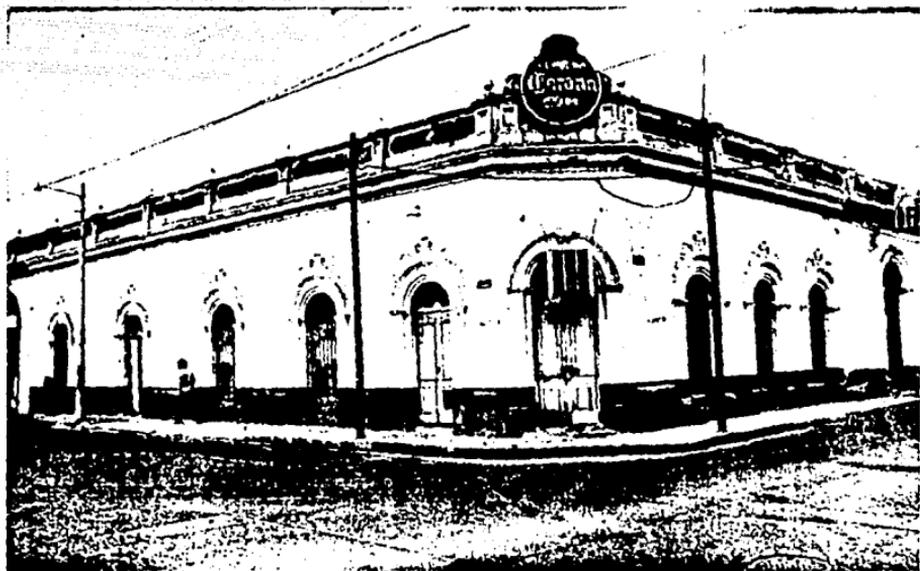


FOTO. 3. Construcción del siglo XIX en Hermosillo, Sonora
con muros de adobe hasta de 2.0 m de espesor



FOTO. 4. Casas típicas de adobe en Hermosillo, Sonora con arquitectura colonial.

CAPITULO I.**EL ADOBE EN MEXICO**

I. EL ADOBE EN MEXICO

1.1. Problema de la vivienda en México

La población de México al 30 de junio de 1986, según datos -- del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática era de 80'000,000 de habitantes aproximadamente de los cuales las dos terceras partes (53 millones) correspondían a la población urbana y el tercio restante (27 millones) a la población rural. Según datos del mismo Instituto, en 1980 existían en el país alrededor de 12 millones de viviendas que alojaban a 66 millones de habitantes, por lo que el índice medio de ocupación era de 5.5 habitantes por vivienda. Este promedio es demasiado alto, se estima por lo tanto que en ese año existía un déficit de aproximadamente un millón de viviendas, que a la fecha debe haberse incrementado, manteniendo por lo menos la misma relación respecto al número total de habitantes, por lo que el déficit actual debe ser de aproximadamente un millón doscientas mil viviendas. Considerando que según datos del mismo Instituto, alrededor de 50,000 parejas contraen matrimonio cada año y considerando la necesidad de sustituir a las viviendas decadentes, vemos que el país necesita construir alrededor de un millón de viviendas anuales, simplemente para mantener el déficit en su dimensión actual.

Si a lo anterior agregamos que según datos estadísticos del mismo INEGI, de los doce millones de viviendas existentes en 1980, 7'000,000, o sea, alrededor del 60 % del total, contaban con 1 ó 2 cuartos únicamente, se observa que el problema de la vivienda en el país es de dimensiones pavorosas.

El costo anual de un departamento en condominio de 80 Mt² es del orden de \$ 20'000,000 en las principales zonas urbanas del país, lo que representa seis años de salario mínimo. Esto nos pone en evidencia que los ambiciosos programas ---

emprendidos por diversas instituciones gubernamentales para la construcción de grandes conjuntos habitacionales sólo representan un paliativo al problema nacional de la vivienda, ya que sus productos quedan fuera de alcance de la mayoría de la población la que, especialmente en el medio rural, no devenga ni siquiera el salario mínimo.

En esta tesis se hace una recopilación de diferentes investigaciones realizadas con el propósito de revalorar la construcción tradicional, en adobe; como uno de los medios para resolver el problema de la vivienda en el país.

1.2. La vivienda de adobe en México

El adobe es un material de construcción formado por piezas prismáticas de tierra. La tierra está formada por arcilla y arena en proporciones adecuadas. La tierra se amasa sobre el suelo firme agregándole agua, y se coloca en un molde para fabricar los bloques. (Fig. 1)

En algunas ocasiones, con el objeto de mejorar la cohesión, es decir, para estabilizar la tierra, se le añaden a ésta agregados naturales o artificiales.

Dentro de los agregados naturales podemos señalar la paja, bagaje de caña, estiércol, heno, zacate, hojas de pino, jugos de ciertas plantas (nopal). Dentro de los agregados artificiales cabe mencionar asfalto, cemento, yeso, cal, aceite quemado. La principal característica de los elementos de adobe es la que se refiere al secado, que se realiza exponiendo las piezas a la acción del sol, cubriéndolas con hojas de palma, trapos húmedos y otros dispositivos para evitar el agrietamiento por un secado rápido. Difiere fundamentalmente el adobe del tabique en que este último se seca y adquiere resistencia mediante el cocido en un horno.



FIG. 1 Proceso de fabricación de bloques de adobe.

El adobe es el material de construcción más antiguo. Las antiguas ciudades asirio-caldeas estuvieron construidas exclusivamente de adobe; este material es mencionado en la Biblia. Esta antigüedad se explica porque el adobe utiliza como materia prima aquella que se encuentra más al alcance del hombre; la propia tierra en que éste se asienta y de la cual obtiene el sustento.

Es probable que los pueblos que habitaron el territorio mexicano en la época anterior a la conquista, construyeran algunas edificaciones de adobe. Sin embargo, de estas sólo subsisten vestigios con amplio deterioro. Podemos entonces decir que los españoles trajeron a México las técnicas de construcción con adobe que habían heredado a su vez de los árabes. Permanecen aún en nuestro país numerosas edificaciones civiles y religiosas edificadas con adobe, que datan del siglo XVI y que en muchos casos continúan dando servicio. (Figs. 2,3 y 4)

En la tabla número 1 se presenta una estadística de las construcciones existentes en el país, en el año de 1980, clasificadas por Estados y según el tipo de material predominante en sus muros.

De esta tabla se obtienen que para el total nacional, aproximadamente el 21 % corresponde a viviendas de adobe. Sin embargo, esta cifra no es representativa ya que en la misma tabla se observa que los porcentajes de viviendas de adobe son muy variables para las diferentes entidades del país.

Se observa que los porcentajes menores se tienen en entidades jóvenes que recientemente han empezado a poblarse (Baja California Sur, Quintana Roo, Tabasco), o en entidades que han experimentado un acelerado desarrollo urbano como consecuencia de su expansión industrial (Distrito Federal, Nuevo León, Veracruz, Tamaulipas).

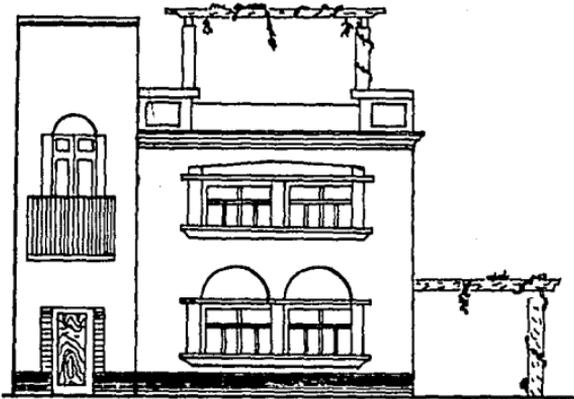


FIG. 2.- CONSTRUCCION COLONIAL DE ADOBE

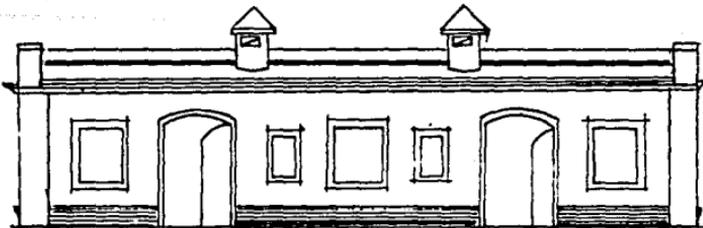


FIG. 3.- EDIFICACION DE UNA PLANTA, DE ADOBE
EPOCA COLONIAL

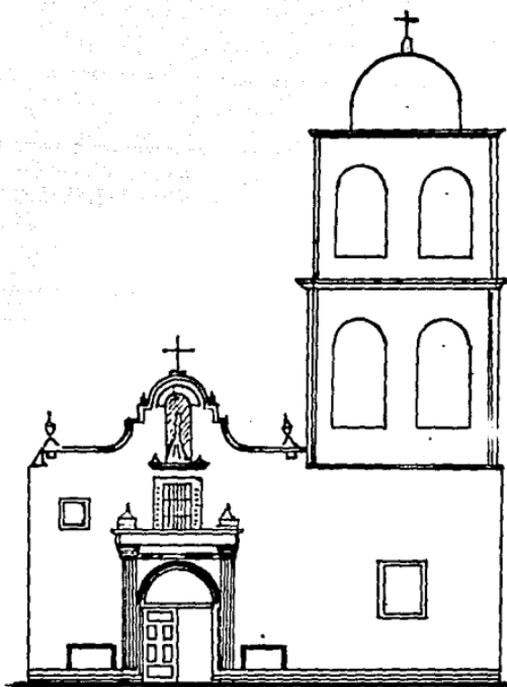


FIG. 4.- LORETO. MISION JESUITA SIGLO XVIII
BAJA CALIFORNIA.
CONSTRUCCION DE ADOBE Y PIEDRA

Los bajos porcentajes que se observan para los Estados de la Península de Yucatán (Yucatán, Campeche, Quintana Roo), deben explicarse por el hecho de que en la región predomina como material de construcción tradicional la piedra caliza que abunda en la península y que es conocida popularmente por el nombre de Shaskab. En cambio, los porcentajes mayores se aprecian en Entidades al norte del país, especialmente en las que tienen un desarrollo urbano más antiguo (Chihuahua, Durango, Zacatecas, Coahuila), o en Estados del centro de la República que conservan una elevada proporción de población rural (Tlaxcala, Michoacán, Oaxaca).

Tabla N° 1.- Número total de viviendas, número y porcentaje de viviendas de adobe por entidad federativa en México. 1980 INEGI.

| ENTIDAD FEDERATIVA | T O T A L VIVIENDAS | VIVIENDA DE ADOBE | PORCENTAJE |
|---------------------|------------------------|----------------------|-------------|
| Aguas Calientes | 83,721 | 30,151 | 36 % |
| Baja California | 238,603 | 36,101 | 15 % |
| Baja California Sur | 39,671 | 1,814 | 5 % |
| Campeche | 75,879 | 736 | 1 % |
| Coahuila | 282,705 | 123,330 | 44 % |
| Colima | 64,270 | 8,113 | 13 % |
| Chiapas | 370,319 | 66,519 | 18 % |
| Chihuahua | 391,464 | 250,719 | 64 % |
| Distrito Federal | 1'747,102 | 46,144 | 3 % |
| Durango | 198,378 | 126,099 | 64 % |
| Guanajuato | 474,800 | 135,644 | 24 % |
| Guerrero | 377,847 | 138,469 | 37 % |
| Hidalgo | 272,162 | 37,473 | 14 % |
| Jalisco | 776,809 | 282,379 | 36 % |
| México | 1'281,270 | 236,776 | 18 % |
| Michoacán | 494,638 | 189,330 | 38 % |
| Morelos | 175,397 | 41,694 | 24 % |
| Nayarit | 132,440 | 41,202 | 31 % |
| Nuevo León | 461,105 | 30,037 | 7 % |
| Oaxaca | 448,665 | 146,326 | 33 % |
| Puebla | 589,485 | 138,784 | 24 % |
| Querétaro | 129,503 | 17,065 | 13 % |
| Quintana Roo | 44,440 | 71 | - |
| San Luis Potosí | 283,031 | 85,968 | 30 % |
| Sinaloa | 319,834 | 61,473 | 14 % |
| Sonora | 276,848 | 76,414 | 28 % |
| Tabasco | 180,929 | 1,257 | 1 % |
| Tamaulipas | 379,476 | 20,349 | 5 % |
| Tlaxcala | 92,327 | 45,501 | 49 % |
| Veracruz | 1'015,323 | 13,892 | 1 % |
| Yucatán | 200,966 | 1,350 | 1 % |
| Zacatecas | 184,182 | 142,553 | 77 % |
| T O T A L | 12'074,609 | 2'573,733 | 21 % |
| | ----- | ----- | ----- |

La elevada proporción de casas de adobe en estos últimos Estados pone de relieve la importancia que tiene el estudio de mejoramiento de este tipo de vivienda para garantizar la seguridad de un importante porción de la población tanto en el medio rural como en el urbano.

Dadas las dificultades financieras que enfrenta la solución del problema de la vivienda en México es innegable que parte de la solución debe consistir en el mejoramiento de la construcción de arquitectura tradicional con adobe.

Pero existe un problema que afrontar al tomar medidas para el mejoramiento de las construcciones de adobe y es el referente a la desvalorización social de este material, que se ha vuelto sinónimo de pobreza y marginación para mucha gente. Es un perjuicio muy arraigado al creer que la posesión de una casa edificada con tabique y concreto es sinónimo de prestancia. Este perjuicio produce en muchos casos problemas importantes de comportamiento en viviendas construídas con estos materiales, pero sin la tecnología adecuada, lo que hace que presenten estas edificaciones, imitadas de las que se estilan en zonas más desarrolladas, graves deficiencias estructurales que suelen tener resultados catastróficos ante acciones eventuales.

Curiosamente en los países más desarrollados, existe ahora un movimiento arquitectónico que tiende a reevaluar la construcción tradicional con tierra, ya que considera que ésta se adopta mejor al paisaje y que tiene notables ventajas de comportamiento en zonas de clima extremo. Así por -- ejemplo, en los Estados del suroeste de los Estados Unidos (California, Nuevo México, etc.) se está pugnando por edificar con adobe con arquitectura tradicional, construcciones de toda índole; para lograr que estas construcciones tengan índices adecuados de seguridad ante las acciones probables

se están implantando mejoras tecnológicas al material, de tipo sofisticado y de gran costo.

No es esa tendencia la que desarrollamos en esta tesis, ya que como vimos antes, la dificultad que impide la solución de los problemas de vivienda en México es fundamentalmente económica. Por lo tanto estimamos que debe alentarse el desarrollo de técnicas sencillas que logren mejorar la vivienda de adobe sin incrementar su costo de una manera significativa.

1.3. Estructuras típicas de casas de adobe en México

Aunque el adobe se ha empleado en nuestro país para la edificación de todo tipo de construcciones, desde pequeños graneros, apiarios y chiqueros hasta grandes iglesias y palacios gubernamentales, en esta tesis nos referiremos exclusivamente a casas habitación de tipo popular, ya que estamos enfocando la mejoría del material dentro del problema acuciante de la vivienda para la población.

Existe una gran variedad de casa típicas construidas con adobe. Cada tipo se ha desarrollado en el transcurso de varias generaciones y representa un resumen de la experiencia colectiva de una comunidad. En cada región se han desarrollado tipos de casas que aprovechan los materiales ahí disponibles, que tienen dimensiones convenientes para el clima de la región y que introducen elementos de resistencia que la práctica ha demostrado que son convenientes para mejorar el comportamiento de la vivienda ante acciones sísmicas o de otro tipo.

Las viviendas más comunes del material que nos ocupa son de un solo piso, tienen una planta rectangular que cubre un área de 30 a 50 m²; frecuentemente carecen de muros divisorios o tienen uno solo que se aloja aproximadamente al centro de la

planta y paralelo a los lados cortos de la misma. (Figs. 5 y 6)

La techumbre de esta vivienda puede ser a dos aguas o a una sola agua. En este último caso es frecuente que adyacente a la vivienda se localice un corredor que carece de muros perimetrales y sólo tiene columnas para recibir la techumbre.

Los techos tradicionales están formados por teja que se apoya en fajillas, las que a su vez son recibidas por vigas inclinadas de madera rolliza llamadas morillos. Estos se soportan en la cumbrera de la techumbre con una viga maestra también de madera rolliza que en sus extremos se empotra en muros cabeceros. (Fig. 7)

En zonas de clima extremo y de escasa precipitación pluvial, como las zonas de clima frío, la techumbre de teja es sustituida por una techumbre casi plana formada por un relleno de tierra de 30 a 50 cm. de espesor, sobre una tarima de madera, sostenida por vigas del mismo material separadas aproximadamente 50 cm.; a este tipo de techumbre se le domina terrado, además de tener virtudes aislante térmico por lo que mantiene la temperatura en el lugar.

Otras variantes a la techumbre de ladrillo lo constituyen los techos de palapa (hojas de palmera o de zacate), que se emplean en comunidades rurales más pobres. Por otra parte, en zonas urbanas tiende a desplazarse el uso de la teja por otros sistemas de techo más modernos: láminas metálicas, láminas de asbestocemento o losas de concreto reforzado. (Figs. 8, 9, 10, 11 y 12).

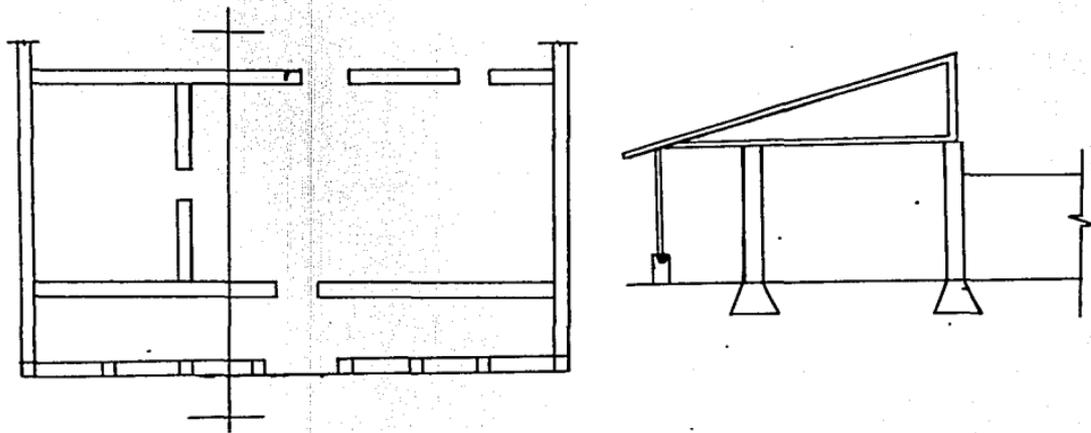


FIG. 5. CORTE Y PLANTA DE UNA VIVIENDA TIPICA DE ADOBE.

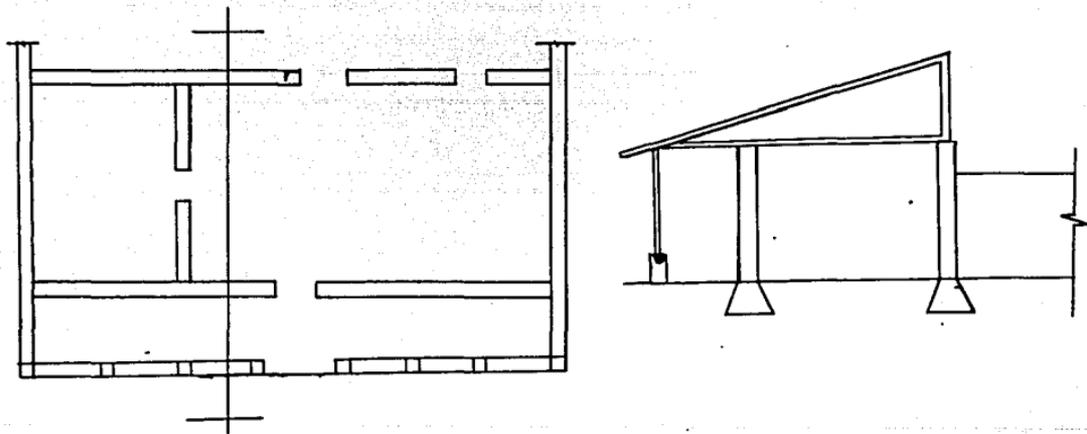


FIG. 5. CORTE Y PLANTA DE UNA VIVIENDA TIPICA DE ADOBE.

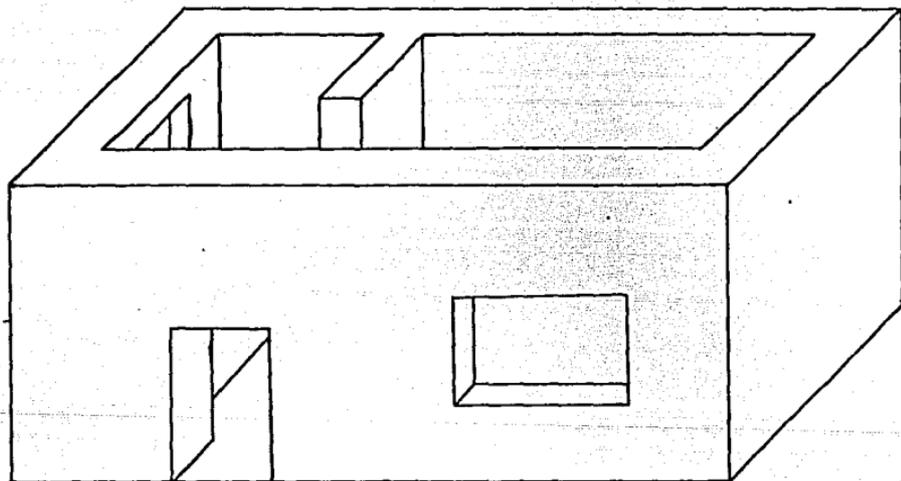


FIG. 6. PERSPECTIVA DE UNA EDIFICACION DE ADOBE

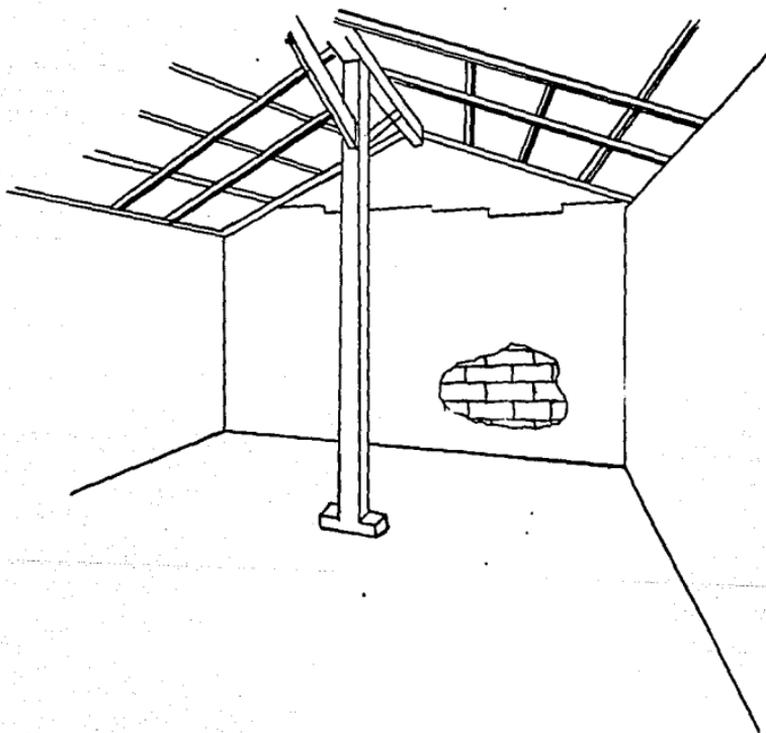


FIG. 7. ASPECTO DE LAS MADERAS DE LA TECHUMBRE

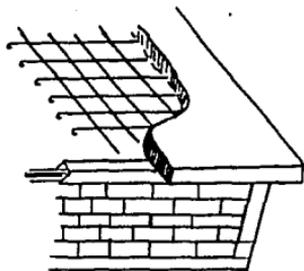


FIG. 8 TECHO A BASE DE LOSA DE CONCRETO

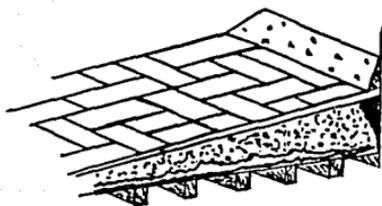


FIG. 9 TECHO TIPO TERRADO FORMADO POR
LADRILLOS, TIERRA Y MADEROS

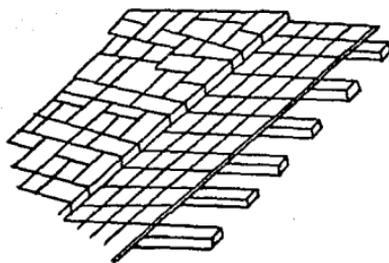


FIG. 10. TECHO FORMADO POR BOVEDA CATALANA

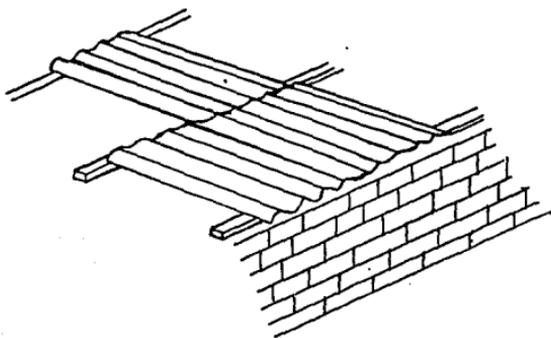


FIG. 11. TECHO A BASE DE LAMINAS METALICAS

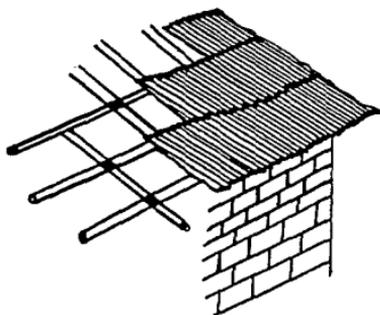


FIG. 12. TECHO CON LAMINAS DE ASBESTO CEMENTO

II. COMPORTAMIENTO DE CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN MEXICO ANTE DIFERENTES SOLICITACIONES

Para el diseño de una estructura deberá considerarse el efecto combinado de todas las acciones que tengan una probabilidad no despreciable de ocurrir simultáneamente sobre ella.

Las acciones pueden clasificarse de la siguiente manera de acuerdo con la duración en que obran sobre la estructura con su intensidad máxima:

- Acciones Permanentes
- Acciones Variables
- Acciones Accidentales

Las Acciones Permanentes son las que obran en forma continua sobre la estructura y su intensidad puede considerarse que no varía con el tiempo. Entre éstas se encuentran las cargas muertas, debidas al peso propio de la estructura y al de los elementos no estructurales de la construcción; el empuje estático de líquidos y tierras que tenga un carácter permanente; las deformaciones y desplazamientos impuestos a la estructura tales como los debidos al efecto del preesfuerzo y a movimientos diferenciales permanentes de los apoyos, a la contracción por fraguado, etc.

Las Acciones Variables son las que actúan sobre la estructura con una intensidad variable en el tiempo. Entre estas acciones se enmarcan las cargas vivas, que representan las fuerzas gravitacionales que obran en la construcción y que no tienen carácter permanente, considerando el peso y las cargas debidos a muebles, mercancías, equipos y personas. La carga viva depende del uso a que esté destinada la construcción. Otras acciones variables son los efectos causados en las estructuras por los cambios de temperatura, las deformaciones impuestas y los hundimientos diferenciales que tengan una intensidad

variable con el tiempo, así como los efectos de maquinaria y equipos, incluyendo, cuando sean significativas, las acciones dinámicas que el funcionamiento de máquinas induzca en las estructuras debido a vibraciones, impacto y frenaje.

Con respecto a las Acciones Accidentales, éstas son las que no se deben al funcionamiento propio de la construcción y que pueden alcanzar valores significativos sólo durante lapsos -- breves. Se consideran Acciones Accidentales las siguientes:

- Sismo.- Bajo este nombre se agrupan los efectos de los desplazamientos del terreno en las estructuras, cuando estos desplazamientos se originan en movimientos vibratorios de la corteza terrestre; generalmente de origen tectónico.

La mayoría de los sismos ocurren en zonas perfectamente definidas. Una de ellas es el Cinturón Circumpacífico. La República Mexicana está situada a la orilla de este Cinturón, por lo que los efectos por sismo adquieren especial importancia en muchas regiones de ella. En nuestro trabajo este sería el punto más importante a tomar en cuenta en las edificaciones de adobe.

- Viento.- Los vientos son movimientos de masas de aire debido a diferencias de presión entre las distintas zonas de la atmósfera y a la rotación terrestre. Al igual que cualquier otro fluido, el aire al moverse produce distintas presiones sobre los objetos que se le interponen.

En algunos casos, la acción del viento puede representarse como una fuerza estática de determinadas características locales o generales, y en otros casos esto no será suficiente y habrá que tomar en cuenta, además, los efectos dinámicos producidos por una fuerza que es función del tiempo.

- Otras Acciones Accidentales.- Entre estas se encuentran -- las explosiones, incendios y otras acciones que pueden ocurrir en casos extraordinarios. En general no se consideran en el diseño formal, sino que únicamente se toman precauciones contra ellas en la estructuración y en los detalles constructivos.

El comportamiento observado de las construcciones de adobe - ante las diferentes acciones o sollicitaciones es el siguiente:

Acciones Permanentes.- En las construcciones de adobe, una de las causas más frecuentes de diferencias en la carga muerta - es la variación del peso volumétrico de los materiales, sea por el contenido de humedad, o el procedimiento de fabricación.

En la mampostería de adobe es apropiado considerar que se trata de un material homogéneo e isótropo, ya que tanto los bloques como el mortero poseen propiedades constantes.

De acuerdo a investigaciones realizadas por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, se han determinado para la mampostería de adobe las siguientes propiedades típicas: peso volumétrico 1,800 kg/m³; resistencia de 13.4 kg/cm² a la compresión. Dichos valores pueden ser mejorados por medio de estabilizantes, aspecto que se trata con mayor profundidad en el capítulo siguiente.

La vivienda típica consta básicamente de un cuerpo de un solo piso y planta rectangular. El techo generalmente es de dos aguas y está formado por tejas de barro que descansan sobre - vigas de madera, con un peso aproximado de 50 kg/m². En algunas regiones frías se utiliza en el techo un relleno de 30 - a 50 cms. de espesor, con un peso del orden de 500 kg/m², soportado con vigas de madera.

Una de las fallas observadas, provocadas por acciones permanentes, es la que se produce por la ausencia de una buena liga entre el techo y los muros transversales por lo que estos ceden bajo la acción del empuje de los elementos inclinados del techo, apareciendo así una falla local en el muro por fuerzas normales a su plano. (Fig. 13)

La falta de conservación de los elementos de madera de la techumbre causa la caída de ésta bajo cargas permanentes.

Acciones Variables.-No existe en las casas de adobe una variación significativa de las cargas producidas por muebles, mercancías y equipos. Según las observaciones realizadas las solicitaciones variables a las que se encuentran sometidas las edificaciones comunes de adobe, no han sido la causa principal de fallas.

Únicamente se aportan casos en que un muro de adobe ha fallado bajo la acción del empuje horizontal de un material estibado (por ejemplo granos).

Acciones Accidentales.- El punto más importante, la causa más frecuente de fallas y pérdidas humanas en casas de adobe lo constituyen los sismos.

Los movimientos del suelo durante un sismo provocan vibraciones de la estructura en la cual se generan fuerzas de inercia que son proporcionales a la masa de las distintas partes de la construcción, y que tienen que ser resistidas y transmitidas tanto a la cimentación como al suelo. Los elementos con mayor capacidad para resistir esas cargas laterales son los muros que están alineados en la dirección del movimiento del terreno y que tiene gran rigidez y resistencia en su plano.

Para que estos elementos puedan cumplir su objetivo, las fuerzas de inercia generadas en otras partes de la construcción,

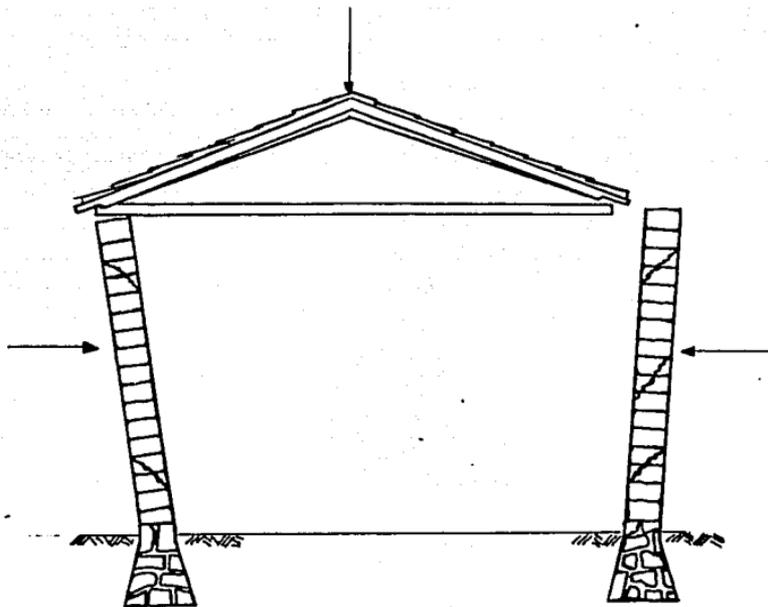


FIG. 13 Falla de muros por ausencia de una buena liga con el techo.

y que tienen que ser resistidas y transmitidas tanto a la cimentación como al suelo. Los elementos con mayor capacidad para resistir esas cargas laterales son los muros que están alineados en la dirección del movimiento del terreno y que tienen gran rigidez y resistencia en su plano.

Para que estos elementos puedan cumplir su objetivo, las fuerzas de inercia generadas en otras partes de la construcción tiene que ser transmitidas hacia ellos. Condición para que esto se cumpla es que los techos actúen como una unidad rígida en su plano y transmitan sus fuerzas a los muros alineados en la dirección del movimiento y provoquen empujes mínimos normales a dicha dirección, en la cual los muros estarían prácticamente sujetos sólo a las fuerzas de inercia generadas por su propia masa y actuarían como losas apoyadas en su perímetro. Otra condición para que la transmisión de carga se efectúe apropiadamente es que exista una conexión resistente entre el techo y los muros.

De no cumplirse la condición de techo rígido en su plano las fuerzas generadas en cada franja del techo se transmiten al muro frontal, generando en él empujes normales a su plano, los cuales tienden a producir el volcamiento de dicho muro. De esta forma la mayor parte de las fuerzas de inercia son transmitidas a los elementos menos rígidos y aptos para resistirlas.

Cuando el techo es un diafragma rígido, la falla puede ocurrir por una insuficiente resistencia de las paredes para absorber fuerzas cortante en su plano; dicha resistencia se ve afectada cuando existen grandes aberturas para puertas y ventanas en dichos muros, no reforzadas, en las que la concentración de esfuerzos que se presentan en las esquinas provoca la iniciación de grietas diagonales que llevan a la falla al muro. (Fig.14)

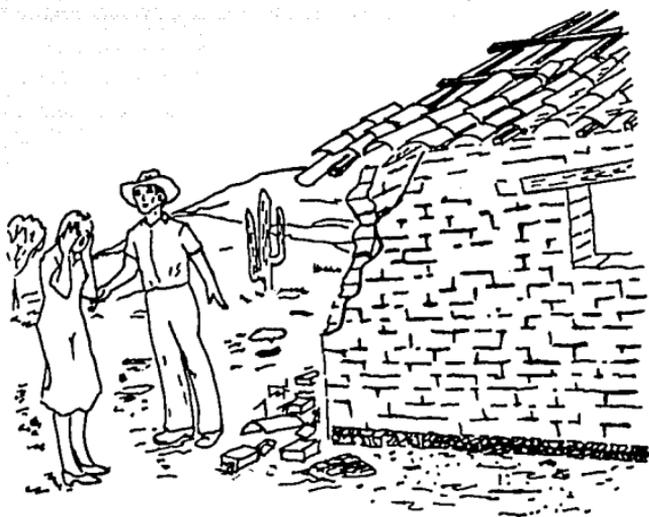


FIG. 14 Desprendimiento de esquina por --
la presencia de grietas diagonales

Por ser el adobe un material de escasa resistencia a la tensión, su empleo debe en general evitarse en zonas sísmicas.

Los muros fuera de plomo y la poca adherencia que se logra en las juntas con los morteros de lodo son sólo algunos de los inconvenientes. Aún con adobes de buena calidad no puede lograrse una buena liga entre los muros transversales; ésto, aunado a su gran peso propio y al peso del techo, hace que estos muros fallen casi siempre por el efecto de fuerzas normales a su plano, ya sea por volcamiento o por fallas locales por los empujes de las vigas de techo sobre el muro, lo que da lugar a una perforación puntual del muro y a la caída parcial del techo. En muchas ocasiones las fallas de estas construcciones han sido agravadas porque el adobe se encontraba muy debilitado por el efecto del intemperismo. (Figs. 15, 16, 17 y 18)

Las casas de adobe se caracterizan por la escasa densidad de muros, por la apreciable altura y la longitud sin refuerzo de los mismos y por la mínima restricción que el techo proporciona a los extremos superiores de los muros.

Las fuerzas sísmicas generan vibraciones en los muros, las que inducen momentos flexionantes críticos en las esquinas de los mismos, haciendo que éstas se agrieten progresivamente hacia abajo, debido a la baja capacidad para soportar tensiones, ocurriendo el volcamiento cuando la altura agrietada del muro es suficiente para que la resultante de fuerzas caiga fuera de la sección del muro. El colapso del muro ocurre casi siempre hacia afuera. Este modo de falla es el que se ha observado con mayor frecuencia a raíz de temblores. (Fig. 19).

Se han encontrado indicios que el colapso se ha iniciado en ocasiones por la caída del techo, ya sea por fallas locales

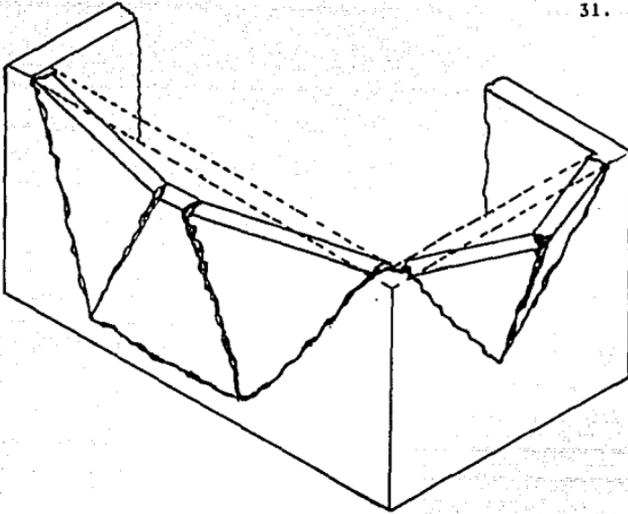


FIG. 15. Falla del muro por efecto de fuerzas normales a su plano.

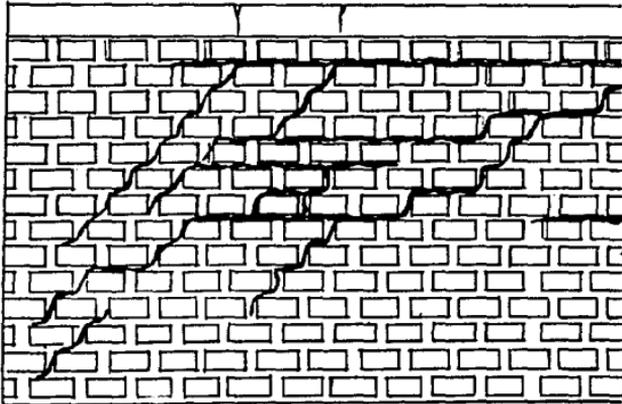


FIG. 16. Grietas en el muro a consecuencia de la fuerza cortante.

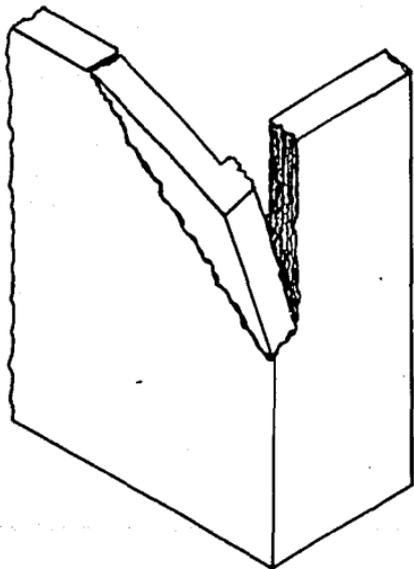


FIG. 17 Falla en la esquina provocada por la mala adherencia entre los bloques.

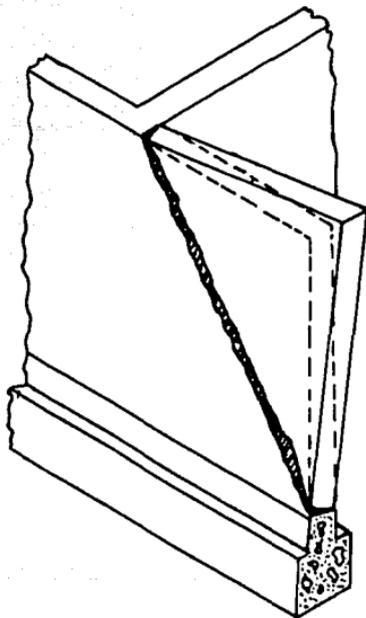


FIG. 18 Falla en la intersección de muros, a consecuencia de su baja resistencia a la flexión además de la mala adherencia entre éstos.

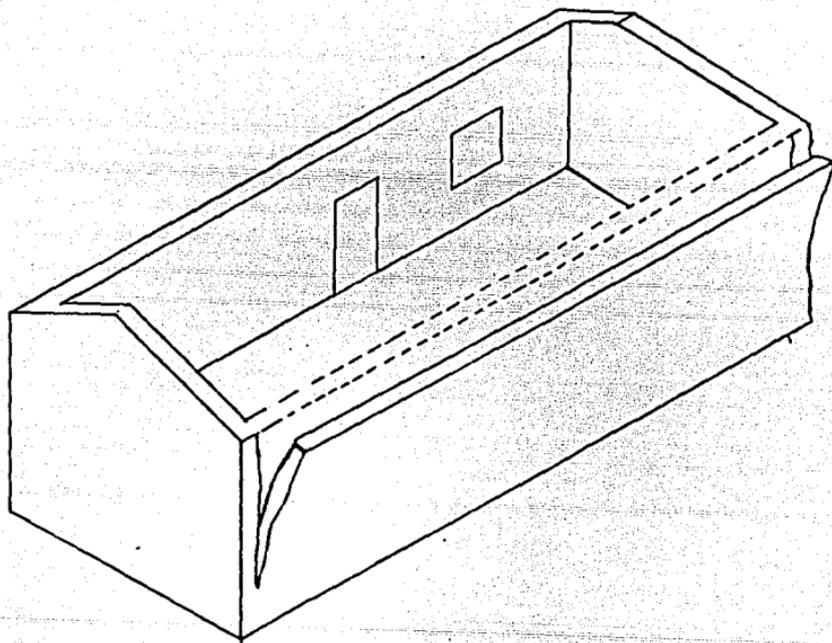


FIG. 19 Agrietamiento en las esquinas, provocando el volcamiento del muro hacia afuera.

en las conexiones o en la madera misma por encontrarse muy deteriorada, o por deslizamientos de los elementos del techo sobre los muros a los que están fijados en forma muy precaria.

Se ha encontrado que las piedras acomodadas en seco de los cimientos de estas edificaciones, no brindan al momento de un sismo, el mínimo de rigidez necesaria para que no se produzca el desajuste total de la estructura, algunas cimentaciones además no poseen la profundidad necesaria. En el peor de los casos las construcciones carecen de cimentación, agravándose así el problema. (Fig. 20)

Los dinteles de puertas y ventanas, constituyen un factor crítico. Casi siempre son de madera y coinciden con la media altura de la edificación. La pérdida de unidad del muro a causa de la incapacidad del adobe de adherirse al madero del dintel, termina por debilitar el conjunto a las solicitaciones de volcamiento.

Se observa que en muchas ocasiones la presencia de goteras, ya tenfan debilitados algunos muros de adobe que son altamente vulnerables a los ataques del agua. Lo mismo se puede decir de las humedades ascendentes. El muro de adobe cuando está asentado directamente en contacto con el suelo sin barrera protectora, obra como un puente capilar produciendo humedades permanentes que arruinan y debilitan la base de la edificación. (Fig. 21).

Los daños provodados por el viento, se pueden resumir en el desprendimiento de las tejas, o en el caso de palapas, de paja.

Lo anteriormente expuesto, nos permite señalar los defectos más comunes en las casas de adobe:

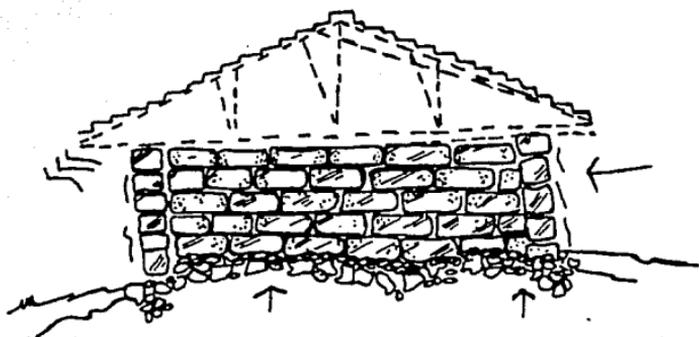


FIG. 20 Desajuste de la estructura provocado por la falta de rigidez de los cimientos unidos en seco ante un sismo.

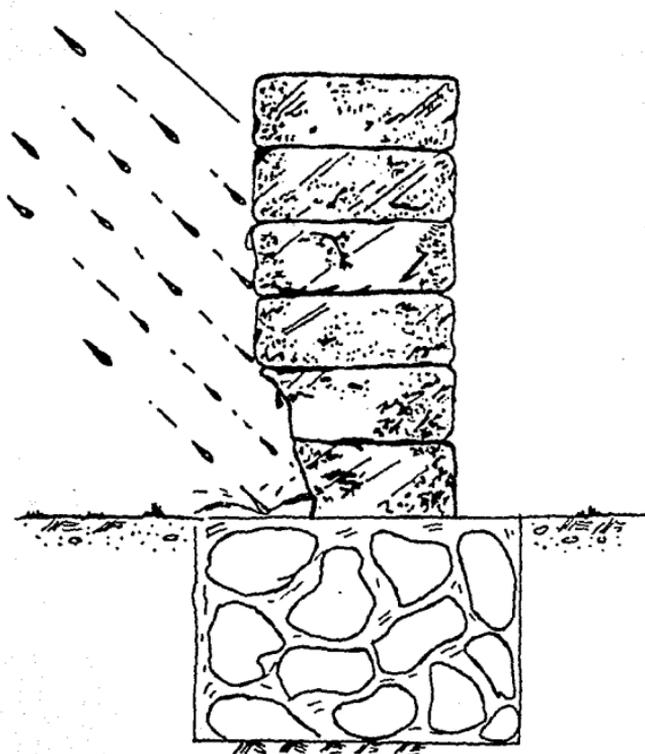


FIG. 21 Debilitamiento de la base del muro por efecto de la lluvia.

1. Sin cimientos, o con cimientos no suficientemente profundos o pobremente contruifidos.
2. Falta de protecci3n de cimientos, paredes y muros en --
contra de la humedad de la tierra.
3. Uso inapropiado de la tierra, proporci3n pobre de mate--
rial estabilizante con un excesivo contenido de agua en
la fabricaci3n.
4. Dimensiones inapropiadas en los bloques de adobe y el ex--
cesivo grosor.
5. Uso de bloques de adobe muy frescos.
6. Mala colocaci3n de los bloques debido a la falta de habi--
lidad manual, reflejada en el desplome y desalineamiento
de los muros.
7. Ausencia de relleno en los empalmes verticales.
8. La altura de piso a techo es muy grande o la estructura
tiene m1s de una planta.
9. No existen suficientes paredes transversales para resis--
tir las fuerzas horizontales de los sismos.
10. Las aberturas est1n muy lejos de la intersecci3n de las
paredes o de las uniones.
11. Las 1reas abiertas en las paredes son excesivas (puertas
y ventanas)
12. La distancia entre columnas, intersecci3n de paredes u
otros miembros de transmisi3n de carga, es muy grande.

13. No existen anclajes en la estructura.
14. El techo es pesado
15. Los soportes del techo son inadecuados
16. Paramentos carentes de una adecuada protección para la temporada de lluvias.
17. Las tejas están pobremente unidas al resto de la estructura.

III. ACCIONES POSIBLES PARA EL MEJORAMIENTO EN EL MATERIAL

Se puede dividir en dos grandes rubros las acciones posibles para el mejoramiento de una edificación de adobe, a saber:

- Acciones para el mejoramiento del material
- Acciones para el mejoramiento de la estructura

En este capítulo hablaremos de las posibles mejoras al material.

Sabemos que el material que nos ocupa es el suelo, también es de nuestro conocimiento que no todos los tipos de suelo son propicios para elaborar adobes. Como toda edificación se encuentra sujeta a diferentes acciones mecánicas, como fuerzas cortantes y momentos; el material necesita poseer resistencia al cortante, a la compresión y a la tensión. En general, la resistencia del suelo a los esfuerzos de tensión es nula.

De lo anterior se deduce que nuestro objetivo debe ser mejorar los bloques de adobe, previamente seleccionando el suelo para su elaboración. El suelo escogido mejora añadiéndole otros materiales que aumenten su resistencia ante las diferentes sollicitaciones.

Históricamente se le han agregado al adobe diferentes componentes, que varían en algunas ocasiones de cultura a cultura, de pueblos a pueblos e inclusive de países a países, de acuerdo con las diferentes condiciones tanto económicas como climáticas.

Los materiales más empleados como agregados para el adobe en todo el mundo, son: la paja, bagazo de caña, estiércol, heno, zacate, hojas de pino, jugos de ciertas plantas (nopal), sangre de animales etc. y como agregados industriales el asfalto,

cemento, yeso, cal, aceite quemado, etc.

Todos estos materiales que se agregan tienen por objeto incrementar la resistencia a la tensión del suelo mediante el aumento de la cohesión entre sus partículas. Sin embargo, para tener buenos adobes es primordial disponer de una buena matriz de suelo, independientemente de los agregados que se le añadan.

El material debe tener una natural y adecuada proporción de arena y arcilla. No existe una clasificación de suelos que determine con exactitud una selección normalizada, puesto -- que la selección adecuada puede ser tan diversa como las variedades de suelo que existen.

Se considera que las tierras muy arenosas son débiles, lo mismo que las orgánicas, conservándose el principio de que si la tierra es buena para la agricultura, no lo es para la construcción.

Se ha observado que el componente que más influye en la resistencia, es el porcentaje de arenas; para suelos con bajo contenido de arenas, se puede incrementar la resistencia aumentando este material hasta un 60 %, ya que, a partir de este punto la resistencia no aumenta, sino que se produce una pérdida de trabajabilidad y, puede ocasionar demasiadas contracciones y rajaduras en los bloques que se hagan de esta mezcla.

No se puede determinar qué porcentajes de arcilla y arena deban ser recomendables, pero por informaciones obtenidas, parece que el contenido de arenas debe ser mayor al de arcillas sin que sobrepase un 60 % o bien debe tenerse el doble de arenas que de arcillas y debe tenerse entre 25 % y 45 % de finos (limos y arcillas).

El porcentaje de arcilla debe variar entre 15 % y 17 % y no debe exceder del 18 %. El suelo no debe contener materia orgánica, ni sales en un porcentaje mayor de 0.3 %.

La arena es el esqueleto que da la resistencia; la arcilla es el cemento que pega los granos de arena.

En algunos reglamentos sísmo resistentes, como el del Perú, se permite tolerar un pequeño porcentaje, hasta 5 % en peso, de partículas de grava. Además el contenido de arcilla deberá estar comprendido entre 10 y 20 %, para asegurar la plasticidad sin tener problema de fisuras por el secado.

La cantidad de limo debe ser, semejante a la de arcilla, pero ambos no deben sobrepasar el 30 %.

Las pruebas de laboratorio que se realizan al suelo (peso específico de sólido, límite líquido, límite plástico, límite de contracción, Índice de plasticidad, Clasificación de Sistema Unificado), permiten conocer si éste es bueno o malo para la elaboración de adobes. Estas pruebas influyen en el costo de las construcciones, y si consideramos que estas se elaboran por personas no calificadas y con recursos muy reducidos, es necesario disponer de métodos de campo más prácticos para seleccionar el tipo de suelo adecuado para la elaboración de muros.

Entre esos métodos podemos mencionar los siguientes.

Para determinar las proporciones adecuadas de arena, limo y arcilla se utiliza la prueba de sedimentación o de la "Pote-lla".

Se pone tierra hasta $1/3$ de altura en un vaso o en una botella cilíndrica, las $2/3$ restantes se llenan con agua.

Se remueve el contenido con fuerza durante un tiempo.

Se espera a que se note la separación de los materiales.

Hay dos capas distintas: abajo se asienta la arena porque es más pesada. Encima de la arena distinguimos una capa de arcilla y limo (estos dos no se diferencian siempre bien).

Cuando la separación no sea muy clara, se remueve de nuevo, dejando reposar durante varias horas. (Fig. 22)

Si la separación es clara se mide la proporción de arcilla, limo y arena.

Se presentan 4 casos:

- no hay arena
- hay más limo con arcilla que arena
- hay igual arena que arcilla con limo
- hay más arena

Si la cantidad de arena es igual o hasta dos veces la cantidad de arcilla con limo, la tierra será adecuada para construir. En caso contrario habrá que añadir arcilla o arena a la mezcla para compensar; esta prueba se complementa con otras, para tomar una mejor decisión.

Después se hace una mezcla moldeable que se coloca en una cajita de 4X4X40 cm; se deja secar en la sombra.

Cuando la mezcla se levanta en forma curva en el centro como un pastel, la tierra no sirve. Se deberá buscar otro tipo de tierra.

Normalmente la mezcla se encoge y muestra grietas. Se coloca toda la mezcla de un lado y se miden los centímetros que la mezcla ha encogido.

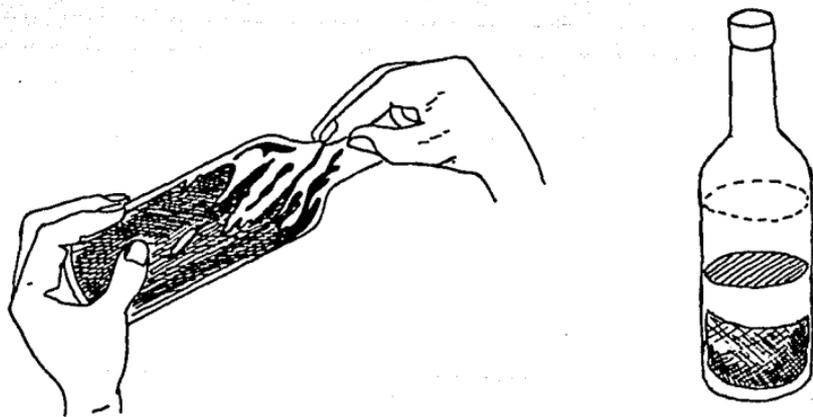


FIG. 22 Se ilustra la manera de agitar dejándola reposar por varios minutos para observar la separación de las partículas.

La mezcla no debe encoger más de 1/10 de su largo o sea 4 cm.

La plasticidad se estima mediante la prueba de la cinta.

Se forma un rollo de barro con poca agua, (no debe pegarse a las manos). Aplanándolo después para hacer una cinta delgada, tan larga como se pueda. (Fig. 23).

Se observa el largo que puede alcanzar la cinta sin romperse. Si la cinta se rompe entre los 5 y los 15 cm, la tierra es buena para hacer adobes.

Si la cinta se rompe antes de los 5 cm, se pone más arcilla. Si la cinta se rompe después de los 15 cm, se pone más arena.

La prueba de la Pastilla se realiza con el procedimiento siguiente:

- Se limpia la tierra quitándole las piedrecitas.
- Se añade un poco de agua a la tierra y se amasa.
- Se elaboran tres pastillas de una pulgada de diámetro por media pulgada de grosor.
- Se dejan secar al sol o cerca de la cocina.
- Luego, se trata de romperlas con el índice y el pulgar de una mano. (Fig. 24)

Los resultados que se pueden obtener son los siguientes:

- a. Si la pastilla se aplasta fácilmente, tiene baja resistencia.
- b. Si la pastilla se aplasta con dificultad, tiene mediana resistencia.
- c. Si la pastilla no se aplasta, sino que se rompe con un sonido seco, tiene alta resistencia.

FIG. 23.

Proceso de elaboración de la cinta, con el fin de determinar la calidad de la tierra.

La cinta debe romperse entre 5 y 15 para poderla emplear en la lubricación de bloques.



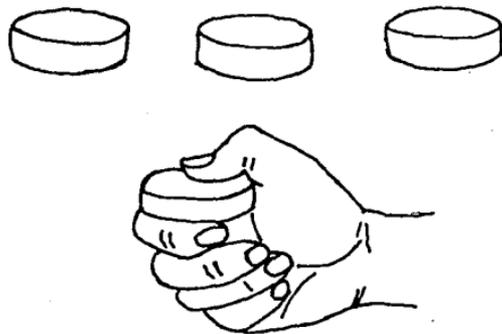


FIG. 24 Las pastillas de una pulgada de diámetro por media pulgada de grosor se prueban rompiéndolas con el índice y el pulgar de una mano.

Con la prueba de la Botella, aunada a la prueba de la Pastilla, podremos ubicar de una mejor manera la tierra para construir nuestros bloques de adobe, obteniéndose la siguiente tabla:

| N O M B R E | CANTIDAD | CALIDAD DE LA TIERRA |
|-----------------------|--|--|
| Prueba de la botella | No hay arena | Tierra mala |
| Prueba de la pastilla | Baja resistencia | Tierra mala |
| | Mediana resistencia | Tierra regular, si tiene grava |
| | Alta resistencia | Tierra mala |
| ----- | | |
| Prueba de la botella | Más limo+arcilla que arena | Tierra mala |
| Prueba de la pastilla | Baja resistencia | Tierra mala |
| | Mediana resistencia | Tierra débil |
| | Alta resistencia | Tierra regular o buena, si tiene grava |
| ----- | | |
| Prueba de la botella | Limo + arcilla y arena en igual proporción | Tierra regular |
| Prueba de la pastilla | Baja resistencia | Tierra débil |
| | Mediana resistencia | Tierra buena |
| | Alta resistencia | Tierra buena o muy buena, si tiene grava |
| ----- | | |
| Prueba de la botella | Mayoría de arena | Tierra buena |
| Prueba de la pastilla | Baja resistencia | Tierra regular |
| | Mediana resistencia | Tierra muy buena |
| | Alta resistencia | (en este caso, no se presenta cuando hay mayoría de arena) |

Una vez seleccionado el material básico se podrá escoger un aditivo. A continuación describiremos los efectos de los -- aditivos más comunes y la forma de revolverlos con la tierra.

Adobe estabilizado por asfalto

Los bloques estabilizados con asfalto son resistentes al intemperismo, aunque no aumentan en forma significativa sus re sistencias a compresión y al cortante.

El asfalto actúa sobre la arcilla, que es el elemento que da cohesión al suelo, pero que es muy inestable en presencia de agua.

Al ser aplicado, el asfalto envuelve las partículas de arcilla haciéndolas impermeables. Sin embargo, como la película de protección es muy fina, no llega a afectar las propiedades cohesivas de las arcillas.

La cantidad a utilizar depende principalmente de la composición de la tierra. Tierras con mayor contenido de limos o arcillas requerirán mayor cantidad de impermeabilizante que las compuestas por mayor cantidad de arena.

Una tierra arenosa requerirá de un 10 % a 15 % de impermeabilizante para lograr una estabilización total.

Una estabilización parcial se puede lograr agregando un 5 % de impermeabilizante obteniéndose adobes no totalmente impermeables para que puedan usarse en las hiladas superiores del muro.

Una de las mezclas que de una forma aproximada convierte a todos los tipos de suelo en aptos para elaborar adobes es la siguiente:

| <u>MATERIAL</u> | <u>PROPORCION</u> |
|-----------------|-------------------|
| arena | 8 partes |
| arcilla | 4 partes |
| agua | 4 partes |
| asfalto | 1 parte |

Cuando no se disponga de emulsiones de asfalto o se estime - alto el costo del mismo, se utilizará aceite quemado en lu- gar de asfalto. De este aceite solamente se utilizará la mi- tad, es decir:

| <u>MATERIAL</u> | <u>PROPORCION</u> |
|-----------------|-------------------|
| arena | 8 partes |
| arcilla | 4 partes |
| agua | 4 partes |
| aceite quemado | 1/2 parte |

Los mejores resultados se han obtenido con productos del con- creto asfáltico el cual se pasa por un molino coloidal donde se muele hasta tener tamaños muy pequeños de las partículas - del orden de micras. El resultado de esta molienda son las emulsiones asfálticas aniónicas y catiónicas.

La emulsión con la que se han obtenido mejores resultados es - la catiónica del tipo lento, que al revolverse con la arcilla produce un rompimiento de la estructura con la cual se logra la integración de los dos materiales.

La aplicación de ésta es posible aún con elevados contenidos de humedad facilitando su aplicación en climas húmedos o en - época de lluvias.

Adobe estabilizado por cal

La cal es excelente aliada de la tierra, cuando estos materiales son compatibles, debido a sus propiedades de adhesividad.

La proporción de cal puede variar de un 5 % (como mínimo) -- hasta un 20 % en peso de la tierra. Obteniéndose de este modo bloques con una alta resistencia pero con bajo grado de impermeabilidad.

Al usar cal, se ha observado que los bloques no se pueden manipular con facilidad y son muy afectados por las lluvias, por lo que además es conveniente impermeabilizar los bloques.

La utilización de cal-cemento sigue el mismo patrón que el procedimiento ya mencionado debiendo utilizarse una proporción de 2 partes de cal por una de cemento. Se obtienen así elementos con características superiores a los estabilizados con cal, pero a un mayor costo.

Adobe estabilizado con agua de nopal

Mezclando agua de nopal con otros materiales de construcción, mejora bastante la calidad de muros, pisos y techos, haciendo los más resistentes contra los daños causados por las lluvias y la humedad.

Para la obtención del agua de nopal el procedimiento es el siguiente:

- Se llena un tambo o recipiente grande con nopal picado. Después se echa agua hasta los bordes.
- Después de una semana, el líquido se cuele y estará listo para su uso.
- Se practica una excavación poco profunda. Se echa el agua de nopal y después se agrega cal viva.

Se usa 1 tambo de líquido por cada 2 tambos de cal.

La mezcla que se ha determinado como óptima para elaborar los adobes es la siguiente:

| <u>MATERIAL</u> | <u>PARTES</u> |
|----------------------------------|---------------|
| suelo | 3 |
| arena de tezontle | 1 |
| cal apagada con agua de nopal | 1 |

De esta manera se pueden tener bloques estabilizados con cal, que además de tener buena resistencia mecánica también son resistentes al intemperismo.

Adobe estabilizado con paja

El ancestral uso de la paja con método de estabilización da como resultado un adobe con resistencia a la compresión de 7 a 20 Kg/cm² con bajo grado de impermeabilidad.

La paja deberá ser seca y cortada en tramos de 5 cm. Se utilizan 500 gr. de paja por cada 100 lts. de tierra. Deberá lograrse que la paja se mezcle con la tierra antes de agregar agua.

Adobe estabilizado con cemento

El cemento portland aumenta la resistencia de la tierra que por sí misma sería demasiado débil para la construcción.

También previene el reblandecimiento o debilitamiento de los adobes expuestos al agua, evitando su deterioro.

Cada suelo tiene propiedades específicas por lo que será necesario en algunos casos agregar cemento no para aumentar

resistencia sino para proporcionar impermeabilidad a la mezcla.

Se han realizado numerosas investigaciones de estabilización con cemento, a partir de las cuales se obtuvieron 3 gráficas con las cuales podemos definir la resistencia de los bloques, la cantidad de cemento y la cantidad de agua, dependiendo de los contenidos de arena y arcilla de cada suelo.

Para comprobar si la combinación obtenida es la más satisfactoria y económica será necesario probar las muestras y definir si tienen la suficiente resistencia conforme al procedimiento que se explicará en párrafos posteriores.

El uso de cemento como agente estabilizador, actualmente tiene costos elevados. Además la problemática del uso de cemento radica en que las partículas contenidas en el suelo son en general de menor dimensión que las del cemento, por lo que en muchos casos las arcillas envuelven el cemento perdiendo éste sus cualidades cementantes.

Las proporciones utilizadas, en este método de estabilización varían entre 2 % y 15 % dependiendo de las cualidades propias de autocementación del suelo utilizado.

Para determinar la resistencia que deberán tener los bloques de suelo-cemento se procederá como sigue:

- 1° Se obtiene la carga que soportarán los muros. Carga muerta
- 2° Se supone una carga viva de 150 kg/m^2
- 3° Se calcula la relación de esbeltez y ésta será menor o igual a 18

$$r = \frac{h}{t} \leq 18$$

donde r = relación de esbeltez
 h = altura del muro
 t = espesor del muro

Debido a las máquinas disponibles para prensar bloques se será igual a 7, 14, 28 cm. ó las combinaciones de estas medidas.

4* Se procede según los pasos siguientes, que para fines de -- comprensión se ilustran con un ejemplo: Se tiene una carga total de 900 kg/m h = 2.40 m y t = 14 cm.

a. Relación de esbeltez

$$r = \frac{240}{14} = 17.14 < 18$$

b. Superficie por metro lineal de muro

$$1 \times 0.14 \text{ m}^2 = 1,400 \text{ cm}^2$$

c. Esfuerzo distribuido por la carga total

$$f_1 = \frac{900}{1,400} = 0.643 \text{ kg/cm}^2$$

d. Esfuerzo medio por peso propio del muro

$$f_2 = \frac{2.40 \times 1.0 \times 0.14 \times 1,800}{1,400} = 0.43 \text{ kg/cm}^2$$

e. Esfuerzo total

$$f_t = 0.64 + 0.43 = 1.07 \text{ kg/cm}^2$$

f. De la fig. 1 se vé que con una relación de esbeltez de 17 y para $f_t = 1.07$ necesitamos una f_c^* de 8 kg/cm²

Con esta f_c^* y las proporciones previamente determinadas de arena y arcilla (según el método de la "Botella), mediante la gráfica de la fig. 2 obtenemos el % de cemento necesario.

TABLA PARA DETERMINAR EL VALOR DEL ESFUERZO DE
COMPRESION PÉRMISIBLE DE UN MURO DE SUELO CEMENTO

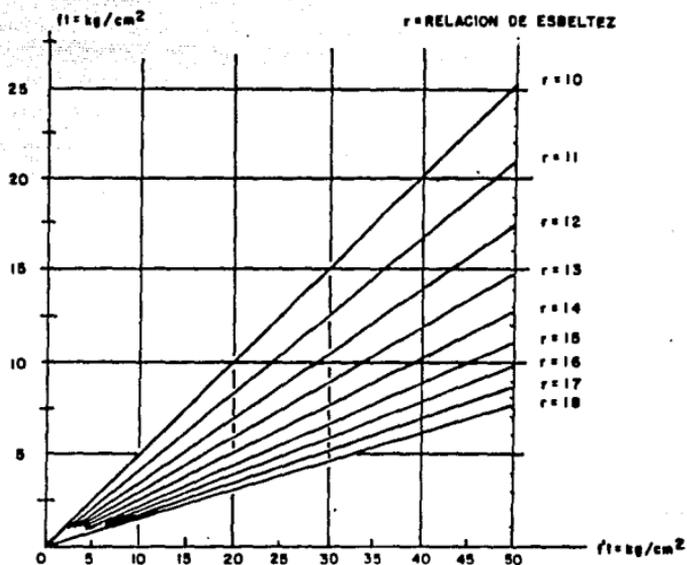
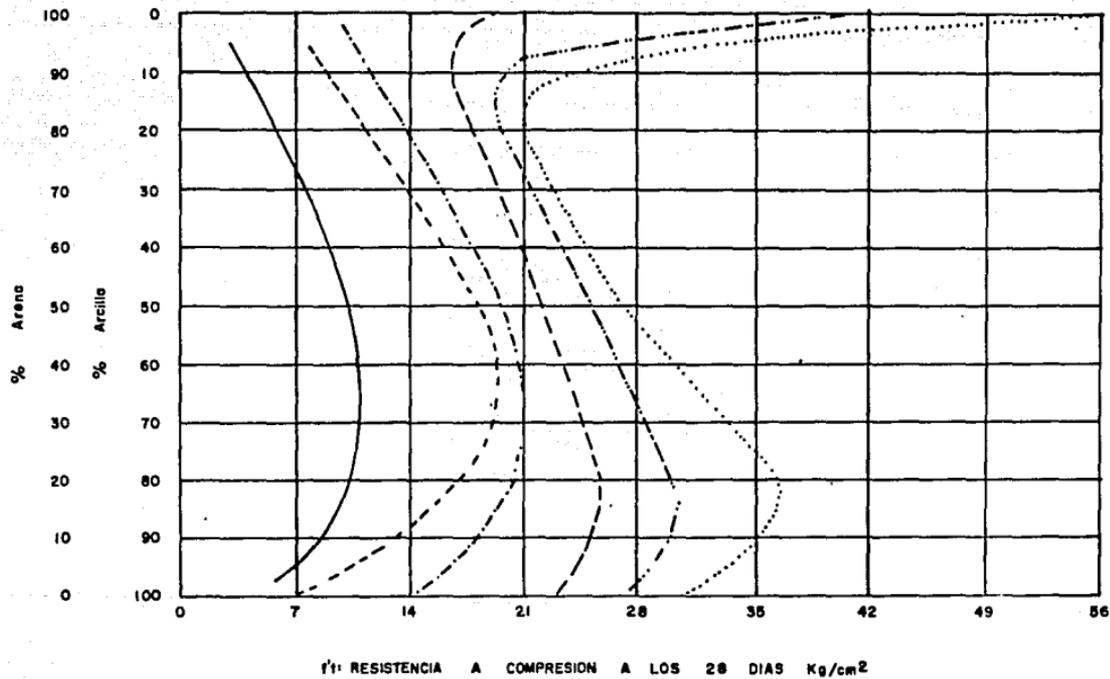


Fig. 1



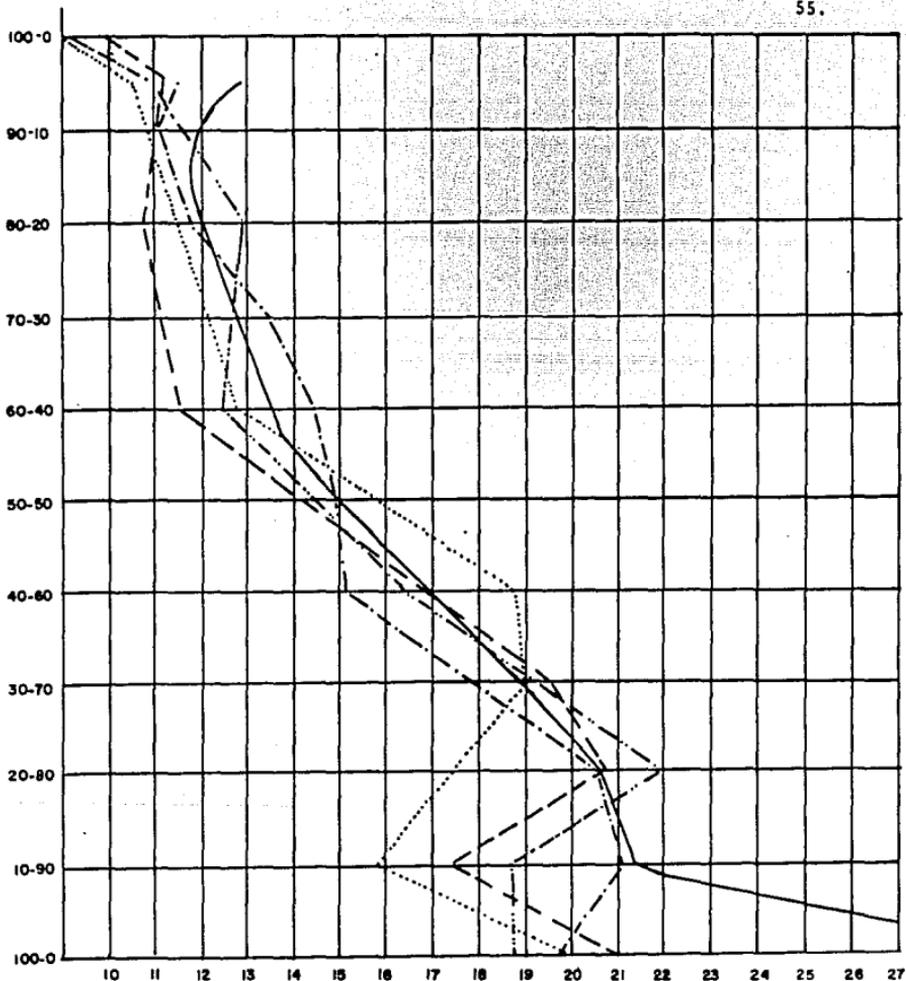
f'_c : RESISTENCIA A COMPRESION A LOS 28 DIAS Kg/cm²

TABLA PARA DETERMINAR EL % DE CEMENTO
DEPENDIENDO DEL CONTENIDO DE ARENA Y
ARCILLA.

Fig. 2

SIMBOLOGIA

| | |
|-----------|-------------|
| ————— | sin cemento |
| - - - - - | 2% " |
| - · - · - | 5% " |
| · · · · · | 10% " |
| - - - - - | 15% " |



| SIMBOLOGIA | |
|------------|----------------|
| | 15% de cemento |
| ----- | 10% " |
| - - - - - | 8% " |
| - . - . - | 5% " |
| ————— | 2% " |

TABLA PARA DETERMINAR EL %
DE AGUA A UTILIZAR EN BLOQUES
ESTABILIZADOS CON CEMENTO.

Fig. 3

Con este porcentaje y nuevamente las proporciones de arena y arcilla, en la fig. 3 obtenemos el % de agua necesaria. Y con esto completamos las proporciones de agua y cemento para obtener la resistencia necesaria, de acuerdo a los diferentes tipos de suelo que tengamos.

Adobe estabilizado por fuego

El endurecimiento e impermeabilización de un adobe a través de cocimiento es otra forma de estabilización. Se puede lograr por métodos sumamente sencillos y se obtendrá un elemento sumamente resistente, pero de gran absorción de humedad.

Adobe estabilizado por químicos

El aditivo polimérico, brinda una excelente alternativa de estabilización. Obteniéndose un elemento de gran resistencia e impermeabilidad superior a las otras formas de estabilización y a menor costo.

Adobe estabilizado con azufre

Aunque el azufre se ha usado muy poco en la construcción, se tienen experiencias que indican que puede sustituir con éxito al cemento como material estabilizante del suelo. Previamente el polvo de azufre deberá calentarse hasta que se vuelva líquido para poderlo mezclar con la tierra; conviene calentarlo hasta 120°C, no más porque se vuelve como chicle y empieza a despedir gases venenosos. El líquido caliente se mezcla con la tierra en proporción de una parte de azufre -- por 4 de tierra, en peso. La tierra puede ser preponderantemente arenosa. Conviene que al líquido de azufre se le añada un plastificante como el aceite vegetal en una proporción de 1 parte de plastificante por 50 partes de azufre. El -- plastificante necesario porque el azufre sólo es quebradizo.

Métodos de fabricación de los bloques de adobe

Método manual.- Es poco recomendable para producciones masivas debido a su bajo rendimiento y deficiente calidad de fabricación.

El proceso de elaboración de bloques aplicando este método se inicia haciendo unos moldes que pueden ser para elementos huecos o macizos. (Fig. 25)

Los moldes son generalmente de madera con dimensiones de acuerdo al tamaño del bloque que se desee (fig.26) La madera se puede forrar con lámina galvanizada para protegerla y evitar que la tierra se pegue a las paredes, que en todo caso deben estar aceitadas o engrasadas.

La forma en que se coloca la tierra dentro del molde es mediante 3 capas, compactadas cada una con pisón, pudiéndose compactar y enrasar en la última capa.

El siguiente paso es sacar la pieza del molde (fig. 27) operación en la que, por lo regular, si la humedad no es la adecuada el bloque se desmorona o deteriora.

La elaboración de bloques se puede hacer bloque por bloque -- o con moldes divididos en varias partes, fabricando varias piezas simultáneamente (fig. 28). En ambos casos la compactación se realiza con pisón o mazo, y el bloque se obtiene desarmando el molde para facilitar el secado.

Las piezas obtenidas se curan, periódicamente, conviniendo cubrir las con paja para evitar erosiones y fracturas por secado rápido (fig. 29).

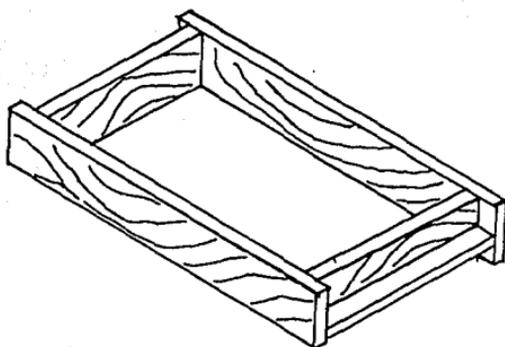
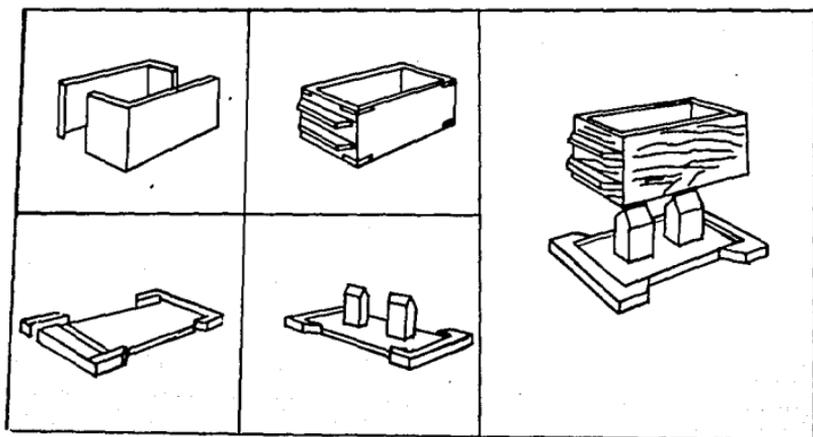


FIG. 25 Moldes para la elaboración de bloques huecos o macizos.

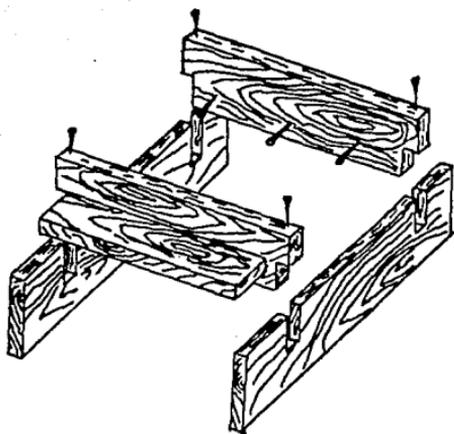
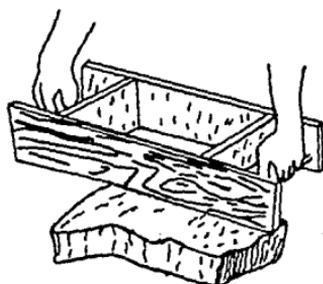


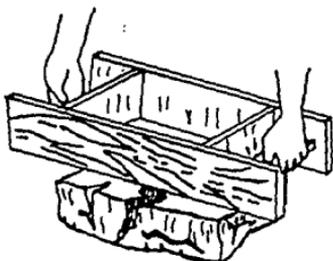
FIG. 26 Se muestra el molde típico de madera para la elaboración de adobes macizos.

FIG. 27

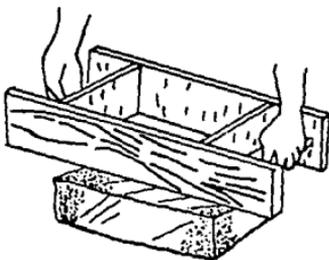
Se muestra el acabado de las piezas de adobe del molde. En la Fig. (a) se observa un bloque deformado por el exceso de humedad, en la Fig. (b) se presenta un bloque agrietado por falta de humedad y en la Fig. (c) se aprecia la apariencia que debe tener un adobe, cuando es sacado del molde.



(a)



(b)



(c)

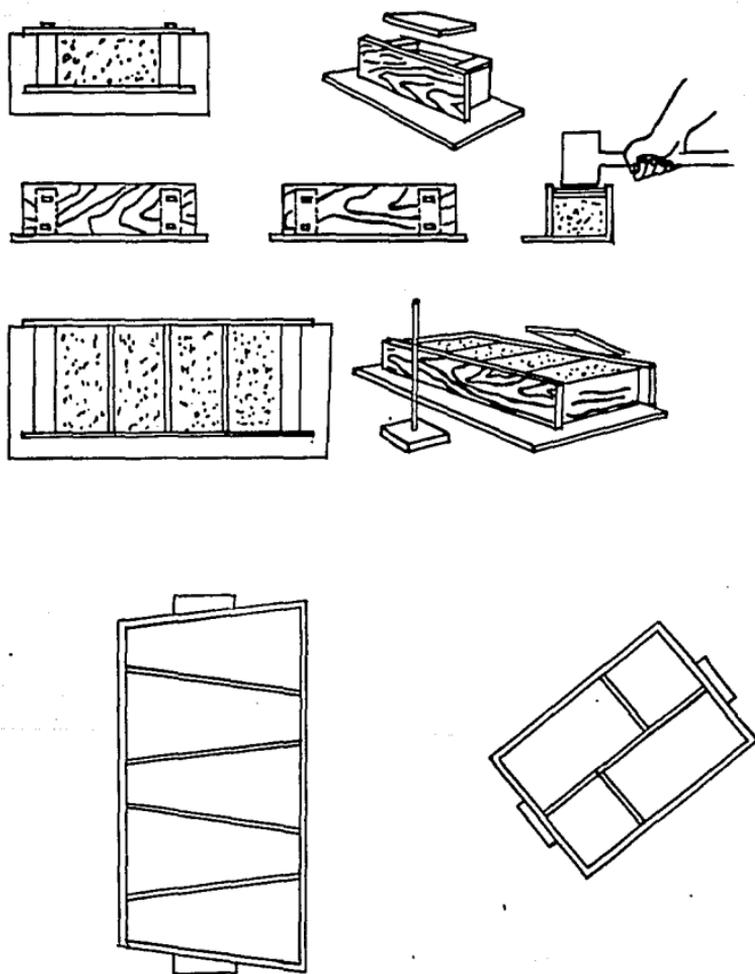


FIG. 28. Ilustración de los diferentes tipos de molde, para fabricar a la vez varias piezas, con formas diferentes.

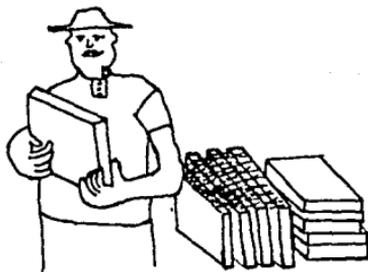
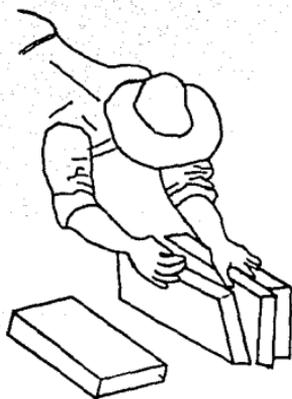


FIG. 29. En el secado de las piezas de adobe, es conveniente colocarles paja para evitar fracturas por secado rápido.

Método mecánico.- Para aplicar este método es necesario adicionar a la tierra elementos que mejoran la resistencia de los bloques.

Existen en el mercado 2 tipos de máquinas para fabricar bloques, las que trabajan por vibrado y las que trabajan por compresión. Al estudiar ambos se encontró que el primero no es conveniente para fabricar bloques estabilizados, ya que el volumen de vacíos no se reduce notablemente al vibrar, ni si obtiene una liga íntima de los componentes, dada la naturaleza arcillosa de uno de ellos. La mezcla compuesta por arena y cemento es la adecuada para este tipo de máquina.

Para compactar por compresión se han perfeccionado varias máquinas que se accionan manualmente o por motor y que producen bloques estabilizados uniformes y de buena resistencia.

Las máquinas más conocidas y empleadas son:

Terracreto.- Prensa de balancín operada a mano, movida por medio de un motor, que produce 500 bloques por hora, en comparación con los 100 ó 150 de la máquina operada a mano.

Winger.-Prensa hidráulica movida por motor de gasolina, que cuenta con una mesa rotativa con 3 posiciones de operación para llenado, prensado y expulsión.

El ritmo de producción es controlado por los operarios y la presión que se le aplica a los bloques es de 70 a 80 kg/cm², por lo que la calidad del bloque que se produce es buena.

Elison Blockmaster.-Opera manualmente, fabrica bloques de diferentes dimensiones gracias al uso de moldes intercambiables.

La producción de esta máquina es de 900 a 1,100 bloques por jornada de 8 horas.

Cinva Ram.- A fines de la década de los 50 se comenzó a prestar atención al suelo-cemento como una alternativa seria a las formas constructivas tradicionales basadas en la utilización del suelo como principal componente.

La Unión Panamericana logró desarrollar la máquina Cinva-Ram, máquina manual que fabrica bloques estabilizados, que ha permitido construir cientos de miles de casa y escuelas de bajo costo en todo el mundo.

La máquina permite obtener bloques de 10x15x30 cm, usando casi cualquier tipo de suelo y un estabilizador, que en la mayor parte de los casos es cemento portland.

La fabricación de los bloques es muy simple y puede ser llevada a cabo por personal completamente inexperto, lo que hace a esta máquina muy adecuada para procesos de autoconstrucción.

En seguida se presenta un informe de características obtenidas con pruebas de bloques de suelo-cemento elaborados con prensa.

Las pruebas se realizaron con la siguiente mezcla:

Tierra compuesta con arenas y 50 % de arcillas y sedimentos a la que se añadía 8 % de su peso en cemento.

Se obtuvieron así bloques de calidad superior a la del ladrillo horneado, con calidades estructurales que pueden ser aprovechadas para edificar casas de uno a dos pisos.

- Resistencia a la Compresión: Los bloques soportaron presiones hasta de 56 kg/cm².
- Presión Transversal: Los bloques resistieron presiones de

550 Kg/m², lo que significa que tiene resistencia a vientos huracanados.

- Resistencia al Deterioro: La pared de bloques prensados goteó solo en las esquinas o juntas defectuosas de mezcla. La superficie no protegida mostró muy ligera erosión después de severas pruebas.
- Impacto y presión concentrada: La resistencia resultó más alta que la de bloques de mampostería.
- Resistencia a fuerzas excéntricas o torsiones: Esta es la fuerza que se ejerce en una pared al hundimiento de una parte del cimiento, o a la fuerza que comúnmente ejerce un sismo en una pared. La pared de ensaye resistió el doble de la fuerza aplicada a la pared corriente y 1/3 más de la fuerza aplicada a una pared de bloques de cemento.
- Resistencia al fuego: El bloque de Tierra-Cemento es incombustible.
- Aislamiento: La relación de paso de calor por la pared de bloques prensados es más o menos igual a la de una pared de concreto macizo del mismo espesor.

En México el Instituto Nacional de la Vivienda construyó en 1968, dos casas tipo, una para la zona montañosa del país y otra para el Estado de Yucatán, con muros de suelo-cemento fabricados por la máquina Cinva-Ram.

Una de estas casas se localiza en la Unidad Experimental de Vivienda Rural en la colonia Agrícola Oriental, en el D.F.

Craterre: Esta Asociación trabaja desde hace más de 10 años en Europa, Africa y América. Tiene como meta principal la -

revalorización de las tecnologías de construcción utilizando la tierra como material base.

Craterre ha diseñado y construido en 1980 un primer prototipo de prensa construida con materiales comprados en el mercado. Esta prensa puede fabricar bloques de diferentes formas según el uso a que se destinen éstos.

A la muestra se le aplica una presión de 10 a 20 kg/cm^2 , pudiendo producirse 900 bloques por jornada de 8 horas.

Ital Mexicana: Ha estabilizado bloques con diferentes elementos como son:

- A través de tratamiento químico con aditivo obteniendo un bloque con resistencia superior a 75 kg/cm^2 y un alto grado de impermeabilidad.
- Con emulsiones asfálticas o aditivos base látex con los cuales logró producir bloques con una resistencia promedio de 55 kg/cm^2 .
- Con suelo-cemento, teniéndose tres variedades de material cementante: cemento solo, cemento y cal o cal sola; obteniéndose una resistencia promedio para los tres casos de 45 kg/cm^2 .
- Con paja, obteniendo bloques con una resistencia de 40 kg/cm^2 .

Todas estas pruebas se realizaron con una tierra formada por 30 % arenas, 32 % limos, 15 % arcillas y 23 % gravas.

Existen en el mercado 6 modelos de máquinas que son operadas por 3 personas, las cuales producen 1,000, 2,000, 3,000, ---

5,000, 8,000, 12,000 bloques por jornada de 8 horas, con el proceso siguiente:

- La tierra se pulveriza por medio de rodillos.
- Se realiza la clasificación del material.
- Se dosifican los elementos de estabilización.
- Se mezclan los estabilizadores con el suelo.
- Se coloca la mezcla en la máquina, la cual mediante una presión de 20 ton/cm² prensa los bloques obteniéndose buenas resistencias.

A continuación se presenta una lista comparativa de resistencias a compresión de diversos bloques, tabiques, bloques de adobe y bloques estabilizados de adobe disponibles en el mercado:

| <u>M A T E R I A L</u> | <u>RESISTENCIA A LA COMPRESION</u> |
|----------------------------|------------------------------------|
| * Block hueco vertical | 150 kg/cm ² |
| * Block hueco horizontal | 55 kg/cm ² |
| * Tabique hueco vertical | 150 kg/cm ² |
| * Tabique hueco horizontal | 70 kg/cm ² |
| * Tabique sólido | 170 kg/cm ² |
| + Tabique convencional | 52 kg/cm ² |
| + Tabique cocerámica | 150 kg/cm ² |
| - Adobloque | 75 kg/cm ² |
| - Adobond | 55 kg/cm ² |
| - Adocón | 45 kg/cm ² |
| - Adopaja | 40 kg/cm ² |
| - Ladrillo rojo recocido | 70 kg/cm ² |
| • Adobe normal | 10 kg/cm ² |

* LA HUERTA, S.A.

+ COCERAMICA

- ITAL MEXICANA, S.A.

Como podemos observar de la tabla la resistencia a la compresión del adobe aumenta considerablemente al adicionarle algunos elementos estabilizantes.

IV. MEJORAMIENTO EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO O ESTRUCTURA

La estabilización del material para el adobe por lo general se utiliza solamente en construcciones nuevas, debido a que el mejor comportamiento de una edificación, se logra cuando existe una homogeneidad en el material que la compone. En la reparación de viviendas existentes, la mezcla de adobes comunes y adobes estabilizados podría ser contraproducente.

El aspecto que limita principalmente la utilización de bloques de adobe estabilizados es su mayor costo de fabricación ya que los estabilizantes que proporcionan mejores resultados son los de una elaboración más sofisticada como el asfalto o el cemento, los que elevan el costo del bloque de adobe por encima del costo del tabique recocido, haciendo desaconsejable su empleo.

Es decir, al mejorar el material constituyente de los bloques de adobe, éstos se encarecen; por lo que una mejor alternativa es buscar una mejoría de la estructura o del sistema constructivo, que además se encuentre al alcance de la gente de bajos recursos; sobre todo de la población rural con necesidades de mejorar su vivienda.

En este capítulo presentaremos las técnicas que mejoran el comportamiento estructural de las casas de adobe, considerando los tres casos siguientes:

1. Procedimientos tradicionales que mejoran el comportamiento estructural.
2. Técnicas para la estructuración de casas nuevas.
3. Técnicas para la reparación o reforzamiento de casas existentes.

1. Descripción de procedimientos tradicionales que mejoran el comportamiento estructural.

- a. La utilización de dinteles en los espacios abiertos, es necesario, para sostener las hiladas de adobe sobre dichos espacios (ventanas, puertas, etc.), así como parte de la carga producida por el techo. Los dinteles empleados tradicionalmente son de madera o madera rolliza (troncos). Para que se logre un buen comportamiento de un dintel, es importante que éste se encuentre confinado por el mismo adobe, es decir, el dintel debe penetrar en el muro 50 cm. por lo menos. De esta manera se evita su desprendimiento y con esto una falla parcial del muro y del techo.
- b. Es de suma importancia el cuatrapeo de los bloques de adobe en las esquinas de unión entre muros. El cuatrapeo adecuado permite una buena liga entre muros, evitando el volcamiento de alguno de ellos ante una sollicitación o el agrietamiento de la unión.
- c. También se pueden utilizar los contrafuertes, elementos exteriores en forma de columnas contruidos de los mismos bloques de adobe en esquinas e intersección de muros. La ventaja de los contrafuertes consiste en proporcionar mayor rigidez a los muros, mejorando su resistencia a la flexión y evitando el volcamiento, etc. La sección de los contrafuertes depende de las dimensiones de los muros pero una saliente recomendable es la de 50 cm. usando secciones en forma de "cruz o L".

El contrafuerte puede construirse también en forma cuadrada, dando así mejores resultados, a consecuencia de su mayor rigidez. Los contrafuertes combinados con otros sistemas de refuerzo dan muy buenos resultados.

- d. El espesor de los muros se encuentra muy relacionado con otros factores, como la altura de los muros, el peso que sportan, así como las características del material con el cual ha sido elaborado el bloque, en general tierra con un estabilizante barato (paja, -- etc.)

El sentido común dictamina que a mayor altura mayor tiene que ser el espesor de los muros, pero hay que considerar que al crecer el espesor, aumentan los elementos mecánicos, como los Momentos. Por esta razón se ha determinado una altura adecuada para un espesor determinado, de modo que el grosor proporciona mayor rigidez a los muros por el mayor momento de inercia de éstos, pero sin convertirse en un efecto contraproducente, como se detalla en el capítulo II.

En general conviene que los muros no tengan mucha altura, ya que de esta manera reducimos efectos perjudiciales para la vivienda. De igual forma al reducir los claros, trae consigo un mejor comportamiento, reduciendo los Momentos por flexión. La manera de reducir un claro, sin modificar la longitud es colocando contrafuertes a una distancia de $10e$, (e es igual al espesor del muro) o construyendo muros divisorios que arriostren en puntos centrales al muro en estudio.

- e. Uno de los aspectos que en primera instancia debe ser examinado es el concerniente a la forma de la planta de la vivienda, ya que sus efectos favorecen o perjudican el comportamiento estructural. Se puede conseguir una mejor respuesta estructural en casas de planta cuadrada, inclusive aún mejores resultados en viviendas con planta de forma circular; de menor bondad son las plantas rectangulares, donde el largo no debe

exceder 1 1/2 veces el ancho; las viviendas con plan-
tas en "L" o asimétricas, no son recomendables para
construcciones a base de adobe.

- f. Otra medida importante, es la reducción de los espa-
cios abiertos, como ventanas y puertas, cuidando que
la relación de altura o longitud de la porción de mu-
ros que limita con huecos, no sea superior a dos, pa-
ra evitar problemas en los mismos. Adicionalmente,
los vanos deben estar enmarcados o cuando menos debe
tenerse un dintel de madera o concreto sobre el vano
de la puerta o ventana, ya que una fuente muy frecuen-
te de daños y colapsos, lo constituye la presencia de
huecos no reforzados, en los que la concentración de
esfuerzos en las esquinas provoca la iniciación de --
grietas diagonales que llevan a la falla al muro.
- g. La colocación de una cimentación adecuada y resisten-
te, permite que los muros no se agrieten, ya sea por
hundimientos diferenciales del suelo o por incremento
de las sollicitaciones sísmicas.

Los cimientos a base de piedra unida con mortero de -
lodo no son recomendables, puesto que al secarse el
lodo se contrae, dejando huecos que posteriormente -
pueden producir asentamientos. En algunas ocasiones,
si se tiene suelo muy duro, los bloques pueden desplan-
tarse directamente sobre el terreno pero esto tiene -
el inconveniente de propiciar la erosión de los muros,
por la humedad del suelo o por las lluvias, que llegan
a reblandecer al adobe mermando su resistencia. No es
conveniente cimentar sobre suelos blandos o húmedos, -
al igual que sobre suelos de relleno.

- h. La reducción del peso de los techos, ayuda en gran --

medida al comportamiento estructural, puesto que se reduce la fuerza cortante que actúa sobre los muros. Especialmente en zonas sísmicas, no es recomendable emplear terrados por su gran peso, además por el acelerado deterioro que tiene la madera en contacto con la tierra; para esto último, se recomienda rodear la madera con un plástico que la proteja y sustituirla cada 10 años. También es conveniente rigidizar los techos, por medio de arriostramientos con alambón u otros elementos, con la finalidad de constituir un diafragma rígido en el plano del techo.

2. Técnicas para la estructuración de casas nuevas.

- a. La ubicación de la casa debe ser estudiada con mucha precaución, tomando en cuenta el tipo de terreno donde se va a establecer, así como el lugar. Los suelos de relleno, al no ser partes naturales del suelo, se encuentran flojos o muy deformables, con el peligro de hundirse con facilidad, máxime si la construcción se sitúa parcialmente sobre terreno firme y parte en suelo de relleno. De igual manera son desaconsejables los terrenos húmedos, que también pueden hundirse con facilidad o desnivelarse, además que su humedad daña al adobe.

En cuanto al lugar, la casa no debe ubicarse cerca de barrancas, ni próxima a laderas, para evitar que al fallar los taludes la edificación se dañe o le destruya. (Fig. 30, 31, 32, 33, 34).

- b. La planta de la vivienda preferentemente debe ser cuadrada o en su defecto rectangular, sin que el largo exceda 1 1/2 veces el ancho, con la finalidad de lograr un buen comportamiento. Como ya se ha dicho la

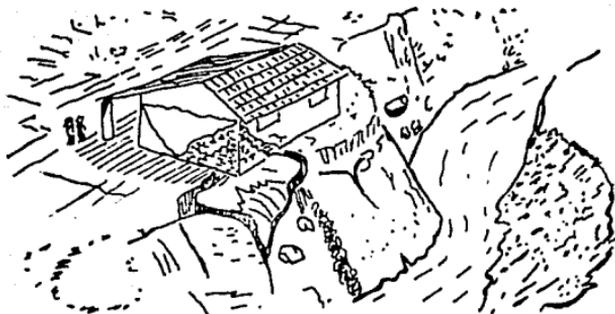


FIG. 30. Las viviendas no deben ubicarse cerca de las barrancas, debido a que la posible falla de talud, provocaría el agrietamiento o colapso de la edificación.

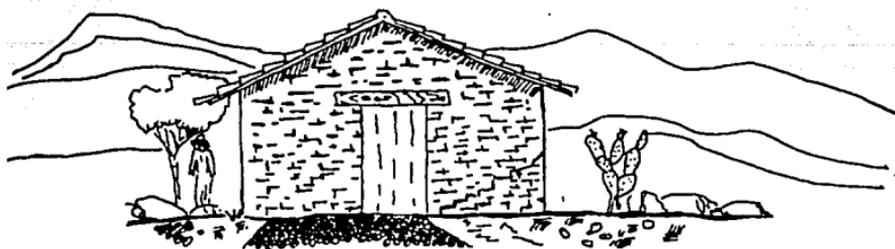


FIG. 31. Al situarse la vivienda en terrenos de relleno, y suelos duros a la vez, origina que se presenten grietas, por hundimientos diferenciales.

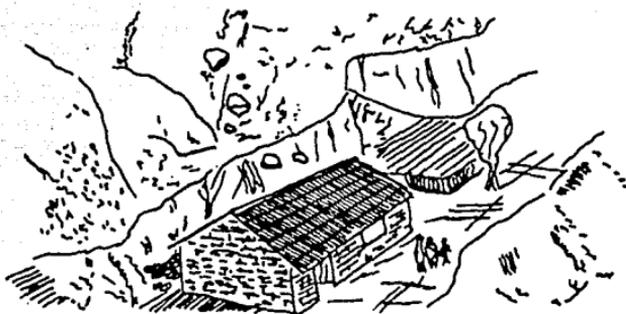


FIG. 32. Las edificaciones situadas cerca de laderas, se encuentran expuestas a la destrucción, por objetos que rueden o inclusive por la misma falla del talud de la ladera.

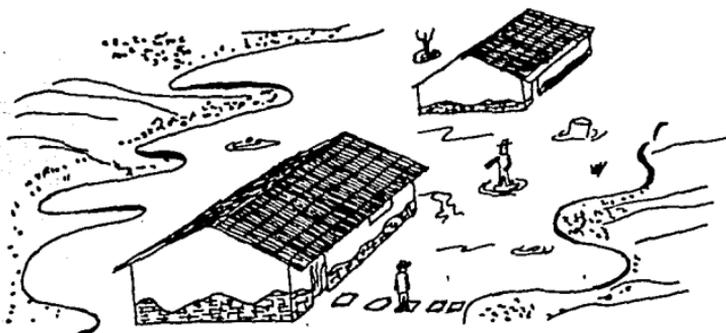


FIG. 33. Cuando existen viviendas en terrenos inundables, pueden presentar colapsos, provocados por el debilitamiento de los adobes con la humedad.

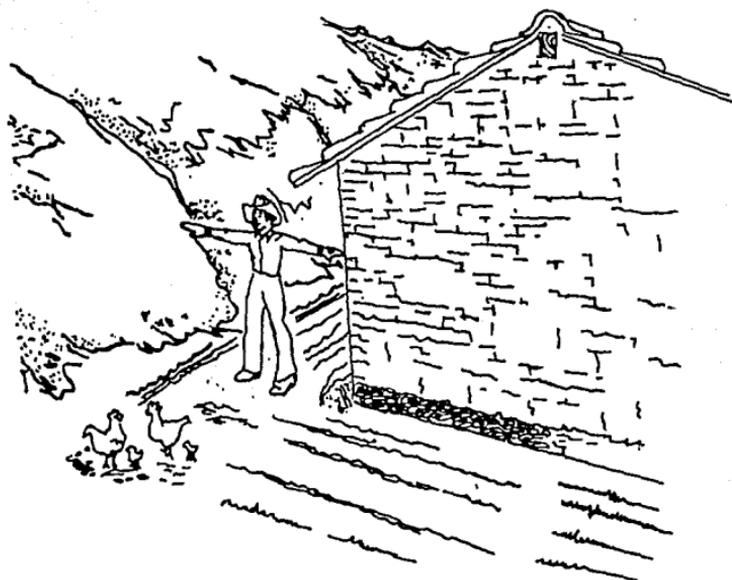


FIG. 34. Es importante que las edificaciones se ubiquen a una distancia aproximada de 3 m. de la ladera, para evitar problemas estructurales en la vivienda.

la vivienda de planta circular es mejor, en cuanto a respuesta estructural, pero no funcionalmente, porque desaprovecha mucho espacio. (Fig. 35, 36, 37, 38).

- c. Para describir las técnicas de estructuración de casas nuevas, nos abocaremos a los siguientes elementos estructurales:

- Cimientos
- Muros
- Techos

- cl. Cimientos. - Para determinar nuestra cimentación a emplear, en primer término tendremos que conocer la resistencia del suelo o su dureza. Para este efecto se recomienda una regla práctica, dado el poco requerimiento de resistencia por parte del suelo. Disponiendo de un pico y una pala, esta regla indica que:

- En suelos blandos penetra la pala.
- En suelos duros entra el pico.
- En suelos muy duros solamente el pico raya. (como se muestra en la Fig. 39).

Pueden emplearse por supuesto métodos más técnicos para determinar la resistencia del suelo, aunque para la construcción de viviendas rurales estos no son costables ni prácticos.

Los cimientos más convenientes son los de piedra junta da con mortero de cemento y tan profundos que lleguen al terreno duro, o tener cuando menos 40 cm. de profundidad y ser de 20 a 30 cms. más anchos que el muro a construirse; además deben sobresalir por lo menos 15 cms. de la superficie para protección contra la humedad, en el llamado sobrecimiento igual al ancho del muro. (Fig. 40).

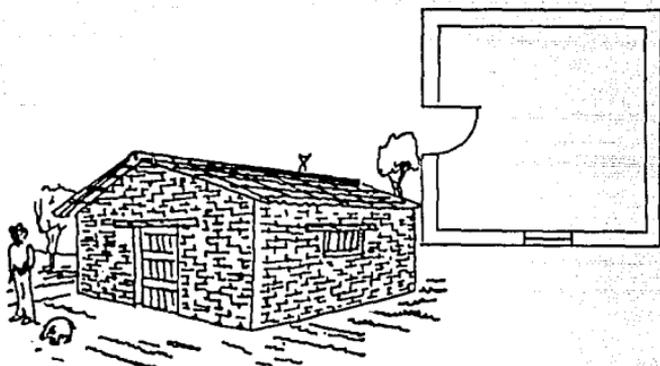


FIG. 35. Se obtiene un mejor comportamiento estructural ante sismos, en construcciones de forma cuadrada.

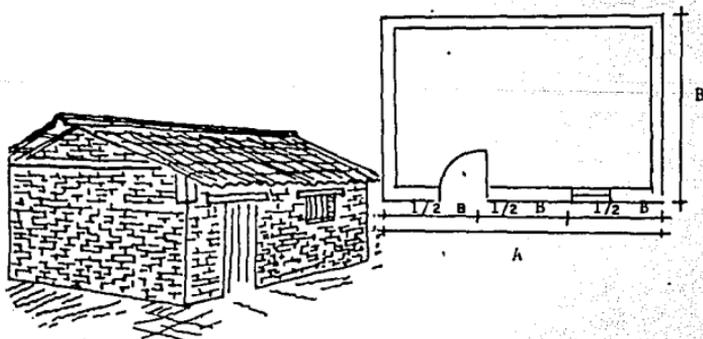


FIG. 36. Con el propósito de conseguir una mejor respuesta estructural, en viviendas de forma rectangular, el largo no debe exceder de 1½ veces el ancho.

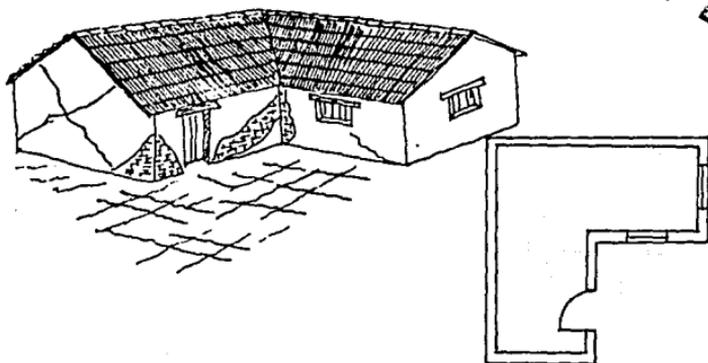


FIG. 37. Con edificaciones de forma en escuadra, se logra deficiente respuesta estructural ante sismos.

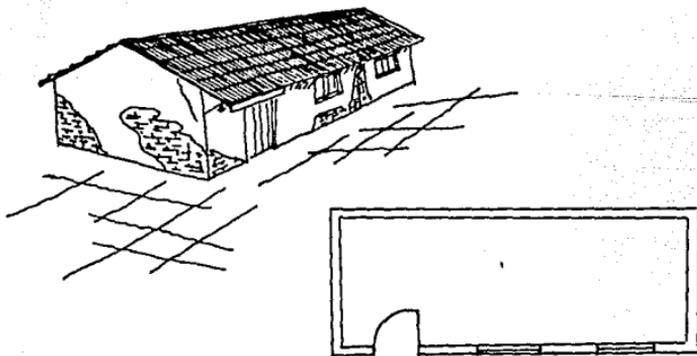


FIG. 38. En construcciones rectangulares alargadas, se presentan frecuentemente fallas debidas al sismo.

ESTA TERIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

FIG. 39. Método práctico para determinar la resistencia del suelo.

- a). suelo blanco
- b). suelo intermedio
- c). suelo duro.



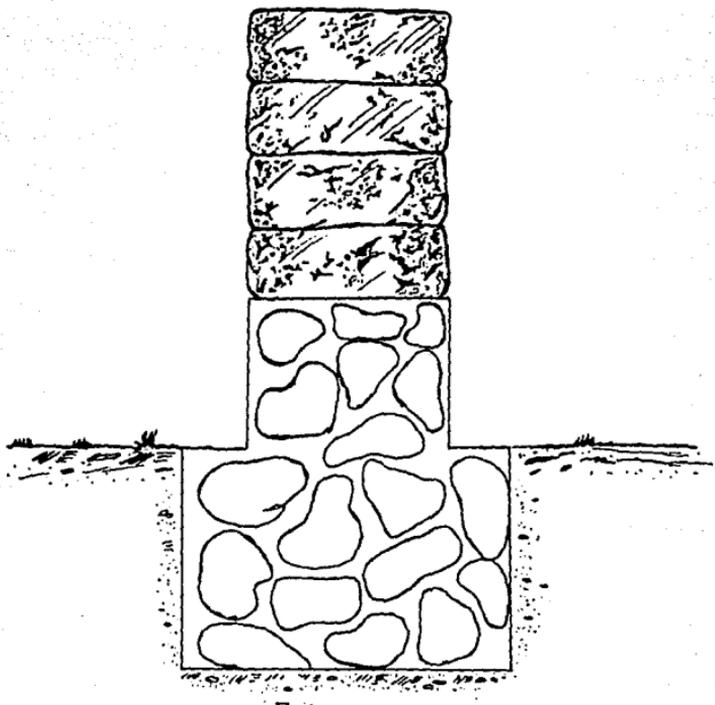


FIG. 40 Aspecto del sobrecimiento. Para protección del muro contra el intemperismo es recomendable que sobresalga del nivel del terreno, por lo menos 15 cms.

La forma del cimiento puede ser trapecial con escarpíos o rectangular. La piedra a emplear en los cimientos, debe ser preferentemente de cantera, braza o similar que no sea muy porosa, evitándose el utilizar piedra bola o de rfo; ya que esta piedra necesita para su junteado mayor cantidad de mortero, lo que ocasiona un mayor costo así como una menor resistencia.

Pueden utilizarse cimientos a base de concreto ciclópeo. Existen cimientos en seco, es decir piedras unidas con capas de arena, pero estos no son recomendables porque no brindan al momento de un sismo la suficiente rigidez para que no se produzca el desajuste total de la estructura.

- c2. Muros. - El reforzamiento de muros para viviendas de nueva creación puede hacerse de muchas maneras, dependiendo de las posibilidades económicas, y de la importancia de la construcción. Entre otros refuerzos pueden utilizarse: el aumento del grosor, la limitación del largo de muro por contrafuertes, los recubrimientos con mortero y malla, los tensores de acero, las vigas perimetrales y los refuerzos horizontales y verticales con caña o alambre.

Por lo que respecta a los espesores de muros, la relación de altura a espesor no debe exceder de 8:

$$\frac{H}{t} \leq 8$$

H = altura del muro
t = espesor del muro

No es recomendable emplear alturas mayores de 2.40 m. ni mucho menos construir viviendas de dos pisos (Fig. 41)

Como medidas conservadoras podemos optar por las siguientes:

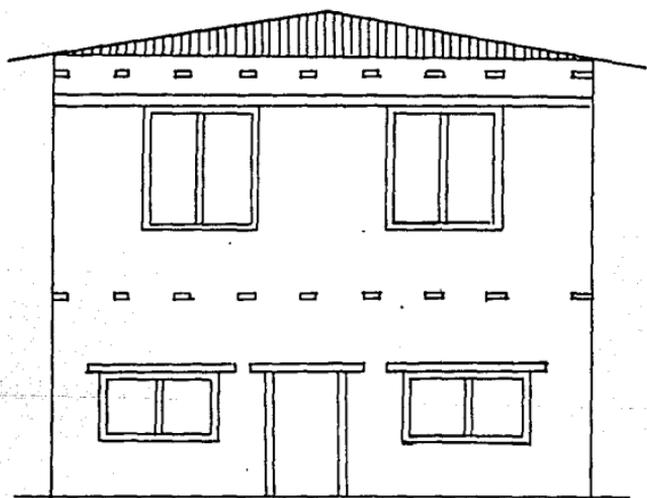


FIG. 41 Aspecto de una edificación de adobe de dos pisos, que no es recomendable construir en zonas sísmicas.

2.40 m de altura - 40 cm de grueso

3.60 m de altura - 60 cm de grueso

Cabe aclarar, ya que tenemos el ancho de nuestro muro, que el bloque debe guardar la proporción de 1:2; es decir el largo del bloque debe ser 2 veces su ancho y su altura no debe exceder de 10 cm. Estas características son aplicables a bloques de fabricación normal, sin estabilizar.

Las longitudes libres de los muros no deben ser mayores a 10t; t siendo el espesor del muro, si es necesario tener muros más largos se puede recurrir a colocar muros divisorios o en su defecto contrafuertes, que sirvan de arriostramiento para reducir fuerzas cortantes en el muro.

El refuerzo por medio de contrafuertes es muy recomendable en zonas sísmicas, gracias al aumento de rigidez que se logra en esquinas e intersección de muros.

El contrafuerte se elabora cuatrasteando los bloques, del muro con los de la mocheta o contrafuerte, ya sea en forma cuadrada o rectangular. La saliente que debe tener el contrafuerte es de 50 cm. hacia la parte exterior e interior de la vivienda - (Fig. 42).

Se ha encontrado que el sistema por mochetas, combinado con otros métodos de refuerzo da muy buenos resultados, como por ejemplo para vigas perimetrales, el contrafuerte de esquina -- permite materializar mejor el encuentro de dichas vigas. (Fig. 43).

El recubrimiento de los muros con mortero y malla es un procedimiento que tiende a incrementar su resistencia y ductilidad así como la protección contra la intemperie.

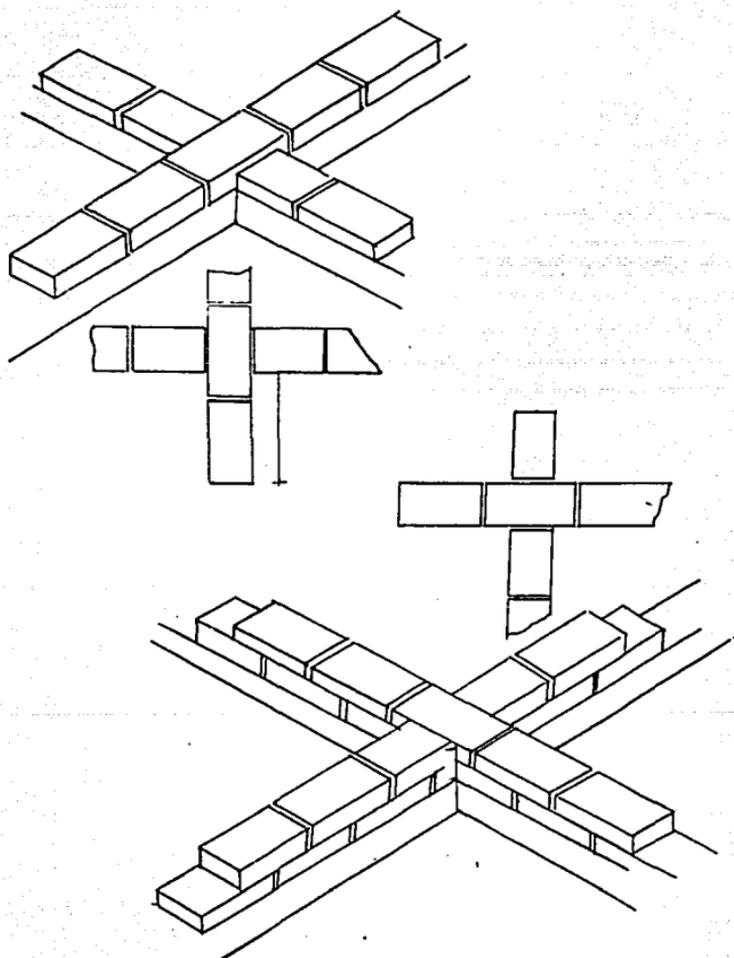


FIG.42 Aspecto del cuatrapeo de bloques, en la intersección de muros y en la fabricación de contrafuertes.

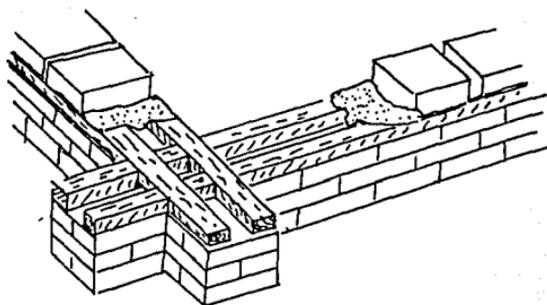


FIG. 43. Se aprecia la combinación del sistema de contrafuerte con el de viga perimetral, para lograr un mejor comportamiento estructural.

Consiste en colocar un recubrimiento de mortero de cemento - sobre una malla de acero de refuerzo fijada cuidadosamente al muro por ambas caras, formando un elemento compuesto de adobe y concreto reforzado. También en ocasiones se utiliza la malla de gallinero fijada a los muros. La malla utilizada comunmente es de 6 X 6 - 14/14 con sujetadores a cada 60 cm. tanto en el sentido vertical como horizontal. De los estudios en mesa vibratoria se desprende que el mejor sistema de refuerzo es el de la malla con mortero, sin embargo tiene el inconveniente de su alto costo (Fig. 44).

Por esta razón se ha ideado abatir el costo por medio de un reforzamiento a base de caña, que consiste en colocar caña tipo carrizo como se indica más adelante.

Este refuerzo es muy conveniente, siempre que se asegure el cosido de las cañas entre sí en los encuentros de muros, se dosifique la cantidad de refuerzos de caña necesaria según la intensidad esperada de la sollicitación y se dispongan las cañas de manera que se formen mallas cosidas que puedan controlar efectivamente las fisuras propias del esfuerzo cortante, mediante cañas horizontales y verticales por dentro del muro cercano a ambas caras. (Fig. 45 y 46).

Mientras que la caña horizontal puede ir en las juntas entre hiladas de bloques, la caña vertical hay que ubicarla en espacios libres dejados expofeso con un aparejo especial entrelazado, a base de bloques en soga y cabeza alternadamente, o con bloques de formas especiales.

Cabe mencionar que el refuerzo de caña, ha sido investigado y utilizado principalmente en el Perú, en donde se ha propuesto el método de cálculo que se describe a continuación.

Para el cálculo de la dosificación de caña, se toman como base los datos siguientes:

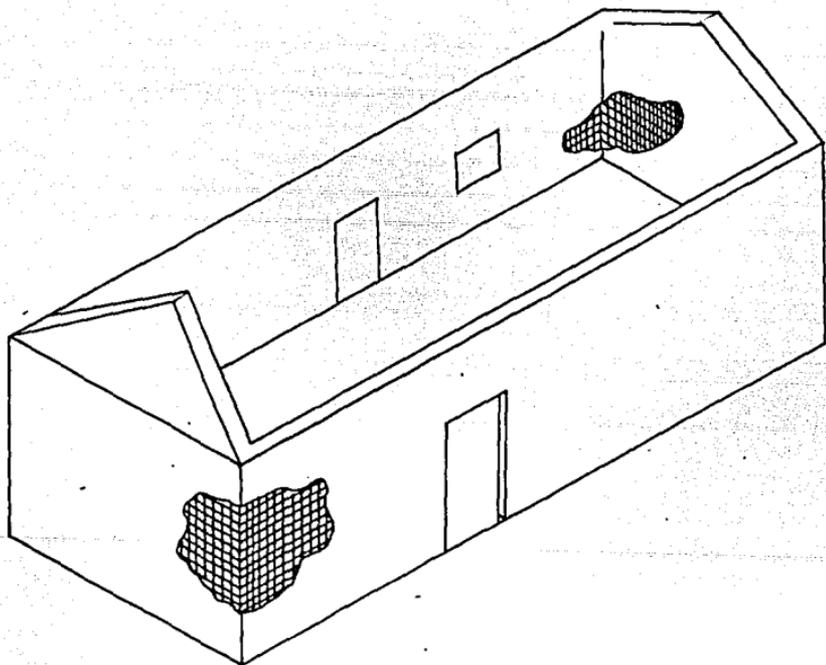


FIG. 44. Recubrimiento de los muros con mortero y malla de refuerzo en ambas caras, para lograr una mejor proyección contra el intemperismo, así como una mayor resistencia.

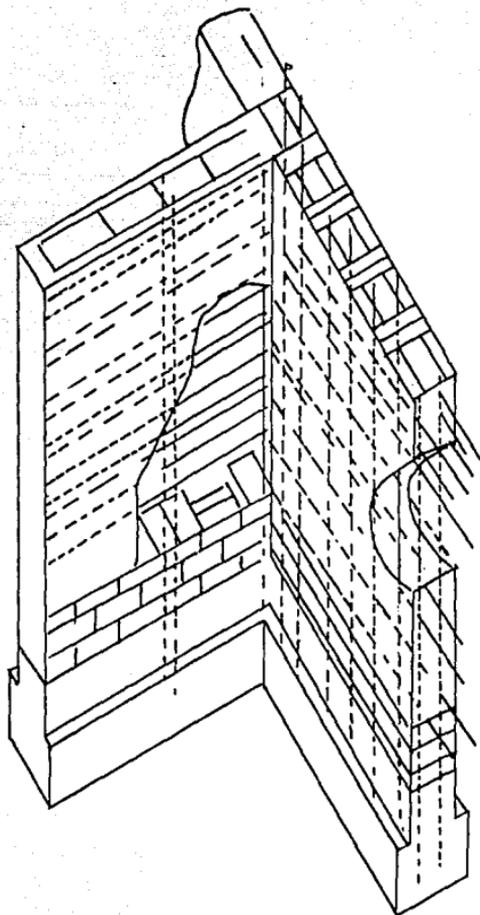


FIG. 45. Perspectiva donde se muestra la colocación del refuerzo a base de caña, en forma horizontal y vertical dentro de los muros.

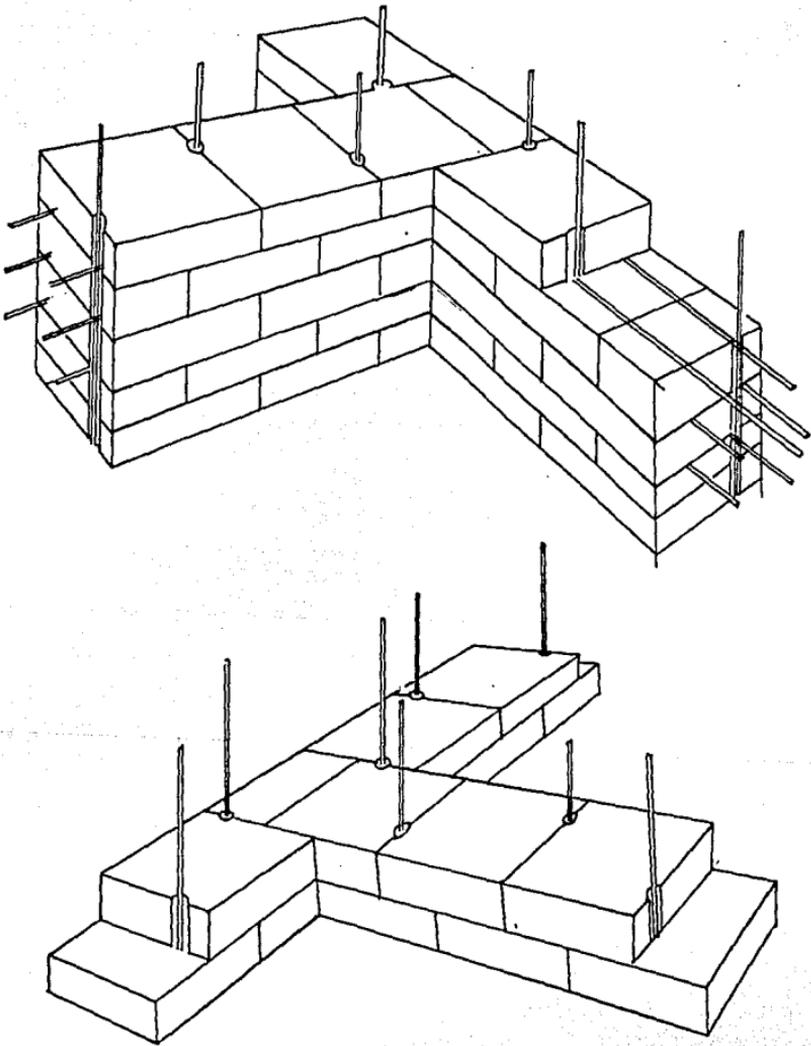


FIG. 46. Empleo de bloques con forma especial, para reforzar los muros con caña.

Resistencia a la tracción de la caña:

$$f's = 1,200 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo permisible de tracción de la caña:

$$f_s = 1/4f's = 300 \text{ kg/cm}^2$$

El refuerzo de caña debe instalarse alrededor de los vanos, - en forma horizontal y vertical en todos los muros a manera de malla y en la parte superior de los muros para que funcione - como viga perimetral de amarre.

En el cálculo de refuerzo en torno a los vanos, se toma en - cuenta que el momento flexionante debido al cortante es

$$M = Vh/2$$

suponiendo el punto de inflexión en lamitad de la altura. El cortante es proporcional a la rigidez del elemento que se analiza. Con el momento se puede conocer el área de caña:

$$A_s = \frac{M}{f_s j u}$$

$$j = 0.87$$

d = distancia del centro de la caña a la fibra extrema en compresión

f_s = esfuerzo permisible de tracción de la caña

Para los refuerzos verticales y horizontales de los muros, se supone una franja típica de un metro de ancho que funciona como una viga simplemente apoyada, en la cimentación y en la viga perimetral superior para el refuerzo vertical, y simplemente apoyada en los muros transversales para el refuerzo horizontal.

Tenemos que el momento máximo es:

$$M_{\text{máx.}} = \frac{F \cdot L}{8} \cdot L$$

$W = c P$; fuerza sísmica

c = coeficiente sísmico

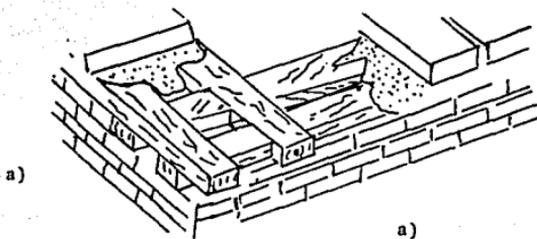
P = peso del muro por "m"

En el cálculo del refuerzo para la sección que funge como viga perimetral, se toma en cuenta el peso del techo tributario a ese muro, más medio peso del muro, obteniéndose una P total. Encontrando así la fuerza sísmica y el momento (se analiza como simplemente apoyada; en el caso que exista un muro divisorio se calcula una viga con tres apoyos o más, tomando el máximo momento obtenido en el cálculo), para conocer el área de caña necesaria. Considerando para esto como viga la formada por las 4 dítimas hiladas.

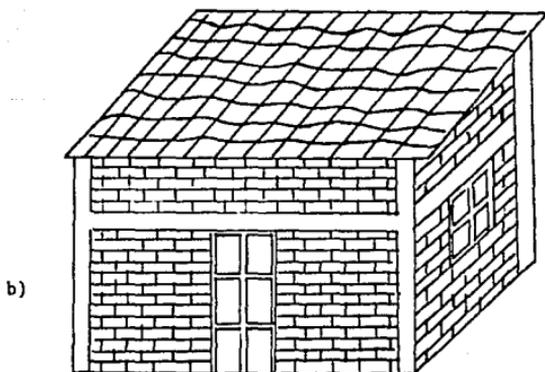
Otra forma eficaz de reforzamiento es la colocación de una viga perimetral en la parte superior de los muros. Se ha observado que estas vigas incrementan en gran medida la resistencia de los muros a la flexión funcionando como apoyo en la parte superior de éstos, que proporcionan continuidad entre los muros transversales, permiten una mejor liga con el techo, reducen los desplazamientos y en general, aumentan la ductilidad de la construcción, mejorando su comportamiento sísmico.

Estas vigas pueden fabricarse de madera de una o varias piezas con refuerzos diagonales en las esquinas, o de concreto reforzado. La madera utilizada en algunas ocasiones es rolliza o de troncos, y en otras es madera aserrada en forma de polines. El empleo de vigas de madera requiere que encima de éstas se coloquen algunas hiladas de adobe con el propósito de confinarlas, dichas vigas se colocan a la altura de puertas y ventanas, o en la parte superior de la vivienda. (Fig. 47).

FIG. 47. Utilización de vigas de madera para el reforzamiento de viviendas de adobe.



a) Ejemplo de la colocación de bloques sobre las vigas con el propósito de confinarlas.



b) Aspecto de una vivienda reforzada con madera.

Algunos investigadores proponen que se dispongan vigas a cada 5 hiladas de bloques de abajo hacia arriba. La forma de uso más frecuente de vigas de madera es la de escalera, constituida dos polines longitudinales colocados en los extremos del ancho del muro unidos entre sí con pequeñas piezas de madera transversales. (Fig. 48)

Las vigas de concreto reforzado han mostrado un mejor comportamiento estructural y tienen además la ventaja de su mayor vida útil, al no intemperizarse como las de madera. En la fabricación de las vigas perimetrales de concreto, es importante que se instale un dentellón en las esquinas así como una canal en la hilada superior de 10 cm. de ancho por 3 cm. de profundidad, con el propósito de evitar deslizamiento de las vigas durante un sismo; las medidas propuestas para el dentellón son 50 cms. de altura por el ancho del muro. (Fig. 49 y 50).

Las vigas perimetrales de concreto se construyen por lo regular de 15 cm. de peralte y del ancho que tenga el muro. El refuerzo de acero se puede estimar con el método que a continuación se describe; donde se hacen suposiciones de acuerdo a pruebas realizadas en construcciones a escala natural, pero que se encuentran sujetas a comprobación con estudios adicionales.

Suponiendo que la aceleración durante el sismo tiene un valor máximo en la parte superior del muro y que decrece hacia la cimentación siguiendo una ley parabólica, con un valor cero a la altura de la cimentación:

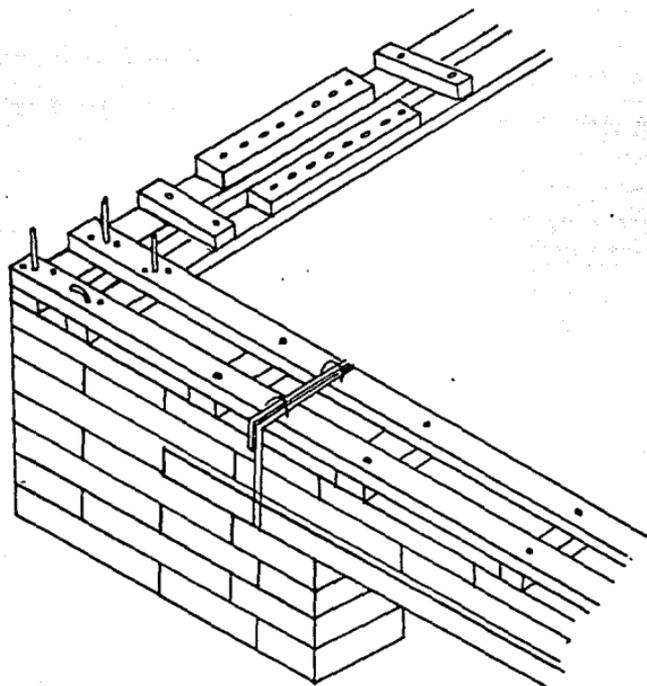


FIG. 48 Utilización de polines con piezas de madera transversa les en vigas de refuerzo.

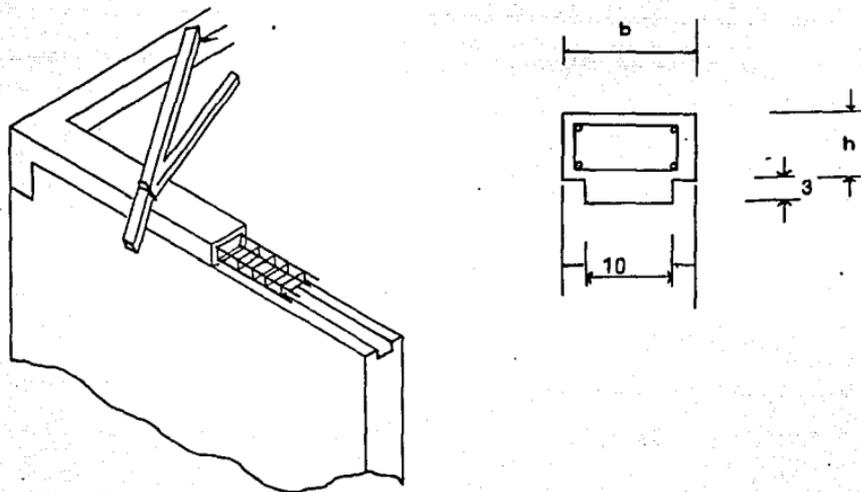
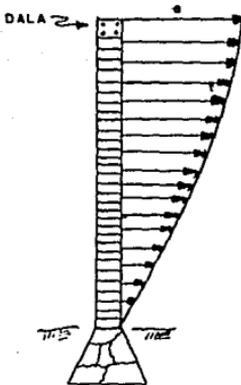


FIG. 49. Viga de concreto reforzado, utilizando dentellones en la intersección de muros, con la cual se logra un mejor comportamiento de la construcción ante sismos.

FIG. 50 Corte transversal de un muro, en el que se observa la utilización de un diente, que evita el deslizamiento de las vigas.





a = aceleración máxima que sufre el muro en su parte superior

$a = 1.5 c$

c = coeficiente sísmico

peso del muro por m^2 :

$P = e \gamma$

e = espesor del muro

γ = peso vol. del adobe

La fuerza sísmica máxima es:

$$F_s \text{ máx.} = e \gamma a$$

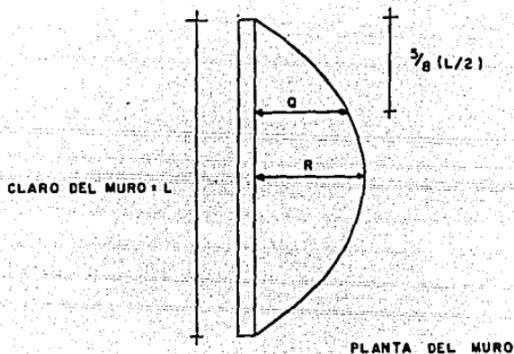
La acción total sobre el muro debida a la carga parabólica es:

$$\frac{2}{3} e \gamma a H \text{ aplicada a } \left(\frac{5}{8}\right) H \text{ de abajo hacia arriba}$$

por lo que se tiene en la dala esta reacción:

$$R = \frac{2}{3} e \gamma a H \left(\frac{5}{8}\right) \frac{H}{H} = \frac{10 e \gamma a H}{24}$$

Pero a la vez en planta al centro del claro de la dala se presenta la aceleración máxima y esta es nula en los apoyos. Por simetría, el $M_{\text{máx}}$ se encuentra al centro del claro, por lo tanto:



$$Q = R(2/3)(1/2) \text{ aplicada a } 5/8 (L/2)$$

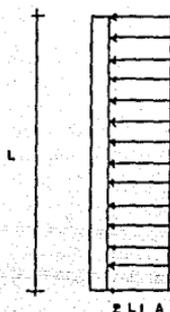
por lo que el momento es igual a:

$$M_1 = Q \cdot (5/8) \cdot (L/2) = (R \cdot L)/3 \cdot (5 \cdot L/16) = (R \cdot L^2)(5/48)$$

sustituyendo R

$$M_1 = (5/48) \frac{10 \cdot e \cdot \delta^4 \cdot a \cdot H \cdot L^2}{24} = 0,043 \cdot e \cdot \delta^4 \cdot a \cdot H \cdot L^2$$

Pero para obtener el momento máximo, se necesita agregar los efectos producidos por la techumbre. Se pueden idealizar estos como una carga uniforme que actúa a lo largo del claro del muro.



Z = peso del techo por m^2

L_t = longitud tributaria de techo para el muro en estudio

F_{s_t} = fuerza sísmica producida por el peso del techo

$$F_{s_t} = Z \cdot L_t \cdot a$$

Por simetría sabemos que al centro del claro, se presenta el momento máximo, tomando la mitad para el análisis:

$$M = \frac{Z \cdot L_t \cdot a \cdot L^2}{8}$$

donde ahora, si nuestro momento máximo actuante sobre el muro es:

$$M_{máx.} = M_1 + M_2$$

y el cortante es:

$$V_{máx.} = \frac{R \cdot L}{3} + \frac{Z \cdot L_t \cdot L}{2}$$

Con estos elementos mecánicos podemos calcular el área de acero necesaria para el refuerzo de la viga.

- c3. Techos. - La recomendación principal en cuanto a la construcción de techos para casas nuevas, es la reducción del peso de éstos, construyéndolos de materiales resistentes y lo más ligeros posible.

Cabe recordar que para un mejor comportamiento estructural, el techo debe fungir como un diafragma rígido en su plano. Esto se logra ligando el techo a los muros por medio de anclaje en la viga perimetral. Además importante es contraventear las armaduras, en el caso de usarlas, por medio de tabloncillos de madera o tirantes de alambro tensado de 1/4". (Fig. 51 y 52).

Quando se utilicen tejas es importante anclar las de la orilla, con alambre para evitar el desprendimiento, además se puede colocar una malla de gallinero que impida la caída de las tejas al interior. (Fig. 53).

En el caso de existir un pórtico la techumbre debe ser la misma que la del resto de la casa, pero es importante que tenga aleros que protejan al muro de la intemperie, con una saliente aproximada de 60 cm. (Fig. 54).

Todos los detalles constructivos de los métodos enunciados en este inciso, se ilustran más adelante.

3. Técnicas para la reparación o reforzamiento de casas existentes.

Existen en nuestro país numerosas poblaciones ubicadas en zonas sísmicas y construidas predominantemente con adobe. La experiencia de sismos recientes indica que en esas poblaciones se produce un gran número de daños que causan graves inconveniencias a la población, en virtud de que las casas de adobe no cuentan en general con las técnicas que hemos descrito para resistir cargas laterales y también debido a que en la mayor parte de los casos por la precaria situación económica de gran parte de la población la mayor parte de esas casas presenta problemas serios de mantenimiento, por ejemplo: muros de adobe erosionados, vigas de madera podrida, infiltraciones de humedad que debilitan paredes y techos, etc.

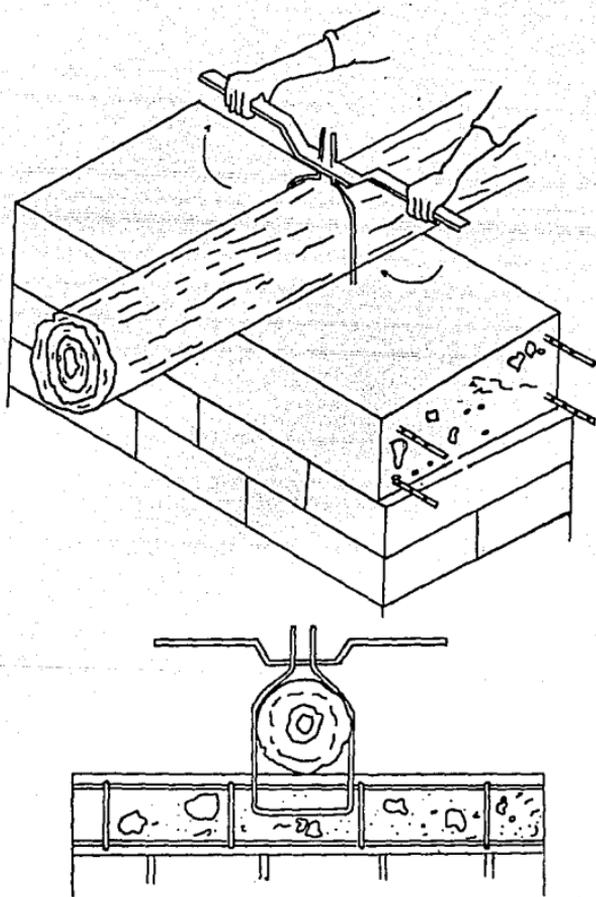
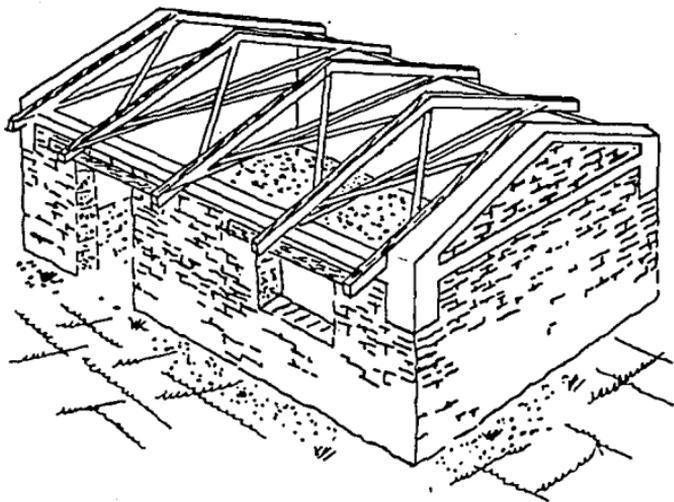


FIG. 51. Procedimiento de anclaje de los maderos del techo a las vigas perimetrales.

FIG. 52 Contraventeo de las armaduras mediante el empleo de tablonos de madera.



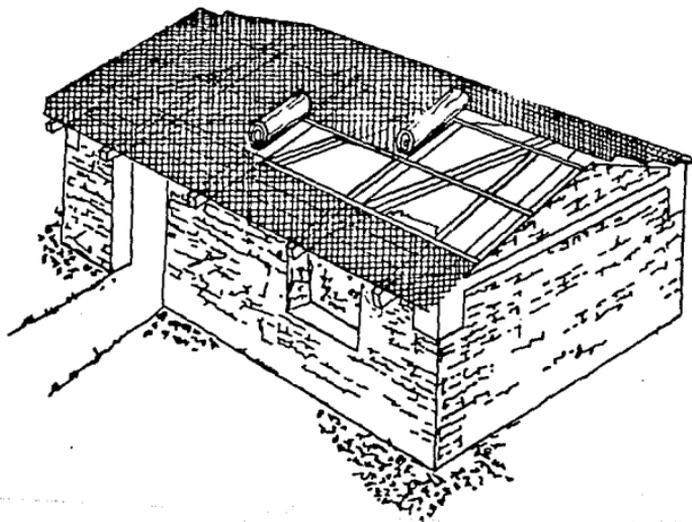


FIG. 53. Colocación de malla de gallinero, para evitar la caída de las tejas de barro hacia el interior.

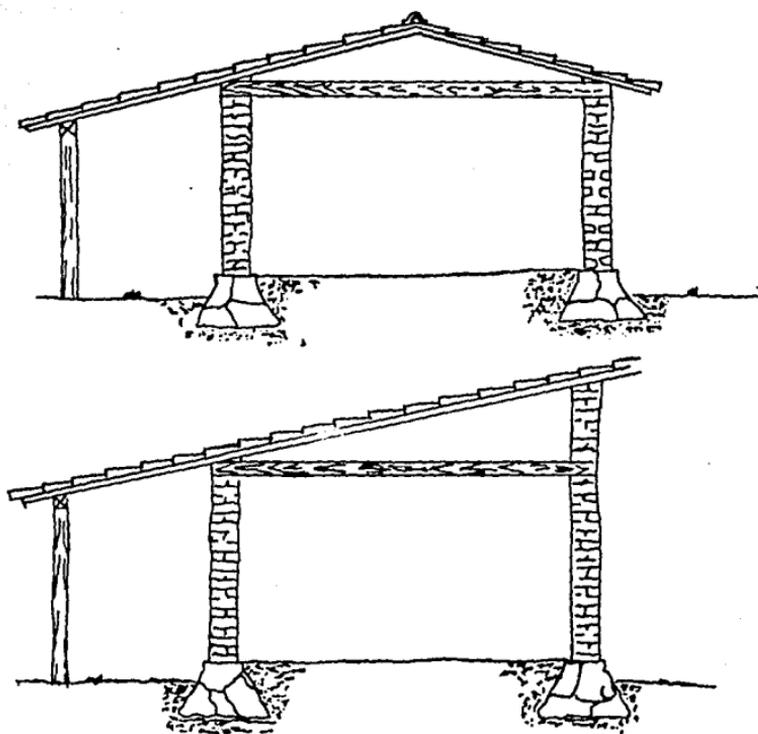


FIG. 54. Es importante que la techumbre del pórtico sea la misma que la del resto de la casa.

Se han planteado en consecuencia problemas sociales graves a raíz de los sismos que afectan a poblaciones rurales en las que el adobe predomina como material de construcción. Dentro de un sentido técnico estricto la mayor parte de las casas dañadas deberían ser demolidas puesto que tienen defectos importantes de origen y su reconstrucción resultaría laboriosa e incierta. Sin embargo esta decisión no puede adoptarse, porque la sociedad carece de recursos necesarios para sustituir las viviendas por demoler. Los propios usuarios de esas viviendas pertenecen a niveles socioeconómicos sin acceso al crédito; - las entidades gubernamentales son a su vez incapaces de afrontar directamente las tareas de reconstrucción porque el costo de la misma, excede en mucho a los recursos financieros de dichas entidades.

Lo anterior conduce a la adopción de una política flexible en la cual se tratará al máximo de rescatar la vivienda dañada empleando técnicas de reparación de bajo costo, al alcance de los usuarios y de poca tecnología para que puedan ser aplicadas por ellos mismos, generándose así lo que pudiéramos llamar -- "técnicas de autoconstrucción".

Es necesario enfatizar que la aplicación de las técnicas que se proponen conduce a viviendas que no son absolutamente seguras; es decir son medidas de compromiso mediante las cuales la población afectada tendrá una vivienda que le prestará abrigo y grado moderado de seguridad; esta posición no cumple desde luego con los requisitos de seguridad usualmente adoptados en el diseño estructural, sino que representa una medida de emergencia dictada por la necesidad.

Numerosas Entidades de investigación y de Gobierno, no sólo en nuestro país sino en todo el mundo, han consagrado esfuerzos importantes a la solución del problema planteado y los resultados se consignan en general en cartillas que con abundante

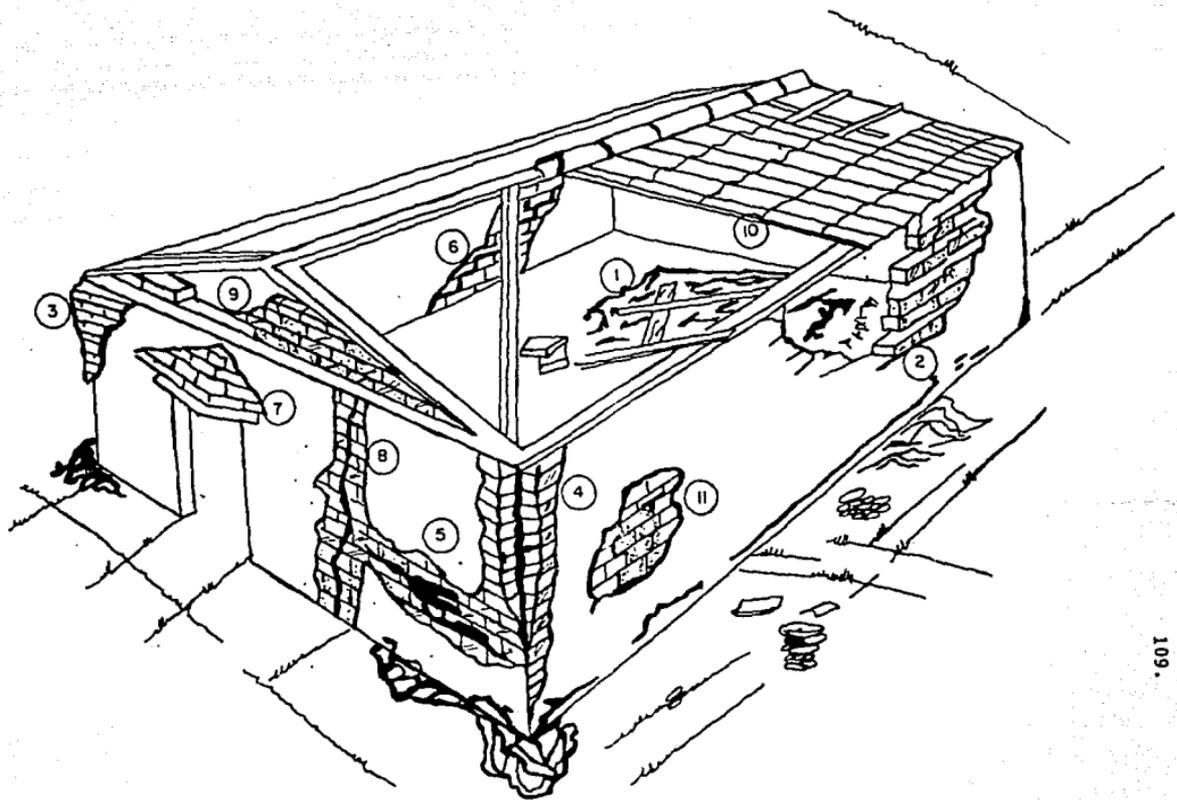
material gráfico y lenguaje sencillo se distribuyen entre la población afectada buscando que ésta las aplique por sí misma para resolver la emergencia.

A continuación presentamos algunas técnicas de reparación y reforzamiento de viviendas dañadas tomadas de diversas cartillas. Se advierte que las explicaciones a estas técnicas no se presentan en el lenguaje dirigido al público sino con el carácter técnico que se requiere en esta tesis.

LAS FALLAS MAS COMUNES QUE SE ENCUENTRAN EN LAS CASAS DE ADOBE Y A LAS CUALES SE REFIEREN LAS RECOMENDACIONES QUE DESPUES SE PRESENTAN SON LAS SIGUIENTES:

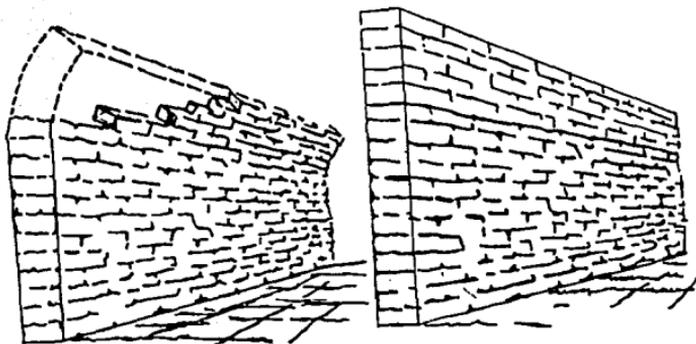
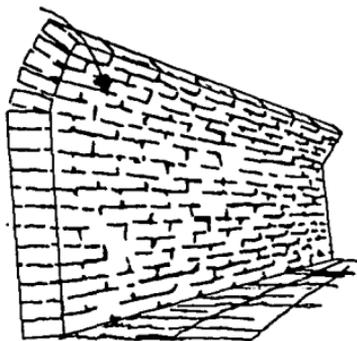
1. Muros desplomados
2. Volcamiento parcial de muros
3. Agrietamiento con desfaseamiento en esquina
4. Agrietamiento vertical en esquinas
5. Agrietamiento vertical intermedio
6. Agrietamiento diagonal
7. Agrietamiento sobre puertas y ventanas
8. Agrietamiento horizontal
9. Agrietamiento o volcamiento del triángulo superior de muros
10. Desprendimiento parcial de techo
11. Desprendimiento de aplanados

Estos números se refieren en la siguiente figura:



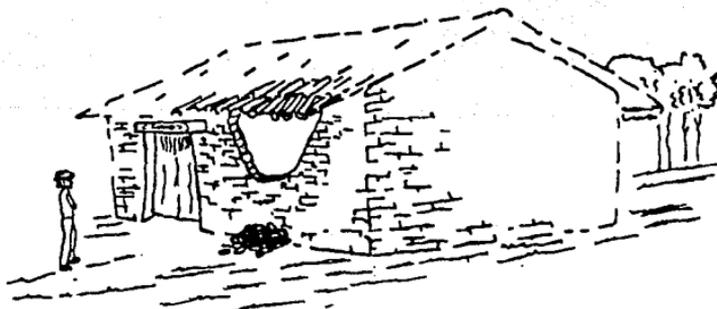
Muros Desplomados

Si el grado de desplome no es peligroso el muro puede conservarse; en caso contrario, debe demolerse la parte desplomada.

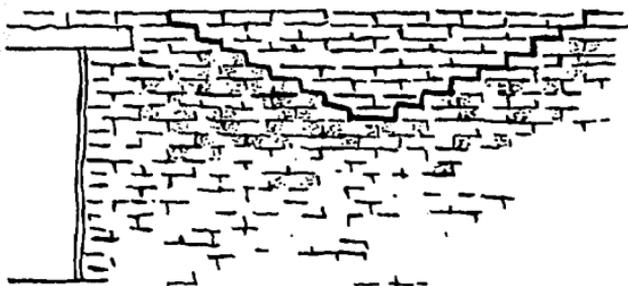
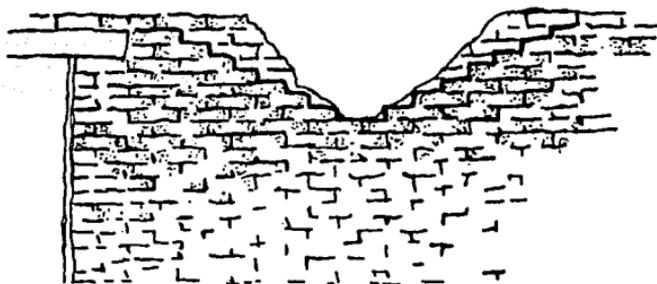


REPARACION DE MUROS VOLCADOS PARCIALMENTE

Eliminar los bloques de adobe fisurados y reconstruir aprovechando los adobes desprendidos no dañados



Reparación de zonas volcadas

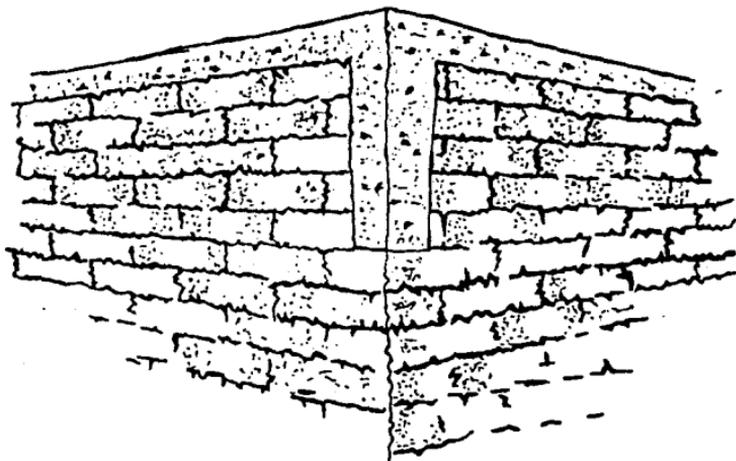


REPARACION DE ESQUINAS DISLOCADAS

1. Eliminar el material desprendido
2. Reconstruir la esquina cuatrapeando y uniendo los bloques con mortero.

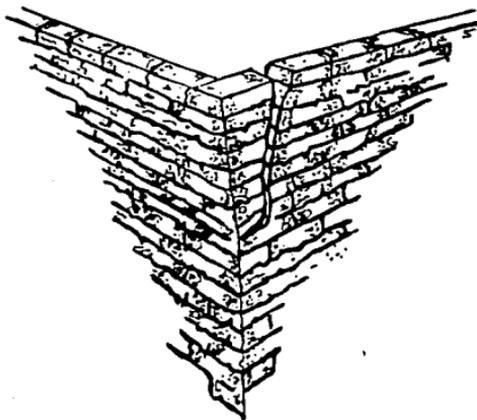


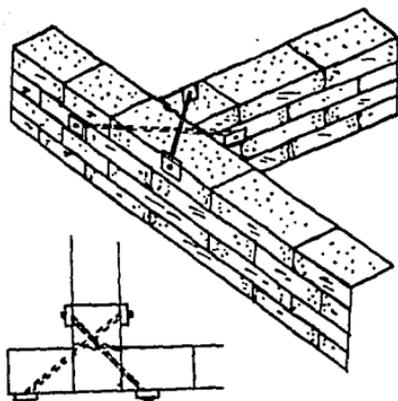
3. Construir un dentellón de 50 cms. en la parte superior de la esquina.
4. Construir una dala de concreto armado en la parte superior de los muros.



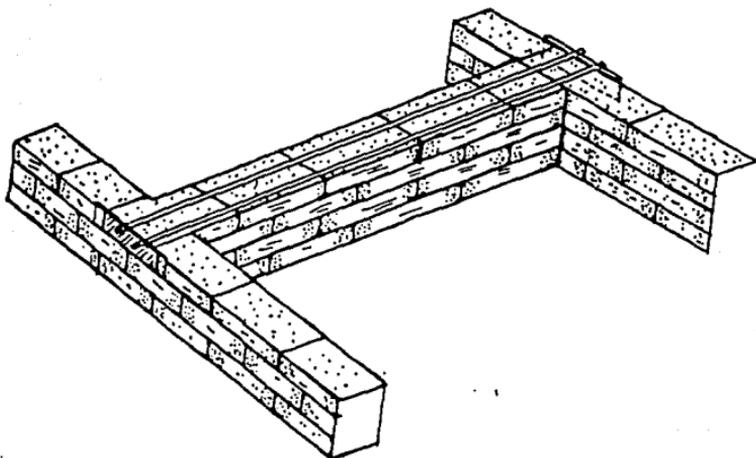
REPARACION DE AGRIETAMIENTO VERTICAL EN ESQUINAS

1. Verificar el desplome de los muros.
2. Si el desplome no es peligroso, rellenar la grieta con una mezcla de barro, cal y rajuela.
3. Si el grado de desplome es peligroso, reconstruir cuatraperando con adobes nuevos el muro.
4. En todos los casos es conveniente una dala perimetral y dentellones.

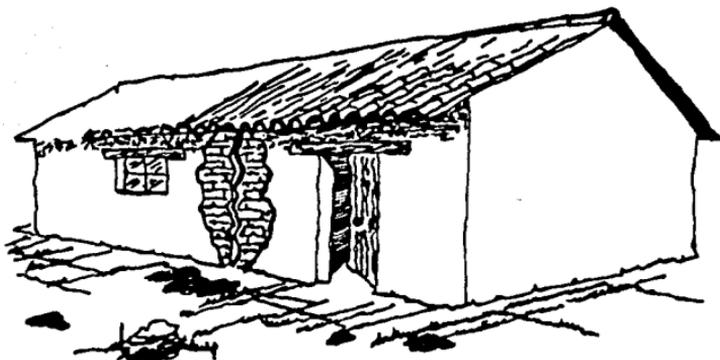




5. o colocar tirantes de acero para evitar la propagación del agrietamiento.

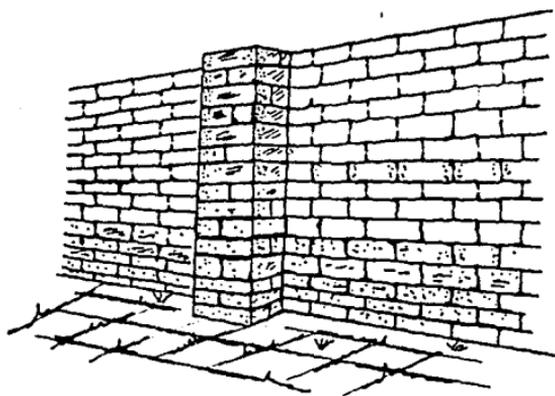
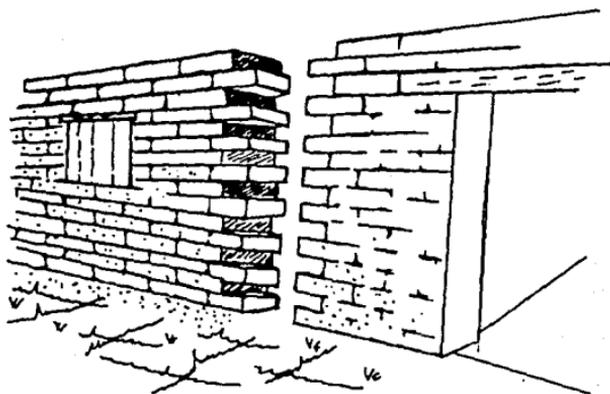


REPARACION DE AGRIETAMIENTO VERTICAL INTERMEDIO



1. Reparar los adobes dañados.
2. Construir un contrafuerte.
3. Si la abertura de la grieta es pequeña, basta retacarla con la mezcla de barro, cal y rajuela.

COLOCACION DE CONTRAPUENTES

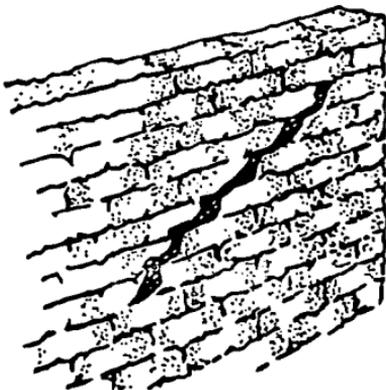


REPARACION DE AGRIETAMIENTO DIAGONAL

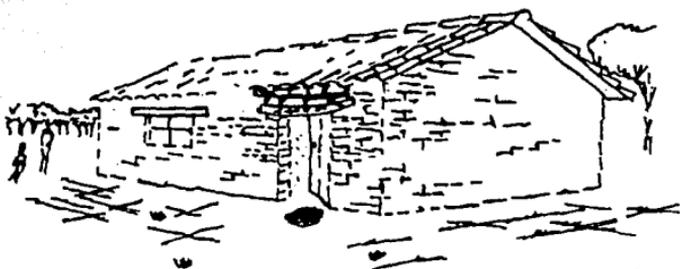
1. Retirar el material suelto localizado en el interior de la grieta.



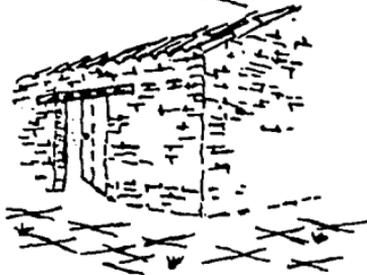
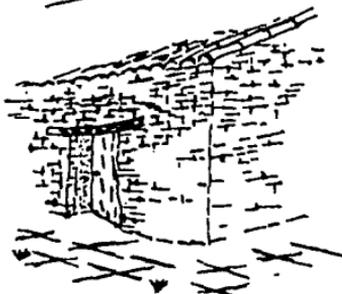
2. Rellenar compactando la mezcla de cal, barro y rajuela.



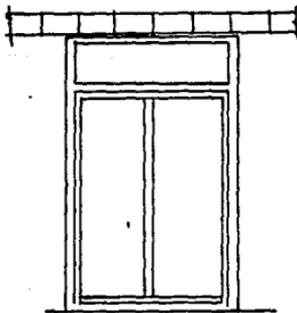
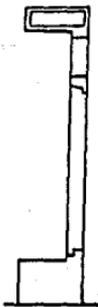
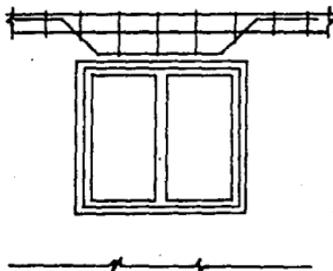
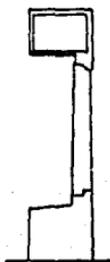
REPARACION DE AGRIETAMIENTO SOBRE PUERTAS Y VENTANAS



1. Retirar las piezas sueltas.
2. Colocar cerramientos o reforzar los existentes.
3. Cambiar los cerramientos deteriorados.
4. Sustituir el adobe suelto o dañado (es conveniente que los cerramientos sean rígidos y empotren 50 cms. en ambos lados).



5. Los cerramientos se pueden construir también de concreto armado.



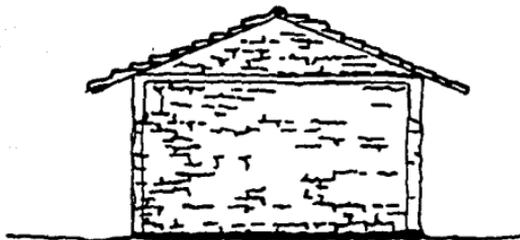
REPARACION DE AGRIETAMIENTO HORIZONTAL

Si el muro no presenta desplome, rellenar el agrietamiento con una mezcla de barro, rajuela o pedacera de ladrillo y cal.



REPARACION DE TECHO

Si el techo ha sufrido desprendimiento; revisar que las vigas de soporte no estén dañadas y que se apoyen en el muro, procurando que sobresalgan de éste.

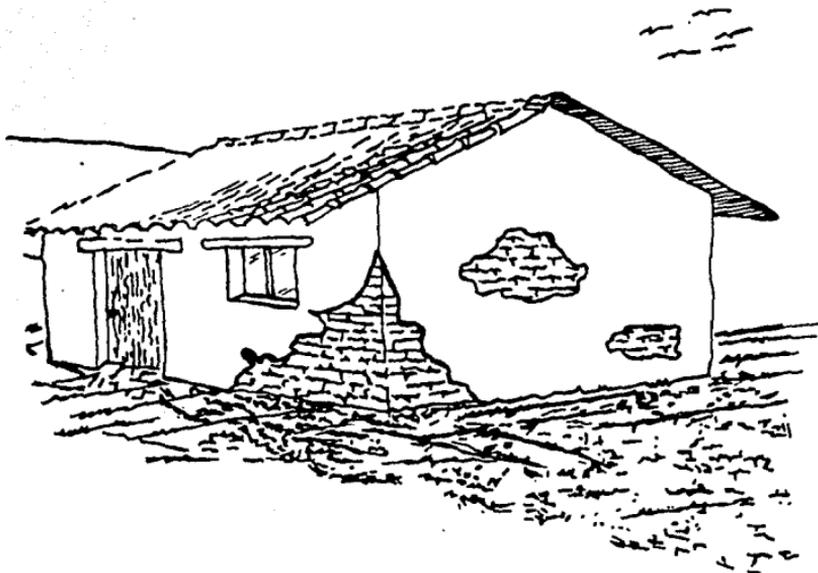


Es importante considerar que:

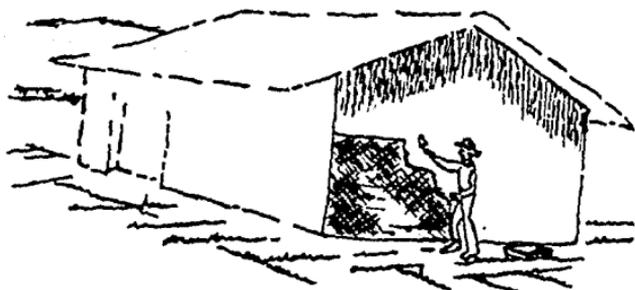
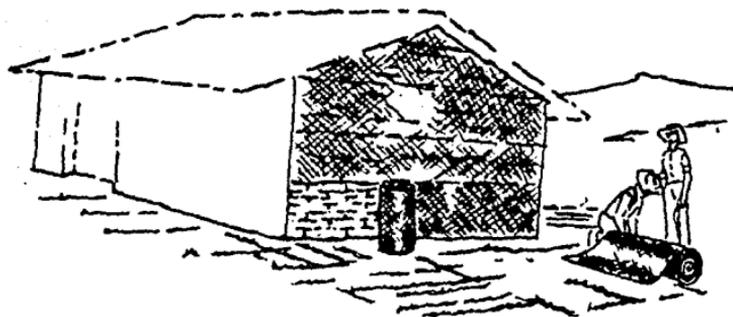
Las armaduras tengan siempre un tirante que las sujete en la parte inferior, evitando así el desplome de los muros por coceo del techo.

REPARACION DE APLANADOS.

1. Retirar el aplanado dañado.
2. Ranurar los muros (para lograr mayor adherencia de la mezcla), o fijar una malla de alambre.
3. Colocar la mezcla o mortero.



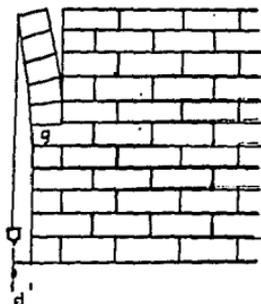
REPARACION DE MUROS CON MALLA



REPARACION PARA MUROS DESPLOMADOS

¿Como saber si un muro está en peligro de caer?.

Conocer el espesor del muro (G) y la distancia de desplome (D). Para conocer el grado de desplome que presenta y cuantificar el peligro de volcamiento es necesario utilizar una plomada y medir su separación con el muro.



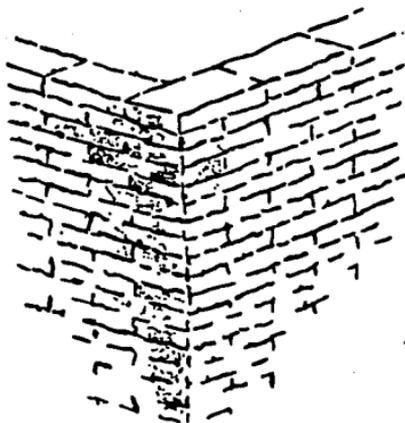
EL DESPLOME SE PUEDE CONOCER USANDO UNA PLOMADA Y MIDIENDO SU SEPARACION CON EL MURO.

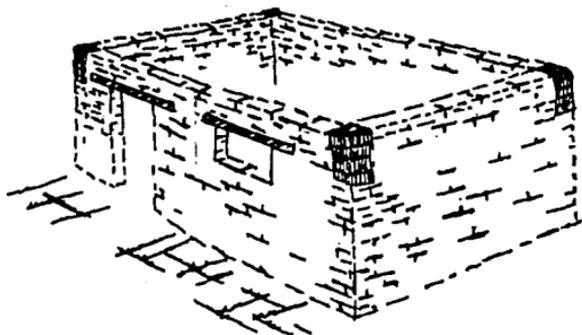
| Grueso del Muro "G" | Desplome sin peligro | Desplome peligroso |
|---------------------|----------------------|--------------------|
| 20 cms. | Menos de 3.5 cms. | Más de 3.5 cms. |
| 30 " | Menos de 5.5 " | Más de 5.5 cms. |
| 40 " | Menos de 7.5 " | Más de 7.5 cms. |
| 50 " | Menos de 9.0 " | Más de 9.0 cms. |
| 60 " | Menos de 11.0 " | Más de 11.0 " |

CONSTRUCCION DE DALAS Y DENTELLONES..

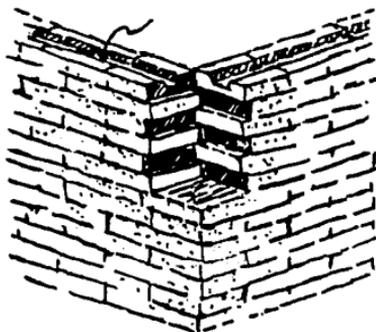
Para ser segura, toda estructura necesita tener refuerzos.

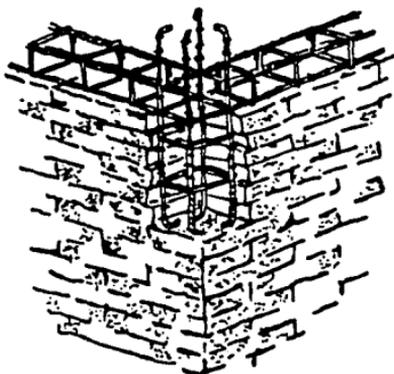
1. Localizar las esquinas en donde se van a construir los dentellones.



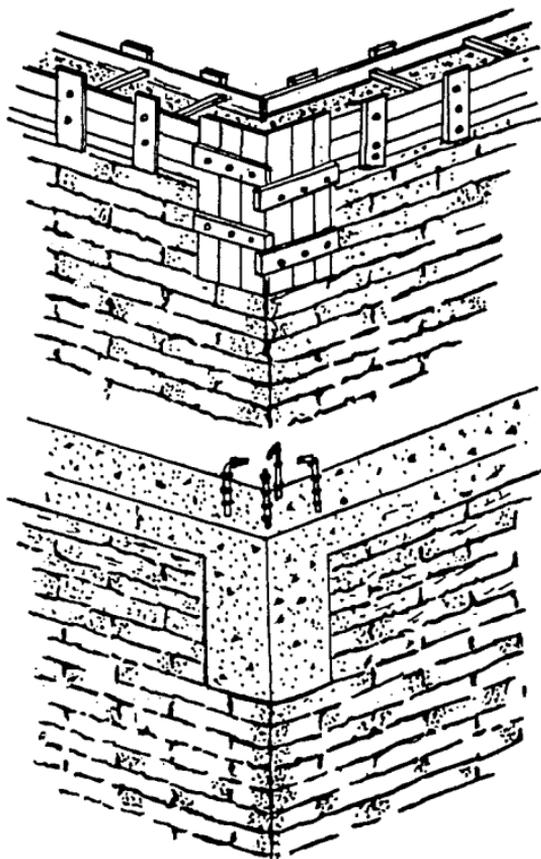


2. Retirar cinco hiladas de adobes dejándolos completos aunque estén cuatrapeados.
3. Hacer una ranura de 3 cms. de alto por 10 cms. de ancho, en la parte superior de los muros.

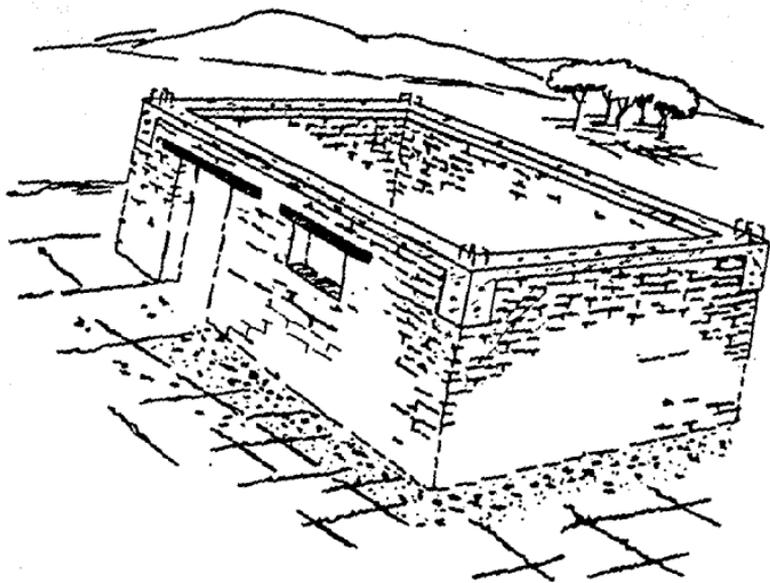




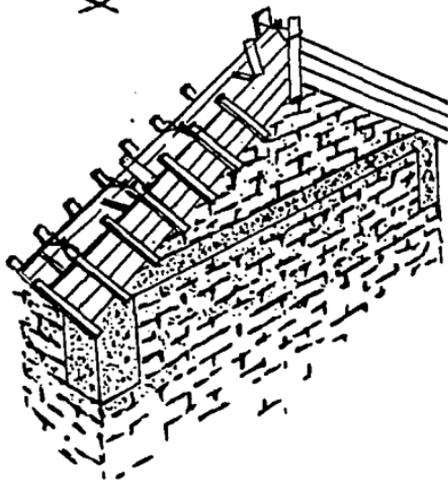
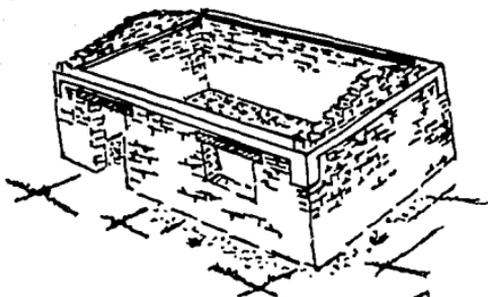
4. Armar la dala y el dentellón con varilla de 3/8" y estribos de 1/4" @ 30 cms.
Es importante dejar 4 bandas hacia arriba de lo que será la dala.
5. El traslape mínimo de varillas de 3/8", es de 50 cms.

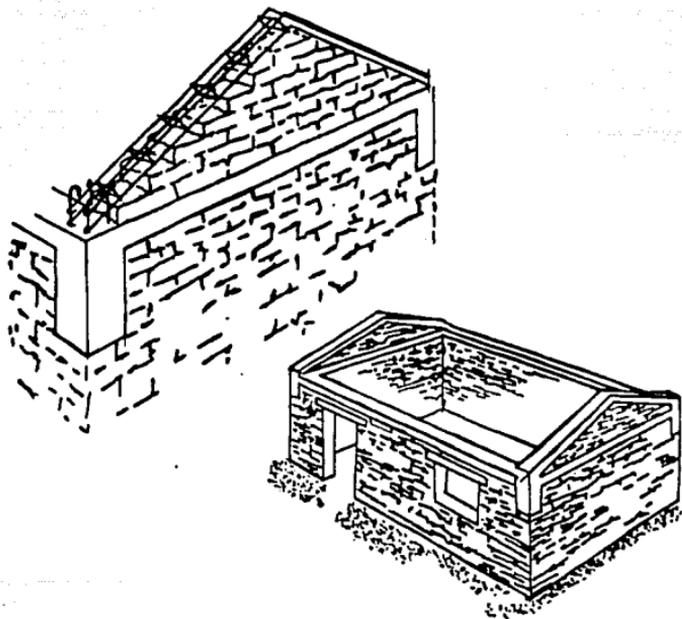


Aspecto constructivo de la dala perimetral y dente-
llones.



6. Construir los triángulos superiores de los muros.



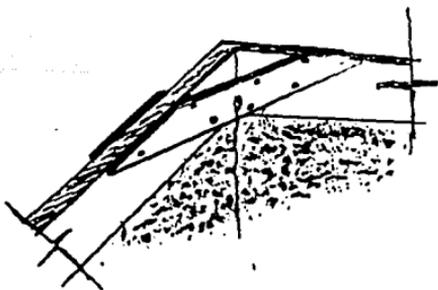


7. Construir sobre los triángulos, dadas inclinadas.

CONSTRUCCION DE TECHOS

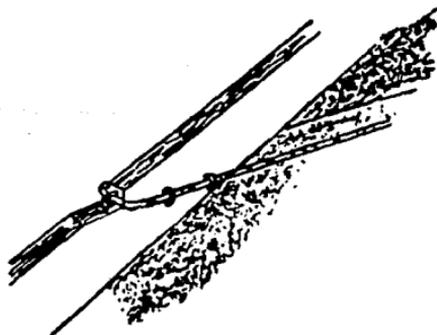
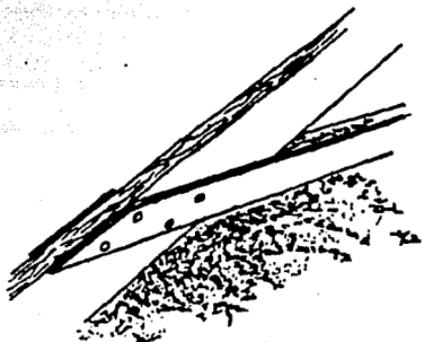


1. Techo a base de armaduras.

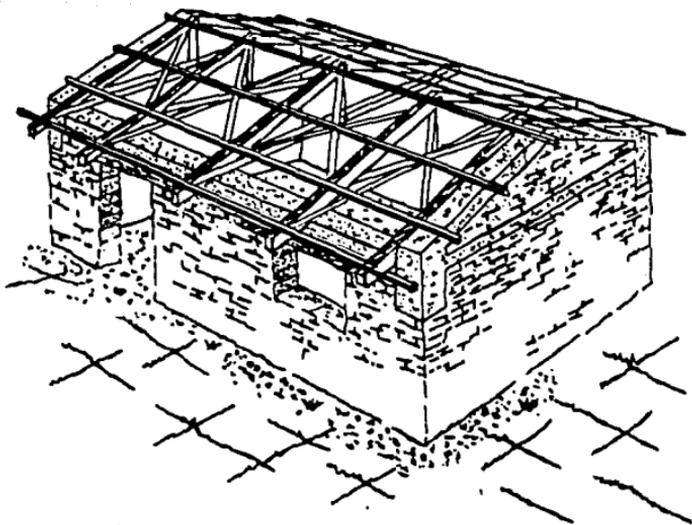


2. Detalle de unión de las vigas inclinadas, en la parte superior.

3. Los tirantes en las armaduras, pueden ser de madera o varilla (detalles de unión).



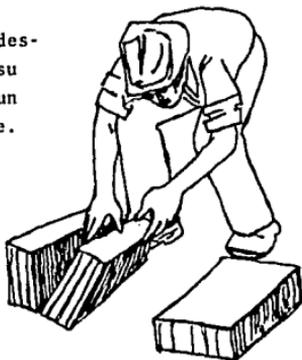
4. Colocar las armaduras a cada 2 m., con contraventeo entre éstas y largueros para soportar el techo.



Como para la reparación de viviendas dañadas será necesario en muchos casos fabricar bloques nuevos, a continuación se dan recomendaciones para esta fabricación, así como para la fabricación de mortero y concreto.

SECADO DE BLOQUES DE ADOBE

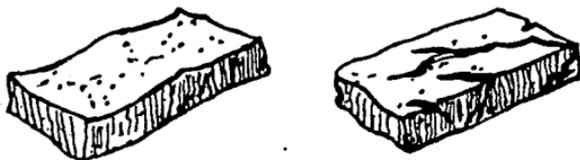
1. Parar los bloques después de 3 días de su fabricación, para un secado más uniforme.



2. Transcurridas 3 semanas los adobes pueden ser movidos y apilados.



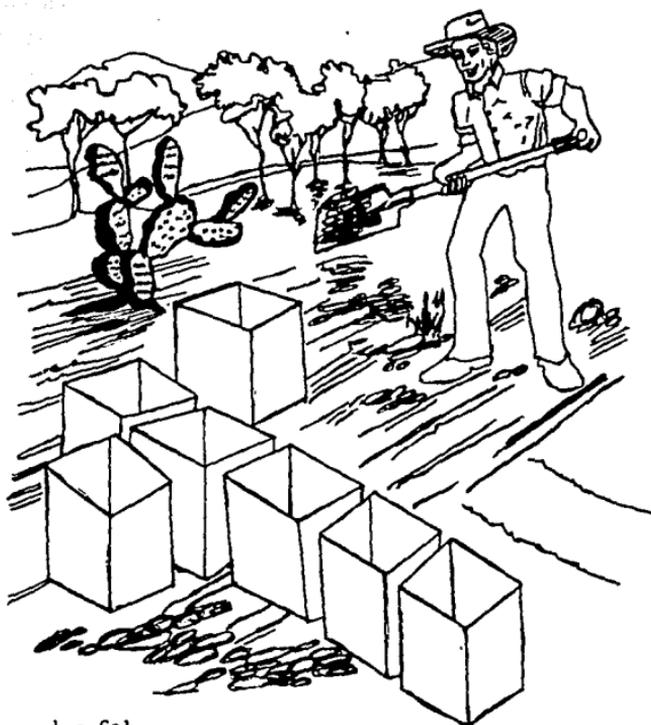
RESISTENCIA DEL ADOBE (MODO PRACTICO)



Después de 4 semanas el bloque no debe presentar grietas o deformaciones y soportar el peso de un hombre.

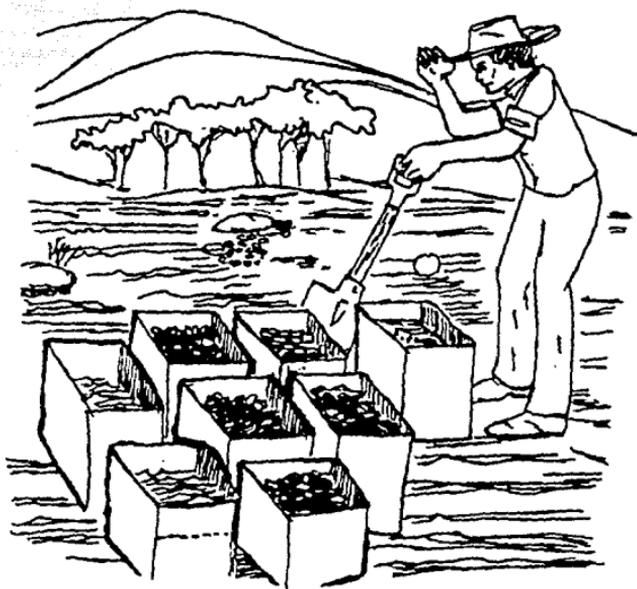


FABRICACIÓN DE MORTERO DE CALHIDRA



- 1 - Cal
- 5 - Arena
- 1 - Cemento

Fabricación de concreto de $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ con
agregado grueso de $3/4''$



- 1 -Cemento
- 2 -Arena
- 3 -Grava
- 11 -Agua

V. INVESTIGACIONES REALIZADAS POR EL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA UNAM, SOBRE EDIFICACIONES DE ADOBE ANTE SISMOS.

El Instituto de Ingenieria de la UNAM realizó estudios de análisis dinámico espectral de 15 casas de un piso, fabricadas con adobe con los tipos más comunes de estructuración en México, con el fin de evaluar el efecto de las distintas variables en la respuesta sísmica y proponer una manera sencilla de revisar su seguridad ante sismos, así como para proponer métodos sencillos y económicos para su refuerzo, en caso necesario. Para estos estudios se utilizó el método de elementos finitos, por considerarse propio para analizar estructuras complejas, ya que en la idealización de casas de adobe, para fines de análisis sísmico, debe tenerse presente que -- tanto la masa como la rigidez de estas estructuras están distribuidas uniformemente en las tres dimensiones. No procede por tanto representarlas como estructuras esqueléticas con masas concentradas en los techos, como es usual para edificios.

Suponiendo que el sismo actúa en la dirección corta de la -- construcción que es la más desfavorable, los desplazamientos en el muro frontal debidos a flexión son mayores que los del transversal, en el cual predomina el comportamiento de cortante.

Al utilizar como sistema de refuerzo una viga-cadena perimetral superior, el efecto sobre la configuración del modo fundamental es el de reducir los desplazamientos debidos a flexión y prácticamente anular el giro en las esquinas, es decir que la cadena funciona como un apoyo elástico en la parte superior del muro.

Si la altura H y/o la longitud L de la vivienda disminuyen, si el espesor del muro t aumenta o se rigidiza de alguna ---

manera, los periodos de vibrar decrecen, logrando así un efecto favorable para la edificación.

En la revisión y diseño de estructuras de adobe, es importante conocer la magnitud y la localización de las fuerzas cortantes y momentos flexionantes que provocan las fallas en dichas estructuras.

Los resultados indican que el valor máximo del momento flexionante, ocurre en la parte superior de las esquinas, salvo que exista viga-cadena y que la relación L/H sea mayor de 2.4, valores poco usuales en la práctica.

Cuando no existe viga-cadena, manteniendo fijos los valores de altura H , ancho B y espesor t de la vivienda, corresponden para variaciones de la longitud L , pequeñas disminuciones de cortante; esto se debe a que una parte del muro perpendicular a la dirección del sismo se apoya directamente en el suelo y que, conforme se aumenta L , la parte que se apoya en los muros transversales va disminuyendo. Con viga-cadena, el techo se rigidiza y se liga eficientemente a los muros, se logra que una mayor parte del muro frontal se apoye en los muros transversales y que en consecuencia el cortante aumente con relación al caso anterior.

En la figura (55) se muestran los valores de momentos y cortantes al variar H , L y t para los casos con viga-cadena y sin ella. En el caso de la variación de H ; manteniendo fijas L , B y t , se presenta una variación linealmente creciente de V y M , puesto que al aumentar la altura se incrementa la masa y las aceleraciones que provoca el sismo. Al variar t , también V y M crecen linealmente, como la masa del techo es la misma, la variación se debe únicamente al aumento de masa de los muros por incrementar el espesor.

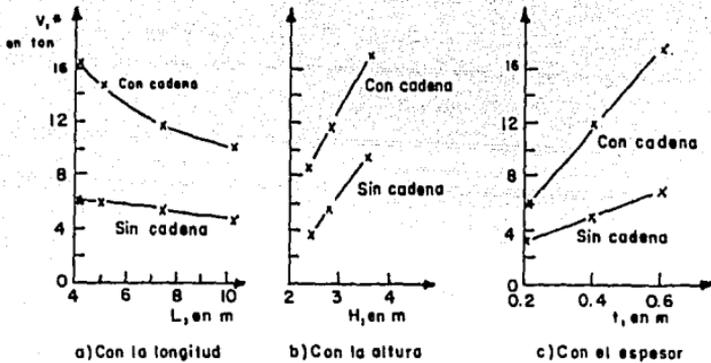


Fig. 55 Variacion del cortante en los muros transversales

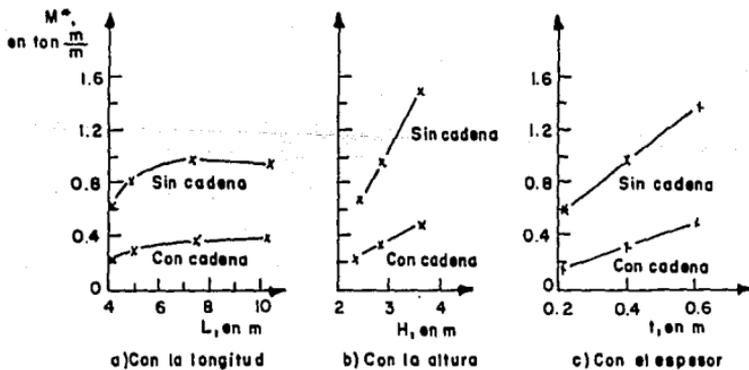


Fig. 56 Variacion del momento en las esquinas

La influencia de la variación de L en el momento flexionante de las esquinas se aprecia en la figura (56). Cuando no -- existe viga-cadena, M crece con L hasta un valor que se man tiene prácticamente constante. Lo anterior es consecuencia de que cuando L es pequeña, la zona del muro frontal que se apoya en los transversales es similar a una viga con sus ex tremos empotrados; si L se incrementa, la porción central de los muros frontales se apoya directamente en el suelo y la parte restante se comporta como dos voladizos independientes empotrados en los muros transversales cuyas longitudes se -- mantienen más o menos constantes a pesar del aumento de L . Con la presencia de la viga-cadena, se presenta un incremento lento de M para llegar a un valor constante, producto de la pérdida de rigidez de la viga por el incremento de L .

La viga-cadena en la parte superior de los muros, a la vez que provoca un incremento de cortante V , ocasiona una disminución del orden del 70 % en los valores de momento M . A consecuencia de que la viga hace las veces de un apoyo en la parte superior del muro frontal, que a su vez descansa en los muros laterales, por un lado disminuye la parte del muro frontal que se apoya directamente en el suelo, lo que provoca el incremento de V , y por otro reduce las deformaciones por flexión, lo cual implica la disminución en los valores de M .

La viga-cadena desempeña un papel todavía más importante - cuando se agrietan los muros en sus esquinas superiores, por que en esta situación los muros no quedan sueltos sino que se apoyan en la viga y así no se vuelcan.

De las pruebas realizadas se concluye que el mejor comportamiento sísmico se logra con plantas circulares, puesto que reducen parcialmente la posibilidad de falla por flexión, la cual usualmente precede al volcamiento. Adn cuando las construcciones redondeadas estén agrietadas, tienen mayor rigidez y estabilidad lateral.

En casas rectangulares las esquinas son las zonas que más -- frecuentemente se agrietan por flexión, sin embargo, la presencia de grietas en las esquinas no implica el colapso de la estructura, el cual generalmente ocurre después que la grieta se prolonga hacia abajo, o en forma diagonal dentro de los muros frontales, hasta que una porción importante de ellos pierde apoyo en sus zonas laterales y se vuelcan. El momento flexionante máximo en la esquina disminuye conforme la -- grieta avanza hacia abajo; lo anterior es consecuencia de que la zona crítica por flexión está a la altura del extremo inferior de la grieta, y por ende, conforme ésta avanza, los momentos ocurren en zonas de menores aceleraciones.

Estas disminuciones implican que si la resistencia a flexión es la misma en todo el muro, para que las grietas avancen -- después de haber aparecido en las esquinas, se necesita que aumente la intensidad del sismo.

Por el contrario, al prolongarse la grieta crecen los momentos de volcamiento en el nivel donde ésta termina y en la base del muro frontal, así como también la fuerza cortante en los muros transversales; dichos momentos son mayores si se considera un techo pesado, porque éste se apoya en la parte superior de los muros frontales, que es la que se separa de los transversales. Los aumentos en el momento de volcamiento hacen ver que, salvo que disminuya la intensidad sísmica, la posibilidad de que suceda este tipo de falla va creciendo al irse propagando las grietas.

Método simplificado para análisis sísmico de estructuras de adobe

Con base en los resultados obtenidos del análisis con elementos finitos, se propone una forma aproximada para calcular las fuerzas sísmicas de diseño para una estructura de adobe

de un nivel y planta rectangular, pretendiendo que las expresiones de diseño tengan una forma sencilla y que den resultados suficientemente precisos para fines de Ingeniería. La intensidad del sismo de diseño se expresa en términos de la ordenada correspondiente al primer modo de vibrar. En espectros como los de los reglamentos Mexicanos, si no se tiene una estimación confiable del periodo fundamental, conviene usar como valor del coeficiente sísmico el correspondiente a la zona plana del espectro.

Para obtener la fuerza cortante a que se verá sometida la estructura, se aplica la expresión usual en los métodos estáticos:

$$V = C_s W'$$

con la variante de que el peso no será el total de la estructura.

Se ha mencionado que parte del muro frontal se apoya directamente en el suelo, por lo cual no contribuye al cortante generado en los muros laterales; además, no toda la masa se activa con la misma intensidad, sino que la aceleración depende de la altura. Con esto en mente, se ha procurado definir una masa equivalente que, activada con la aceleración máxima representada por la ordenada espectral C_s , genere una fuerza similar a la que se obtuvo en el análisis con el método de elementos finitos.

En la fig. (57) se muestra la parte de los muros, techo y viga-cadena, en su caso, que es necesario considerar para determinar el peso W' con el cual se obtiene el valor de V ; esta parte se define en función de las dimensiones L' y H' , las cuales se obtienen mediante estas expresiones:

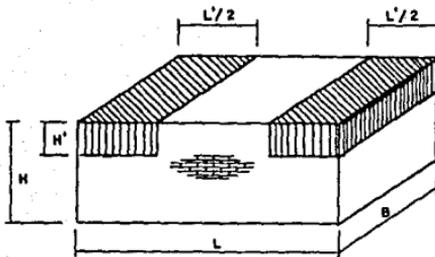


FIG. 57 MASA EQUIVALENTE PARA CALCULAR EL CORTANTE CON EL METODO SIMPLIFICADO.

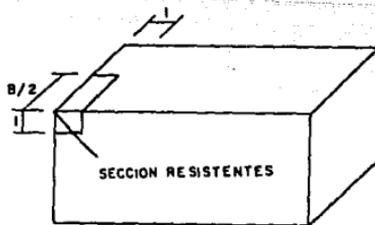


FIG. 58 FRANJAS DE ANCHO UNITARIO QUE DEBEN CONSIDERARSE PARA DETERMINAR EL PESO POR UNIDAD DE LONGITUD AL CALCULAR EL MOMENTO FLEXIONANTE EN LA ESQUINA.

$$\begin{aligned}
 L' &= 2H^2/L \leq L, & H' &= H/4 \text{ en casos sin viga-cadena} \\
 L' &= 3H^2/L \leq L, & H' &= H/3 \text{ en casos con viga-cadena} \\
 L' &= L, & H' &= 3H/5 \text{ en casos con techo r\u00edgido}
 \end{aligned}$$

Si no hay muro intermedio, cada muro transversal debe resistir 50 % de V ; en caso contrario, se debe obtener V para cada cuarto independientemente y, de este atribuir al muro com\u00fan el 60 % y el 40 % restante al muro exterior respectivo. En habitaciones completamente interiores, a cada muro corresponde tambi\u00e9n 50 %.

El mismo procedimiento puede aplicarse para determinar la fuerza cortante en los muros longitudinales, la cual puede llegar a ser cr\u00edtica por la presencia de huecos de puertas y ventanas que reduzcan su \u00e1rea efectiva para resistir cortantes.

El momento flexionante por unidad de longitud generado en las esquinas de una estructura de adobe, se puede calcular mediante:

$$M = C_s w x^2/k$$

donde

C_s = ordenada espectral

k = 5 si no existe viga cadena

k = 20 si existe viga-cadena

x = H o $L/2$, el menor

w = peso por unidad de longitud, que se determina considerando el peso de una franja de altura unitaria del muro frontal m\u00e1s la mitad del peso del techo y, en su caso, el de la viga (fig. 58).

Para los casos estudiados, las expresiones propuestas para calcular la fuerza cortante y el momento flexionante conducen a valores que van desde 90 hasta 135 por ciento respecto a los obtenidos con el método de elementos finitos. Se considera que estos errores son aceptables; por ejemplo, son mayores los que usualmente se cometen al estimar la resistencia del material en casa ya construidas; además, en la mayoría de los casos las diferencias están del lado de la seguridad.

Revisión de la Seguridad

A consecuencia de la baja probabilidad de que personal adecuadamente calificado se ocupe de la revisión de las casas de adobe con el método anteriormente descrito, se ha desarrollado un método sobresimplificado, sujeto a simples reglas geométricas, sin cálculos numéricos ni conocimientos de normas de diseño sísmico. Para el caso que nos ocupa se adoptan hipótesis concernientes a la estructuración del techo, periodos de vibración y ductilidad de la estructura, así como la densidad y resistencia del adobe, con el propósito de permitir su aplicabilidad a la mayoría de los casos prácticos.

Un aspecto de importancia es la elección del coeficiente sísmico, C_s ; que depende del valor del período fundamental de la estructura, el cual en los casos con viga-cadena varía entre 0.04 y 0.20 seg. Estos valores generalmente corresponden a la zona en que la ordenada espectral crece linealmente con el valor del período. Por lo tanto se piensa que 0.25 seg. es un límite superior, razonablemente conservador, para el valor del período que debe usarse para calcular C_s .

El valor para $T = 0.25$ seg. correspondiente a terreno firme, es una estimación conservadora, para los demás tipos de terreno (suelto e intermedio) fig (59); lo anterior se debe a que los incrementos especificados para las zonas planas de los

espectros (que toman en cuenta amplificación de ondas) se --
compensan con la reducción que implica el valor elegido para
el período.

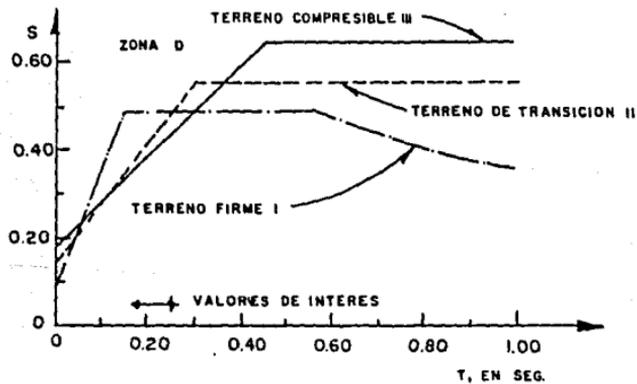
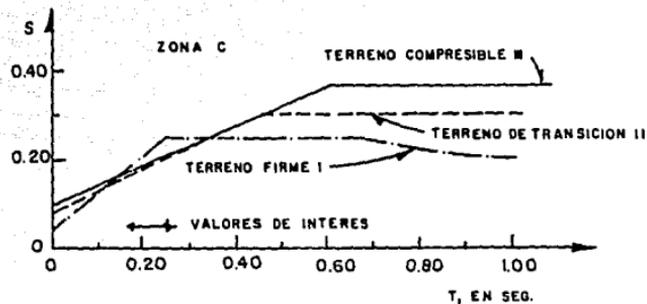


FIG. 59 ESPECTROS PROPUESTOS PARA LAS ZONAS C Y D DE LA REP. MEXICANA

TABLA 1. COEFICIENTES SISMICOS RECOMENDADOS PARA EL ANALISIS DE CASAS DE ADOBE EN LA REPUBLICA MEXICANA (no se incluyen reducciones por ductilidad)

| Zona * | A | B | C | D |
|----------------------|------|------|------|------|
| Coefficiente sísmico | 0.08 | 0.16 | 0.24 | 0.48 |

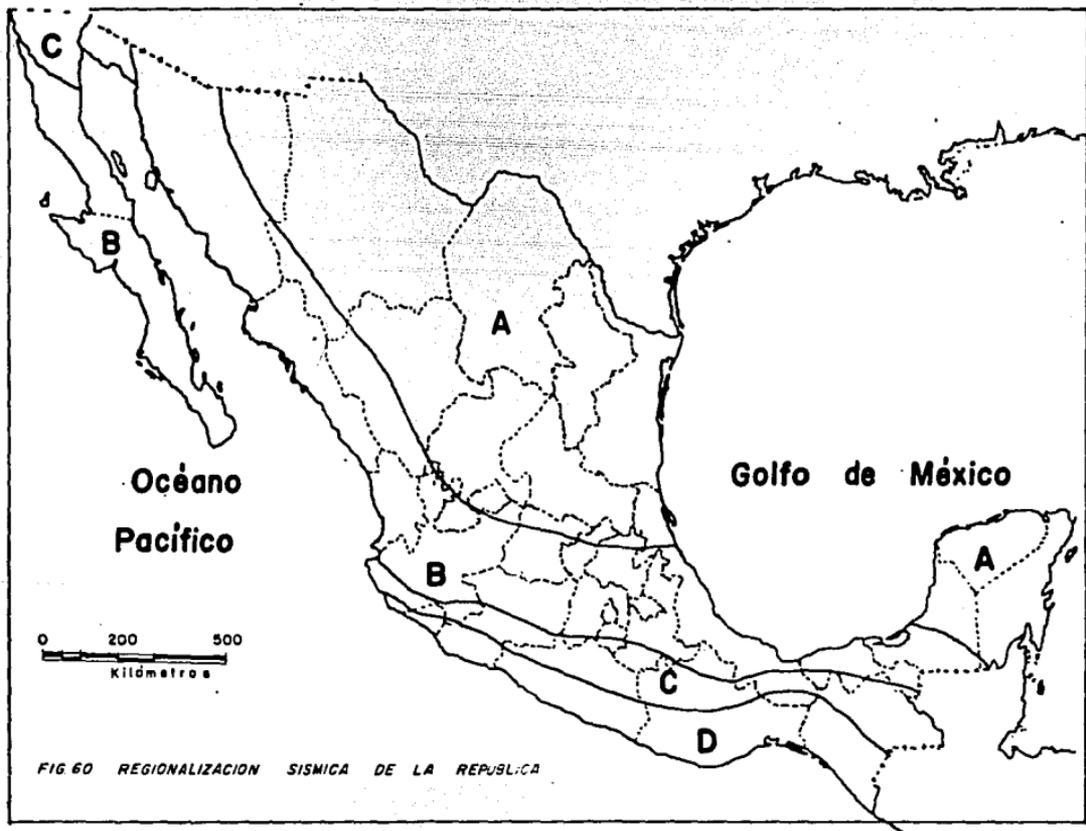
* La zonificación puede apreciarse en la Fig. (60)

Los valores de C_s , obtenidos con el criterio expuesto se presentan en la tabla 1 y han sido usados para deducir los métodos de revisión de la seguridad que se proponen más adelante. En la elección del factor de ductilidad Q , se debe tener presente que cuando no existe viga-cadena, ni otro sistema que rigidece el techo y lo ligue a los muros, al presentarse una grieta frecuentemente ésta da lugar al desplome de los muros, siendo reducida la energía que la estructura puede absorber antes de fallar, por lo que no se hacen reducciones por ductilidad.

Cuando existe viga-cadena o un techo de estructuración equivalente, el valor de Q puede tomarse igual a 1.5, porque si bien el adobe es un material frágil, los muros aunque estén agrietados en las esquinas, se apoyan en el techo y antes de fallar presentan un comportamiento inelástico que disipa parte de la energía.

Revisión por fuerza cortante

Cuando se tiene un techo que constituye un diafragma rígido en su plano, se generan las mayores fuerzas cortantes en los



muros paralelos a la dirección del sismo, por lo que es razonable revisar por cortante todos los casos suponiendo este tipo de estructuración de techo, lo cual es conservador para los casos con techos semirígidos y ligados a los muros.

En general habrá en una casa n muros paralelos a la dirección del sismo. La fuerza cortante actuante se calcula multiplicando el coeficiente sísmico dividido entre el factor de reducción por ductilidad, por el peso efectivo de la casa; esta fuerza la deben resistir los muros paralelos a la dirección del sismo. Lo anterior puede expresarse, de acuerdo con las dimensiones indicadas en la fig. (57), como:

$$\frac{C_S}{Q} x_t B L + 0.6 H t (n B + 2L) \gamma \leq V_R n B t$$

donde

- B dimensión de la casa en la dirección del sismo
- L dimensión de la casa en la dirección normal a la del sismo
- C_S coeficiente sísmico
- Q factor de reducción por ductilidad
- w_t peso del techo/ m^2
- t espesor de los muros; se considera constante para toda la casa
- H altura de la casa
- γ peso específico de los muros
- V_R resistencia admisible a cortante de los muros (en condiciones de servicio)

La expresión anterior puede escribirse

$$n \left(\frac{B}{L} \right) \geq \frac{(C_S/Q) (w_t B + 1.2 \gamma t H)}{t (V_R - 0.6 H C_S/Q)} = R$$

Los valores de R son útiles para muchos casos si se escriben en la forma

$$\frac{nB}{L} \geq R$$

$$\frac{nB}{2L} \geq \frac{R}{2}$$

$$\frac{2L}{nB} = \frac{L_1}{L_2} < \frac{2}{R}$$

donde se ha definido $L_1 = 2L$ y $L_2 = nB$; en general, L_1 es igual a la suma de longitudes de los muros perpendiculares a la dirección del sismo, y L_2 a la suma de longitudes de los muros paralelos a la misma.

Al evaluar L_1 no debe considerarse la existencia de huecos de puertas y ventanas, pero sí al calcular L_2 . Además, en esta última debe tomarse en cuenta la menor rigidez que tienen las partes de los muros que quedan entre huecos por ser esbeltas; esto se puede hacer, por ejemplo, con el procedimiento propuesto en el método simplificado de análisis sísmico, que consiste en considerar longitudes efectivas de muros iguales a las longitudes reales multiplicadas por el factor de reducción $1.33 (b/h)^2$, donde b es la longitud de la parte del muro bajo consideración y h su altura (fig. 61).

Es interesante notar que un valor de R mayor de 2 implica que L_1/L_2 debe ser menor de 1. Al revisar la dirección perpendicular se requeriría cuando menos que L_2/L_1 sea también menor de 1; como es imposible satisfacer ambas condiciones simultáneamente, se concluye que cuando $R > 2$, la casa es insegura desde el punto de vista sísmico, y en todo caso debe modificarse la distribución de los muros o reducirse el peso

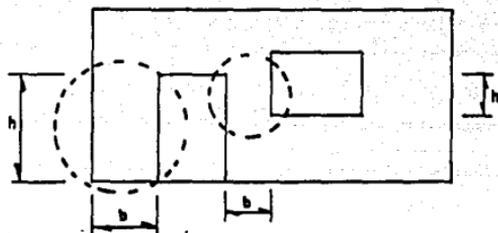


FIG. 61 ZONAS CRITICAS POR FLEXION EN EL PLANO DEL MURO

del techo.

Para obtener estimaciones numéricas de R se adoptó para Q el valor de 1.5, suponiendo que existe liga adecuada entre techo y muros, como la que proporciona una viga-cadena, y cierto re fuerzo en las esquinas. Se consideró además que el peso volumétrico del adobe es de 1.8 ton/m² y que $V_T = 2.5 \text{ ton/m}^2$.

Para el peso del techo se consideraron tres alternativas: Ligero (50 kg/m²), medio (250kg/m²) y pesado (500 kg/m²).

En la tabla 2 se muestran varios resultados obtenidos para la zona D; se incluyen los valores medios m_R para distintos casos, los respectivos coeficientes de variación V_R y los errores máximo $e_{máx}$ que se cometen si se usa m_R en vez de los valores individuales de R.

Si el peso del techo fuese despreciable, R tendría un valor constante independiente de t y de B; en consecuencia, V_R y $e_{máx}$ serían nulos. Conforme el techo es más pesado, los valores de R se apartan más de su correspondiente valor medio, aumentando V_R y $e_{máx}$. Sin embargo, al ir creciendo el peso del techo, la variabilidad de R reviste menos importancia porque cada vez un número mayor son superiores a 2; en consecuencia, como se ha explicado, estas construcciones son inaceptables sin importar el valor preciso de R. Por este motivo, se puede tomar como índice para revisar la seguridad de casa de adobe el parámetro Z definido como Z/m_R , y expresar el requisito de seguridad como

$$\frac{L_1}{L_2} \leq Z$$

TABLA 2 VALORES DE R , m_R , v_R y $e_{m\acute{a}x}$ PARA LA ZONA SISMICA D (Fig.60)

| Altura, H, en m | Peso del techo, en kg/ton ² | Ligero 50 | | | Intermedio 250 | | | Pesado 500 | | |
|--------------------|--|--------------|------|------|-------------------|------|------|---------------|------|------|
| | | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.4 | 0.5 | 0.6 |
| 2.5 | Espesor, t, en m | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.4 | 0.5 | 0.6 |
| | Ancho B, en | 1.17 | 1.15 | 1.13 | 1.55 | 1.45 | 1.38 | 2.04 | 1.84 | 1.72 |
| | B, en | 1.20 | 1.17 | 1.15 | 1.67 | 1.55 | 1.46 | 2.30 | 2.04 | 1.85 |
| | B, en | 1.23 | 1.20 | 1.17 | 1.79 | 1.64 | 1.55 | 2.52 | 2.22 | 2.04 |
| m_R | 1.17 | | | 1.56 | | | 2.10 | | | |
| v_R | 0.03 | | | 0.08 | | | 0.13 | | | |
| $e_{m\acute{a}x}$ | 0.05 | | | 0.15 | | | 0.23 | | | |
| 2.80 | Ancho B, en | 1.39 | 1.36 | 1.35 | 1.79 | 1.68 | 1.61 | 2.31 | 2.10 | 1.96 |
| | B, en | 1.42 | 1.39 | 1.37 | 1.92 | 1.79 | 1.70 | 2.57 | 2.31 | 2.13 |
| | B, en | 1.45 | 1.41 | 1.39 | 2.05 | 1.89 | 1.79 | 2.83 | 2.51 | 2.31 |
| | m_R | 1.39 | | | 1.80 | | | 2.34 | | |
| v_R | 0.02 | | | 0.07 | | | 0.11 | | | |
| $e_{m\acute{a}x}$ | 0.04 | | | 0.14 | | | 0.21 | | | |
| 3.0 | Ancho B, en | 1.55 | 1.52 | 1.50 | 1.96 | 1.85 | 1.78 | 2.52 | 2.28 | 2.16 |
| | B, en | 1.58 | 1.55 | 1.53 | 2.10 | 1.96 | 1.87 | 2.80 | 2.52 | 2.35 |
| | B, en | 1.61 | 1.57 | 1.55 | 2.24 | 2.07 | 1.96 | 3.06 | 2.70 | 2.52 |
| | m_R | 1.55 | | | 1.98 | | | 2.55 | | |
| v_R | 0.02 | | | 0.07 | | | 0.11 | | | |
| $e_{m\acute{a}x}$ | 0.04 | | | 0.13 | | | 0.20 | | | |
| 3.2 | Ancho B, en | 1.72 | 1.70 | 1.68 | 2.07 | 1.96 | 1.89 | 2.74 | 2.50 | 2.35 |
| | B, en | 1.76 | 1.72 | 1.70 | 2.21 | 2.07 | 1.98 | 3.02 | 2.74 | 2.54 |
| | B, en | 1.79 | 1.75 | 1.72 | 2.34 | 2.18 | 2.07 | 3.31 | 2.97 | 2.74 |
| | m_R | 1.73 | | | 2.08 | | | 2.77 | | |
| v_R | 0.02 | | | 0.07 | | | 0.11 | | | |
| $e_{m\acute{a}x}$ | 0.03 | | | 0.13 | | | 0.19 | | | |
| 3.5 | Ancho B, en | 2.02 | 1.99 | 1.97 | 2.49 | 2.37 | 2.29 | 3.12 | 2.88 | 2.72 |
| | B, en | 2.06 | 2.02 | 2.00 | 2.65 | 2.49 | 2.39 | 3.40 | 3.12 | 2.90 |
| | B, en | 2.10 | 2.05 | 2.02 | 2.80 | 2.62 | 2.49 | 3.72 | 3.36 | 3.12 |
| | m_R | 2.03 | | | 2.51 | | | 3.15 | | |
| v_R | 0.02 | | | 0.06 | | | 0.10 | | | |
| $e_{m\acute{a}x}$ | 0.03 | | | 0.12 | | | 0.19 | | | |

El parámetro Z depende de la zona sísmica, altura de la construcción y peso del techo. Cuando Z es menor que 1, las construcciones son inseguras, puesto que R es mayor de 2.

En la tabla 3 se presentan los valores de Z para las zonas sísmicas D y C, por ser las de más alta sismicidad en México. Con esta tabla podemos conocer la seguridad de las casas de adobe, si de tienen condiciones de inseguridad, se deberá -- disminuir la altura, el peso del techo, o ambos.

Revisión por flexión

Como se mencionó, las zonas críticas por flexión de una casa de adobe son las partes superiores de sus esquinas. El momento resistente M_r en las mismas se puede calcular con la fórmula de la escuadría, es decir, como Sf_t , donde f_t es el refuerzo resistente a tensión por flexión del adobe y S el módulo elástico de la sección. Entonces, la condición para evitar este tipo de falla es

$$M_r = f_t S \geq M_a = \frac{C_s}{Q} \frac{wx^2}{k}$$

Tomando un ancho unitario del muro, se obtiene $S = t^2/6$, x es el menor entre H y $L^*/2$, siendo H la altura de la casa y L^* la máxima separación entre ejes de los muros alineados en dirección del sismo. Cuando la viga-cadena tiene el mismo ancho que el muro y una altura d , w se expresa

$$w = \gamma_m t + \gamma_c d t + p B/2'$$

TABLA 3. VALORES DE Z.

| Peso del techo, en kg/m ² | Zona D | | | Zona C | | |
|---|----------------|---------------------|-----------------|----------------|---------------------|-----------------|
| | Ligero (50) | Intermedio (250) | Pesado (500) | Ligero (50) | Intermedio (250) | Pesado (500) |
| 2.5 | 1.71 | 1.28 | 0.95 * | 4.26 | 3.23 | 2.44 |
| 2.8 | 1.44 | 1.11 | 0.85 * | 3.77 | 2.94 | 2.25 |
| 3.0 | 1.30 | 1.01 * | 0.78 * | 3.51 | 2.74 | 2.13 |
| 3.2 | 1.16 | 0.96 * | 0.72 * | 3.23 | 2.56 | 2.02 |
| 3.5 | 0.99 * | 0.8 * | 0.6 * | 2.90 | 2.33 | 1.87 |

* CASAS QUE CORRESPONDEN A ESTOS VALORES Z PARA CUALQUIER RELACION DE LONGITUDES DE MUROS

donde

γ_m peso específico de los muros

γ_c peso de la viga-cadena

p peso del techo por unidad de área

B dimensión en planta en la dirección del sismo

Con esto la desigualdad precedente se escribe

$$\frac{t^2}{6} \geq \frac{C_s}{Q} \frac{(\gamma_m + \gamma_c d) t + p B/2}{K} X^2$$

$$\left(\frac{x}{t}\right)^2 \leq \frac{f_t}{6C_s/Q} \frac{k}{(\gamma_m + \gamma_c d) t + p B/2}$$

Se ha supuesto para f_t un valor de 0.5 kg/cm^2 , lo cual implica un factor de seguridad del orden de 5 con respecto a los resultados obtenidos experimentalmente en adobe no intemperizado. Se ha mencionado que el valor de x es el menor entre H y $L^*/2$, por tanto, la condición de seguridad contra agrietamiento en las esquinas se satisface si H/t o $L^*/2t$, cualquiera, es menor que el valor que le corresponda en la tabla 4. Por ejemplo cuando la relación H/t es mayor que el límite respectivo, y no se puede o no se desea disminuirlo, una alternativa es poner muros o contrafuertes intermedios, de tal forma que $L^*/2t$ sea menor que el límite en cuestión.

Revisión por volcamiento del conjunto

Un posible mecanismo de falla es el volcamiento por flexión de los muros paralelos a la dirección del sismo, el cual puede revisarse calculando el momento actuante a partir de las

TABLA 4. VALORES MAXIMOS PERMISIBLES DE H/t ó $L^2/2t$

| Peso del techo, en Kg/m ² | Sin viga-cadena Q = 1.0 | | Con viga-cadena Q = 1.5 | |
|--|----------------------------|--------|----------------------------|--------|
| | Zona C | Zona D | Zona C | Zona D |
| Ligero (50) | 4.14 | 2.93 | 9.15 | 6.47 |
| Intermedio (250) | 3.39 | 2.40 | 7.72 | 5.46 |
| Pesado (500) | 2.86 | 2.02 | 6.63 | 4.69 |

fuerzas sísmicas y su posición en la altura. Los esfuerzos actuantes se pueden evaluar con la fórmula de la escuadría, incluyendo además el peso propio como carga axial; para aplicar dicha fórmula es necesario calcular el momento de inercia de los muros en cuestión respecto a una línea centroidal paralela al eje de volcamiento. Los muros alineados en la dirección del sismo tienen en esta situación ayuda de los muros perpendiculares, que constituyen patines con cierto ancho efectivo (éste podría determinarse con las reglas dadas para losas de concreto conectadas con vigas de acero o coladas monolíticamente con vigas de concreto); conservadoramente se consideró que el citado ancho efectivo es igual al espesor t del muro y se revisaron con esta suposición los muros exteriores que tienen forma de C que son los más desfavorables; se encontró que este tipo de falla no rige en ninguno de los casos cuando la resistencia a tensión por flexión es 0.5 kg/cm^2 o mayor.

Revisión por flexión en el plano del muro

Todas las casas de adobe tienen huecos que dan lugar a puertas y ventanas, lo cual ocasiona existan en los muros zonas de esbeltez apreciable. (fig. 61).

Una consecuencia importante de este hecho es la reducción de rigidez lateral de las zonas en cuestión, porque dada su esbeltez son importantes las deformaciones por flexión en su plano. En los casos en que la relación h/b es menor de 1.33 no es necesario reducir las longitudes de los muros; la máxima fuerza cortante, V , que actúa en una zona de longitud b y espesor t es igual a $v_r b t$, siendo v_r el esfuerzo resistente por cortante.

El momento flexionante en el plano del muro suponiendo conservadoramente que los extremos están empotrados, vale - -

$M = Vh/2$; para evitar la falla por flexión en este plano, debe satisfacerse

$$\sigma = \frac{6M}{tb^2} - \sigma_p \leq \sigma_r$$

siendo $tb^2/6$ el valor del módulo elástico de la sección que se está analizando.

Se ha denominado σ_p el esfuerzo de compresión que producen las cargas verticales, y σ_r el esfuerzo resistente correspondiente. Como $M = V h/2 = v_r t b h/2$ la expresión anterior se convierte en

$$\sigma = \frac{3Vh}{tb^2} - \sigma_p = 3v_r h/b - \sigma_p \leq \sigma_r$$

Si se supone, como caso conservador, que el esfuerzo de compresión proviene únicamente de 0.5 m de muro (dimensión de la parte llena sobre los huecos) y que el techo es ligero con peso del orden de 0.05 ton/m^2 , con un ancho tributario de 2 m y usando $v_r = 2.5 \text{ ton/m}^2$ y $\sigma_r = 5 \text{ ton/m}^2$, se obtiene que la condición de seguridad es

$$\frac{h}{b} \leq 2.2$$

Si la carga axial produjese menores esfuerzos que los considerados, el límite sería menor; de hecho, ante carga axial nula es 0.67. Teniendo presente que los valores supuestos han sido bajos, se piensa que 1.33 es un límite conservador para evitar las fallas por flexión en su plano de zonas que quedan entre huecos. Nótese que si se adopta este límite no es necesario reducir la longitud de los muros por efectos de esbeltez cuando se revisa por fuerza cortante.

Con la finalidad de hacer más comprensibles los métodos de análisis simplificado y sobresimplificado, descritos anteriormente, se presentan a continuación guías para la aplicación de dichos métodos.

Para la aplicación del método simplificado se deben seguir los pasos siguientes:

1. Determinar el coeficiente sísmico, de acuerdo a la zona, con ayuda de la tabla 1. Este valor es independiente del tipo de suelo con que se vaya a desplantar la vivienda.
2. El sismo actuando en la dirección corta de la vivienda, representa el caso más desfavorable. Con esto en mente, para los muros intermedios alineados en dicha dirección, corresponderá un 60 % del cortante actuante en cada habitación. Si el muro en estudio perteneciera a una habitación completamente interior, le corresponderá un 50 % del cortante actuante.
3. Calcular la fuerza cortante para los muros alineados en la dirección del sismo, empleando la siguiente ecuación:

$$V = C_s W'/Q$$

$Q = 1.5$ con viga - cadena

$Q = 1.0$ sin viga - cadena

W' ; masa equivalente definida por las dimensiones L' y H' (Fig 57).

$L' = 2 H^2/L \leq L$, $H' = H/4$ sin viga-cadena

$L' = 3 H^2/L \leq L$, $H' = H/3$ con viga-cadena

$L' = L$ $H' = 3H/5$ con techo rígido

Si el techo fuese una losa de concreto o un elemento de rigidez similar, la fuerza cortante para cada muro será proporcional a

su longitud efectiva, la cual puede calcularse multiplicando la longitud real por el factor de reducción $(1.33 h/b)^2 \leq 1$.

4. Revisar el esfuerzo cortante actuante, comparándolo con el esfuerzo cortante resistente ($v_r = 0.25 \text{ dg/cm}^2$). El esfuerzo actuante se calcula dividiendo la fuerza cortante actuante (V) entre la suma de áreas efectivas del muro que soporta a dicha fuerza.
5. Cuantificar el momento flexionante por unidad de longitud con la expresión

$$M = \frac{C_s W x^2}{k}$$

$k = 5$ si no existe viga-cadena

$k = 20$ si existe viga cadena

x ; H o $L^*/2$, el menor

W ; peso por unidad de longitud (Fig.58), más la mitad del peso del techo y, en su caso, el de la viga-cadena

6. Verificar que el esfuerzo actuante por flexión sea menor que el permisible $Fr = 0.5 \text{ kg/cm}^2$. Sabiendo que:

$$F_a = \frac{M}{S} \leq Fr ; \quad S = t^2/6$$

En el empleo del método sobresimplificado, deben realizarse los pasos descritos en seguida para revisar una casa de adobe.

1. Medir la altura de la vivienda, estimar el peso del techo entre 50 , 250 y 500 kg/m^2 , y conocer la zona sísmica donde se encuentra la vivienda.

2. Determinar la dimensión de mayor longitud en la vivienda. Sumar las longitudes de todos los muros (interiores y exteriores), que se encuentren en dicha dirección, obteniendo así el valor de L_1 .
3. Sumar las longitudes de los muros, en el sentido del lado corto de la vivienda, valor que será igual a L_2 (en la suma de longitudes para este caso, debe descontarse los huecos de puertas y ventanas, si existen).

4. Efectuar el cociente de

$$L_1/L_2 = T$$

5. El valor de T debe ser menor al valor de Z dado en la tabla 3, en función del valor de la altura de la casa (Revisión por Cortante).
6. Para la revisión de la vivienda por flexión, con los datos, peso del techo aproximado, altura H y espesor de los muros t, y la longitud L de la vivienda (la mayor dimensión en la dirección larga de la vivienda). Tomar el valor menor de los siguientes cociente H/t ó $L/2t$, y compararlo con el valor permisible dado en la tabla 4, dicho valor debe ser menor que el permisible para que la casa sea segura.
7. Para revisar la flexión en el plano del muro, debe observarse que la relación de $h/b \leq 2.2$ en las zonas críticas como se muestra en la fig.61.

VI. DESARROLLO DEL PROYECTO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA TÍPICA.

VI.1 Antecedentes

En las afueras de la población de Chalco, Edo. de México se está construyendo un club deportivo denominado "Sta. María". Anexo al club se tendrá un fraccionamiento de casas de campo para fines de semana primordialmente. Con el objeto de abaratar la construcción y de tener un acabado rústico acorde con el medio ambiente, se ha propuesto que esas casas se construyan con muros de adobe, aprovechando los mantos arcillo-arenosos que pueden explotarse en bancos de material cercanos al fraccionamiento.

En la Fig. 62 se muestra la planta típica de una de esas viviendas que cubre un área de 80 m^2 en una sola planta y permite contar con sala, comedor, concina, baño y dos recámaras. Como puede observarse los claros que se obtienen son susceptibles de resolverse con muros de adobe.

En la Fig. 63 se muestra una perspectiva de la vivienda donde puede observarse que se tendrá una techumbre a dos aguas: de tejas apoyadas sobre polines de madera, los que a su vez se apoyarán en armaduras del mismo material y en los tímpanos de los muros pifones extremos.

VI. 2 Cálculo estructural

Para la revisión estructural de la vivienda propuesta se -- aplicarán los criterios desarrollados por el Instituto de Ingeniería, presentados en el capítulo anterior.

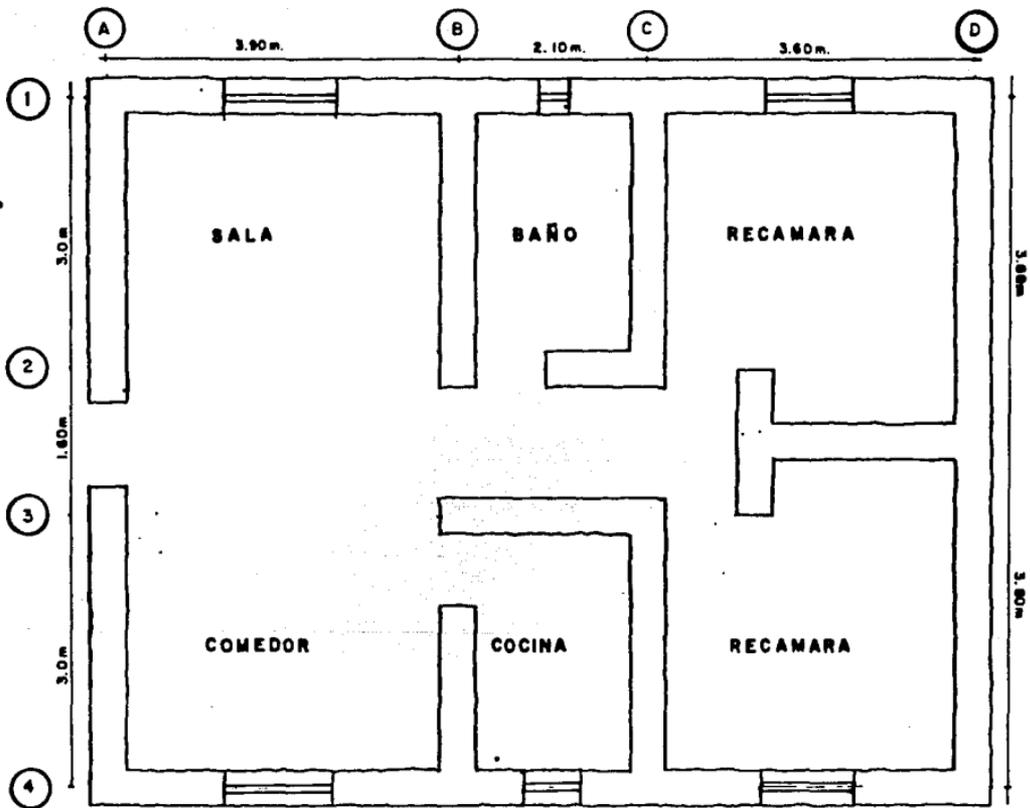


Fig 62 PLANTA DE VIVIENDA TIPICA PARA EL CLUB SANTA MARIA CHALCO EDO. MEX.

ESC. 1:50
ACOT: m

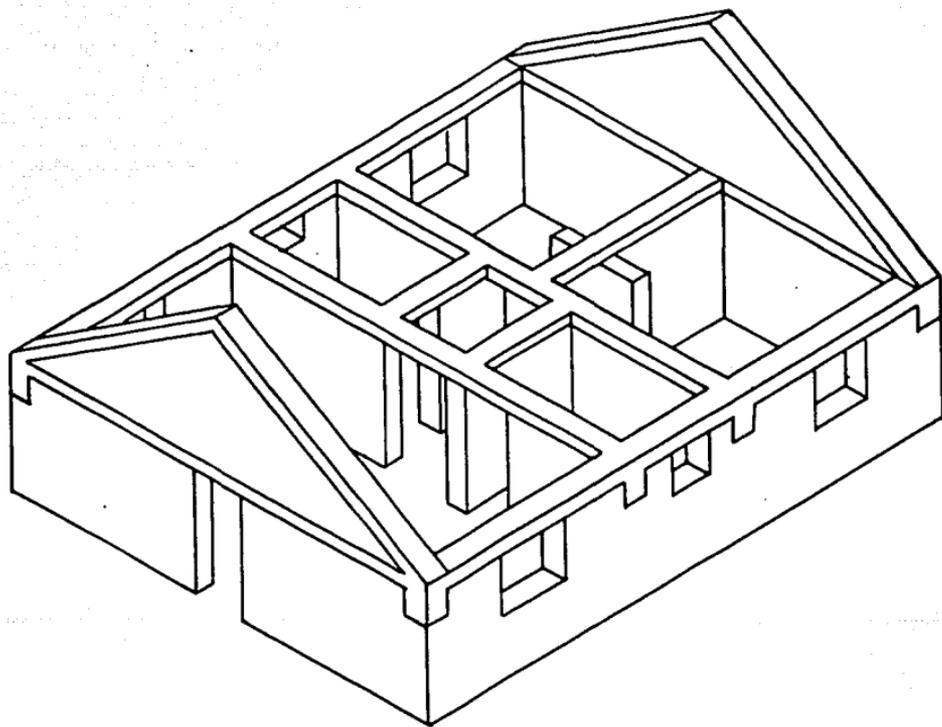


FIG. 63 PERSPECTIVA VIVIENDA TIPICA CLUB SANTA MARIA CHALCO EDO. MEXICO.

VI. 2.1. Cálculo de cimientos

La cimentación a emplear es a base de piedra braza unida con mortero de cal y arena, dicha cimentación presentará forma trapezoidal con un sobrecimiento rectangular de 0.4 m. de ancho por 0.20 m de alto, como protección del muro contra el intemperismo.

El peso volumétrico de la piedra braza mamposteada es de -- 2.22 T/m³. La vivienda de adobe se desplantará sobre terreno tipo III compresible, con una reacción del terreno de -- R = 5000 kg/m². El peso del techo es aproximadamente de -- 50 kg/m². Los muros tienen una altura de 2.30 m y 0.40 m de espesor y se empleará en su parte superior una cadena perimetral de concreto de 0.20 X 0.40 m; con los datos anteriores se calcula la cimentación y sabiendo que el muro frontal es el más desfavorable en cuanto a cargas verticales.

Estimación de Cargas

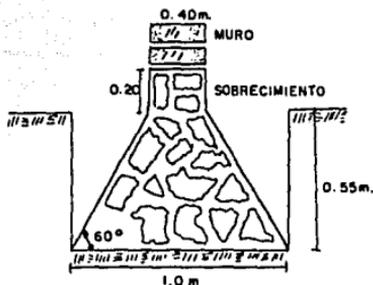
| | | | |
|--|---|----------------|------|
| Peso del Techo (50 kg/m ²) (1.75) | = | 87.5 | Kg/m |
| Peso de la dala (2400 Kg/m ³) (0.40m) (0.2m) | = | 192 | kg/m |
| Peso del muro (1,800 kg/m ³) (0.40m) (2.10m) | = | 1,512 | kg/m |
| Peso del sobrecimiento (2220 Kg/m ³) (0.4m) (0.2m) | = | 177.6 | kg/m |
| Peso carga viva (100 kg/m ²) (1.75 m) | = | 175 | kg/m |
| Peso de Timpano (1800 kg/m ³) (0.4m) (1.5m) | = | 1,080 | kg/m |
| Peso de la dala (2400 kg/m ³) (0.4m) (0.2m) | = | <u>192</u> | kg/m |
| Peso Total. - - - - - | = | <u>3,416.1</u> | kg/m |
| | | ===== | |

Para determinar el ancho del cimiento se tiene:

$$\text{Ancho} = \frac{\text{Peso total actuante}}{\text{Resistencia del terreno (R)}} = \frac{3416.1 \text{ kg/m}}{5000.0 \text{ kg/m}^2} = 0.68 \approx 0.70 \text{ m}$$

Como nuestro muro tiene un espesor de 0.40 m aumentaremos -- 15 cm a ambos lados teniendo así una base de 1.00 m y un ancho de corona de 0.40 m. conociendo que el ángulo mínimo del escarpio es de 60°;

$$\frac{h}{0.30} = \tan 60^\circ \quad \rightarrow \quad h = 0.30 \tan 60^\circ = 0.52 \text{ m} \approx 0.55 \text{ m}$$



Sumando el peso propio del cemento al de la superestructura para revisión:

$$\begin{aligned} A &= (1.00 + 0.40) (0.55) / 2 = 0.39 \text{ m}^2 \\ N &= 2220 \text{ Kg/m}^3 (0.39 \text{ m}^2) = 866 \text{ Kg/m} \\ W_t &= 3416.1 \text{ Kg/m} + 866 \text{ Kg/m} = 4,282.1 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

Revisando el ancho

$$A = \frac{4282.1 \text{ Kg/m}}{5000 \text{ Kg/m}^2} = 0.85 \text{ m} < 1.00 \text{ m}$$

Por lo tanto el ancho propuesto es el adecuado.

La norma 3.1.1., complementaria del Reglamento de Construcciones

del D.F., relativa a cimentaciones someras (zapatas y losas) fija que para estas cimentaciones desplantadas en suelos cohesivos, como es el de nuestro caso (zona III), deberá cumplirse la siguiente desigualdad:

$$\frac{\sum Q F_c}{A_r} < [C N_{cs}] F_r + P_v$$

donde

$\sum Q F_c$, Es la suma de las acciones verticales a tomar en cuenta en la combinación considerada, afectadas por sus respectivos factores de carga F_c .

A_r , Es el área del cimiento en m^2 .

P_v , Es la presión vertical actuante a la profundidad de desplante, por el peso propio del suelo (γD_f), en t/m^2

γ , Peso volumétrico del suelo

D_f , Profundidad mínima de desplante

c , Es la cohesión del suelo reducida, en t/m^2 siendo $c = \alpha c^*$

α , Es un coeficiente que para suelos arcillosos con resistencia en compresión simple q_u menor de $5 t/m^2$, tiene un valor de $\alpha = 0.67$

c^* , Es el valor medio de la cohesión del suelo "in situ" (supuesto de $c^* = 2 t/m^2$).

N_{cs} , Es el coeficiente de capacidad de carga, definido en la gráfica.

F_r , Es el factor de resistencia especificado en el artículo 268 del Reglamento.

Por lo que:

$$\Sigma Q Fc = 4282.1 \text{ kg/m (3.90) (1.4)} = 23,380.66 \text{ KG.}$$

$$Ar = 1.0 \text{ m (3.90 m)} = 3.90 \text{ m}^2$$

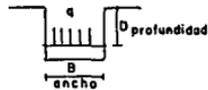
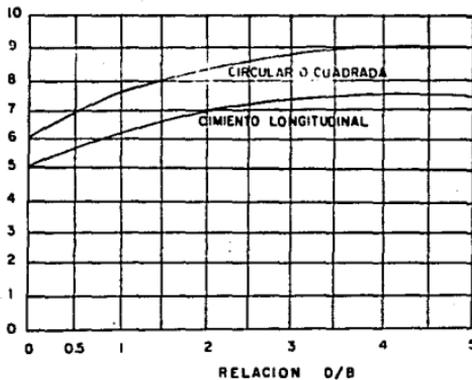
$$\frac{\Sigma Q Fc}{Ar} = \frac{23,38 \text{ T}}{3.9 \text{ m}^2} = 5.99 \text{ ton/m}^2$$

$$C = \alpha c^* = 0.67 (2.0 \text{ ton/m}^2) = 1.34 \text{ Ton/m}^2$$

$$\frac{Df}{B} = \frac{0.55}{1.00} = 0.55 = Ncs = 5.9$$

COEFICIENTE DE CAPACIDAD DE CARGA

GRAFICA - COEFICIENTE DE CAPACIDAD DE CARGA



TABLA

| D B | Ncs | |
|--------|---------|--------------|
| | CIRCULO | LONGITUDINAL |
| 0.00 | 6.20 | 5.14 |
| 0.25 | 6.70 | 5.60 |
| 0.60 | 7.10 | 5.90 |
| 0.75 | 7.40 | 6.20 |
| 1.00 | 7.70 | 6.40 |
| 1.60 | 8.10 | 6.80 |
| 2.00 | 8.40 | 7.00 |
| 2.50 | 8.60 | 7.20 |
| 3.00 | 8.80 | 7.40 |
| 3.50 | 9.00 | 7.50 |
| 4.00 | 9.00 | 7.50 |

$$Fr = 0.7$$

$$Pu = \gamma Df = 1.5 \text{ Ton/m}^3 (0.55 \text{ m}) = 0.825 \text{ T/m}^2$$

$$C \text{ Ncs } Fr + Pu = 1.34 \text{ T/m}^2 (5.9) \quad 0.7 + 0.825 = 6.36 \text{ T/m}^2$$

$$5.99 \text{ Ton/m}^2 < 6.36 \text{ Ton/m}^2$$

Por lo que se cumple la condición, aceptándose la cimentación calculada.

VI. 2.2. Revisión de los esfuerzos probables en los muros de adobe por el método simplificado del Instituto de Ingeniería.

La casa se encuentra desplantada en la zona B sobre terreno compresible, con dimensiones de $L = 9.60 \text{ m}$, $B = 7.60 \text{ m}$, $H = 2.30 \text{ m}$ y $t = 0.40 \text{ m}$.

El techo pesa aproximadamente 50 kg/m^2 y se encuentra apoyado sobre una dala perimetral de concreto de 0.20 m por 0.40 m . Para este análisis se supone que el sismo actúa en dirección perpendicular al lado más largo de la vivienda, por ser ésta situación la más desfavorable.

Para conocer el valor del coeficiente sísmico se empleó la tabla 1, propuesta por el Instituto de Ingeniería, y que es resultado de análisis y criterios, que se explican en el capítulo anterior. Donde no se toma en cuenta el tipo de terreno y que para la zona B es de $C_s = 0.16$.

Como se muestra en la Fig. 62 el muro B-1-4 es el que se encontró más desfavorable a la fuerza cortante, por ser muro intermedio y presentar mayor cantidad de huecos que reducen su resistencia.

Revisión por Cortante

Analizando el cuarto de 3.90 m, y para el caso con viga-cadena.

$$L' = 3 H^2/L \leq L \quad L' = 3(2.3)^2/3.90 = 4.06 \text{ m} \quad \therefore L' = 3.90$$

$$H' = H/3 \quad H' = 2.30/3 = 0.76 \text{ m}$$

Los pesos a considerar son:

| | | | | |
|--------------------------|---|---|-------------|-----|
| Viga-Cadena (A-1-4) | (2.4 T/m ³)(0.4m)(0.2m)(7.60m) | = | 1.46 | Ton |
| Dentellones | (2.4 T/m ³)(0.4m)(0.2m)(0.50m)(2) | = | 0.384 | " |
| Viga Inclinada | (2.4 T/m ³)(0.4m)(0.2m)(3.93m)(2) | = | 1.51 | " |
| Triángulo Superior | (1.8 T/m ³)(0.4m)(7.60m)(2.3 ^M /2) | = | 6.30 | " |
| Muro Cabecero (A-1-4) | (1.8 T/m ³)(0.4m)(7.60m)(0.56m) | = | 3.06 | " |
| Muro (B-1-4) | (1.8 T/m ³)(0.4m)(7.60m)(0.56m) | = | 3.06 | " |
| Viga-Cadena | (2.4 T/m ³)(0.4m)(0.2m)(7.6 m) | = | 1.46 | " |
| Dentellones | (2.4 T/m ³)(0.4m)(0.4m)(0.5m)(2) | = | 0.384 | " |
| Techo | (7.60m)(3.90m)(0.05 T/m ²) | = | 1.48 | " |
| Muros Longitudinales | (1.8 T/m ³)(0.4m)(3.90m)(0.56)(2) | = | 3.15 | " |
| Viga-Cadena Longitudinal | (2.4 T/m ³)(0.4m)(0.2m)(3.90m)(2) | = | 1.50 | " |
| Carga Viva Techo | (7.60m)(3.90m)(0.10 T/m ²) | = | <u>2.96</u> | " |
| | | | 26.39 | Ton |

Donde W' es igual a 26.39 ton.

$$V_1 = C_s W'$$

$$V_1 = 0.16 (26.39 \text{ ton}) = 4.23 \text{ Ton.}$$

Analizando el cuarto de 2.10 m

$$L' = 3 H^2/L \neq L \quad L' = 3(2.30)^2/2.10 = 7.56 \quad L' = 2.10m$$

$$H' = H/3 \quad H' = 2.30/3 = 0.76 m$$

Los pesos a considerar son:

| | | | | |
|--------------------------------|--|---|-------------|-----|
| Viga-Cadena (C-1-4 y B-1-4) | (2.4 T/m ³) (0.4m) (0.2m) (7.6m) (2) | = | 2.92 | Ton |
| Dentellones | (2.4 T/m ³) (0.4m) (0.4m) (0.5) (4) | = | 0.77 | " |
| Muros | (1.8 T/m ³) (0.4m) (7.60m) (0.56m) (2) | = | 6.13 | " |
| Muros Longitudinales | (1.8 T/m ³) (2.10m) (0.4m) (0.56) (2) | = | 1.69 | " |
| Viga-Cadena Longitudinal | (2.4 T/m ³) (0.4m) (0.2m) (2.10m) (2) | = | 0.81 | " |
| Techo | (7.6m) (2.10m) (0.05 T/m ²) | = | 0.80 | " |
| Carga Viva | (7.6m) (2.10m) (0.10 T/m ²) | = | <u>1.60</u> | " |
| | | | 14.72 | Ton |

$$V2 = 0.16 (14.72) = 2.36 \text{ Ton}$$

Con dichos cortantes y sabiendo que para muros intermedios - completamente interiores, corresponde el 50 % del cortante de cada cuarto. Por lo que la fuerza cortante en el muro B-1-4 es:

$$V_m = 0.50 (4.23 + 2.36) = 3.30 \text{ Ton}$$

Tomando en cuenta los huecos del muro en análisis

$$0.4 (7.60 - 2.0) = 2.24 \text{ m}^2$$

Por lo que el esfuerzo actuante resulta

$$V_a = 3.30 \text{ ton} / 2.24 \text{ m}^2 = 1.47 \text{ T/m}^2$$

Como el esfuerzo permisible es $V_r = 2.5 \text{ T/m}^2$, por lo tanto se concluye que no existe peligro que el muro se agriete por cortante.

Revisión por Flexión

Por flexión las esquinas del cuarto comprendido entre los ejes A y B de 3.90 m, son las más críticas.

$$M = C_s \quad W \quad x^2/k$$

Como sabemos x es el menor de H ó $L/2$;

$$H = 2.30 \text{ m} \quad L/2 = 3.90/2 = 1.95 \quad = \quad X = 1.95 \text{ m}$$

$$W = 0.4\text{m}(1.8 \text{ T/m}^3) 1 \text{ m} + (0.05 \text{ T/m}^2)(3.8\text{m}) + 2.4 \text{ T/m}^3(0.4\text{m})(0.2\text{m}) + (0.1\text{T/m}^2)(3.8\text{m})$$

$$W = 1.48 \text{ Ton/m} \quad C_s = 0.16 \quad K = 20 \text{ (si existe viga cadena)}$$

$$M = (0.16) (1.95)^2 (1.48)/20 = 0.045 \text{ tpm-m/m}$$

Teniendo que

$$f_a = -\frac{M}{S}; \quad s = b t^2/6 \quad s = \frac{1 (0.4)^2}{6} = 0.027$$

El esfuerzo actuante es:

$$f_a = \frac{0.045}{0.027} \frac{\text{Ton-m/m}}{\text{m/m}} = 1.67 \text{ Ton/m}^2$$

Como el esfuerzo permisible es $f_r = 5\text{T/m}^2$, al presentarse un sismo no habrá grietas en las esquinas.

Por los resultados anteriores, se puede concluir que la estructuración de los muros así como su geometría, garantizan que estos se encuentren a salvo de las posibles fallas - ---

producidas por los embates de un sismo.

Revisión de la Seguridad con el Método Sobresimplificado

Sumando las longitudes de muros a ejes en la dirección perpendicular al sismo, obtenemos el valor de L_1 .

$$L_1 = (3.9 + 2.10 + 3.60) \cdot 2 + 2.10 + 2.0 = 23.3 \text{ m}$$

para conocer el valor de L_2 , sumamos las longitudes de muros, paralelos al sentido del sismo, descontando los huecos existentes de puertas.

$$L_2 = (7.60 + 6.70 + 5.60 + 6.40) = 26.30 \text{ m}$$

Aplicando la condición de seguridad:

$$L_1/L_2 \leq Z ; \frac{23.30}{26.30} = 0.88$$

Con el valor de Z de la tabla 3. Para la zona C (aunque la vivienda se encuentre en la zona B), techo ligero y 2.5 m de altura, tenemos que:

$$Z = 4.26 ; 0.88 < 4.26$$

Lo que nos indica que la casa es segura, en cuanto a fuerza cortante producida por efecto del sismo.

Revisión por Flexión

Tomando el valor menor entre $H/t \leq L^*/2t$, donde L^* es la distancia de 3.90 m por ser la más desfavorable en la vivienda, por ende:

$$H = 2.30 \text{ m} \quad H/t = \frac{2.30}{0.40} = 5.75 \quad \delta \quad L^*/2t = \frac{3.90}{2(0.40)} = 4.875$$

El valor de 4.87, lo comparamos con el valor máximo permisible dado en la tabla 4. Que para caso con viga-cadena, techo ligero y en zona C, (la vivienda se encuentra en la Zona B, al tomar el valor de la zona C estaremos del lado de la seguridad) tenemos el valor de 9.15.

Como $4.87 < 9.15$

La casa es segura para soportar los momentos producidos por el sismo.

La revisión por flexión en el plano del muro se omite, ya que para el dimensionamiento y ubicación de espacios abiertos, - como puertas y ventanas, se determinó que todas guardaran la relación de $h/b \leq 2.2$. Como ejemplo puede citarse el de las ventanas ubicadas entre los ejes A y B. La distancia de la esquina (a eje), al paño de la ventana es de 1.30 m y la altura de la ventana es 1.00 m, por lo que:

$$h/b = \frac{1.00 \text{ m}}{1.30 \text{ m}} = 0.769 \leq 2.2$$

VI.2.3. Cálculo de la cadena

Para la cadena perimetral el Instituto de Ingeniería propone un armado de 4 varillas del número 4 con estribos del número 2 espaciados medio peralte, siempre y cuando dicha viga tenga el ancho del muro. Armado propuesto de acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos y experiencias realizadas por dicho Instituto.

Hemos considerado pertinente calcular el armado de la viga perimetral con el propósito de reducir el costo de fabricación

de la viga cadena.

Los cálculos se realizan de acuerdo al método propuesto por los Ingenieros Claudio Merrifield C. y Carlos Escalante para determinar los elementos mecánicos:

Revisión por Flexión:

$$M = M_1 + M_2$$

$$M_1 = 0.043 (e) (\gamma) (a) (H) (L)^2$$

e = espesor (m)

γ = Peso específico del adobe (T/m³)

a = 1.5 C

C = Coeficiente sísmico

H = Altura del muro

L = Longitud del muro

$$M_1 = 0.043 (0.40) (1.8) (.24) (2.3) (3.9)^2 = 0.26 \text{ T - m}$$

$$M_2 = \frac{z(Lt)(a)(L)^2}{8}$$

Z = Peso del techo (T/m²)

Lt = Longitud tributaria del techo

a = Aceleración

$$M_2 = \frac{(0.15)(3.9)(0.24)(3.9)^2}{8} = 0.27 \text{ t-m}$$

$$M_1 + M_2 = 0.26 \text{ t-m} + 0.27 \text{ t-m} = 0.53 \text{ t-m} = 0.53 \times 10^5 \text{ kg-cm}$$

Para absorber este momento será necesario el empleo de una viga perimetral con las siguientes características: b = 40 cm, h = 20 cm., d = 17 cm., r = 3 cm., en la cual se empleará un concreto de F'c = 150 kg/cm² de resistencia a la compresión y acero de Fy = 4,200 kg/cm².

Para determinar el acero necesario que requerirá la viga se empleará el reglamento de construcción del D.F. 1977.

$$M_r = F_r b d^2 f_c'' q (1 - 0.5 q)$$

F_r = Factor de reducción por flexión = 0.9

b = Ancho de la sección rectangular

d = Peralte efectivo

$$f_c'' = 0.85 f^*c \quad \text{si } f^*c \leq 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c'' = \left(\frac{1.05 - f^*c}{1250} \right) \quad \text{si } f^*c > 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$f^*c = 0.8 f_c'$$

$$f^*c = 0.8 (150 \text{ kg/cm}^2) = 120 \text{ Kg/cm}^2 < 250 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo que

$$f_c'' = (0.85)(120 \text{ Kg/cm}^2) = 102 \text{ Kg/cm}^2$$

Sustituyendo valores

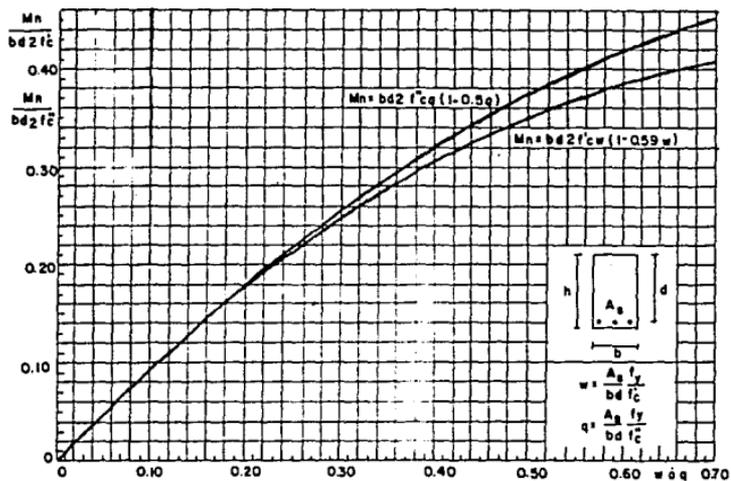
$$\frac{M_r}{F_r b d^2 f_c''} = q (1 - 0.5 q)$$

$$\frac{0.53 \times 10^5}{(0.9)(40)(17)^2(102)} = 0.0499 \approx 0.05$$

Mediante la gráfica N° 638 con el valor $M_r/F_r b d^2 f_c'' = 0.5$ obtendremos el valor de $q = 0.05$ con el cual calcularemos el área de acero mediante la expresión siguiente:

$$A_s = \frac{q b d f_c''}{f_y}$$

$$A_s = \frac{(0.05)(40)(17)(102)}{4200} = 0.83 \text{ cm}^2$$

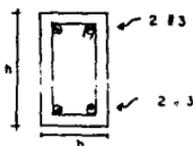
fig.63B MOMENTOS RESISTENTES NOMINANTES DE SECCIONES RECTANGULARES PARA $w \leq w_b, q \leq q_b$

Pero como el reglamento establece que el área de acero mínima no será inferior a:

$$A_{s\min} = \frac{0.7 \sqrt{f_c}}{f_y} bd$$

$$A_{s\min} = \frac{0.7 \sqrt{150}}{4200} (40)(17) = 1.39 \text{ cm}^2$$

Esta área de acero la cubren 2 # 3 de cada lado



$$A_{s2\#3} = 1.42 \text{ cm}^2 > 1.39 \text{ cm}^2$$

Cálculo de la fuerza cortante

$$V_{\max} = \frac{10 e \times a H}{24} \left(\frac{L}{3} \right) + \frac{Z Lt + L}{2}$$

$$V_{\max} = 0.14 e \times a HL + \frac{Zl + L}{2}$$

$$V_{\max} = 0.14 (.40)(1.8)(0.24)(2.3)(3.9) + \frac{0.15(3.9)(3.9)}{2} = 1.36 \text{ ton}$$

Este cortante debe ser cubierto por el cortante que absorbe el concreto más el cortante que toman los estribos.

Fuerza cortante que toma el concreto

$$\text{Si } P < 0.01 \quad V_{cr} = F_r b d (0.2 + 30\rho) \sqrt{f_c}$$

$$\text{Si } P \geq 0.01 \quad V_{cr} = 0.5 F_r b d \sqrt{f_c}$$

$$P = \frac{As}{bd} \quad (\text{Para vigas}) \quad P = \frac{1.42}{(40)(17)} = 0.002 < 0.01$$

$$Fr = 0.8 \quad (\text{para fuerza cortante})$$

$$Vcr = 0.8 (40)(17)[(0.2 + 30)(.002)] \sqrt{120} = 1549.39 \text{ kg.}$$

$$Vcr = 1.54 \text{ Ton.}$$

Cortante que toman los estribos del # 2.5 con fluencia
 $f_y = 3000 \text{ kg/cm}^2$ espaciados a cada 30 cm.

$$Vsr = 0.8 \frac{Av f_y d}{S}$$

$$Av = 0.99 \text{ cm}^2$$

$$Vsr = \frac{0.8 (0.99) (3000) (14)}{30} = 1346.4 \text{ Kg}$$

$$Vsr = 1.34 \text{ Ton}$$

$$V_e = Vcr + Vsr = 1.54 + 1.34 = 2.88 \text{ ton}$$

$$V_{mx} \leq V_r$$

$$1.36 < 2.88$$

VI.2.4 Cálculo del techo

El sistema de techo será por medio de armaduras de madera de - 7.60 m de largo por 2.50 m de alto, como se muestra más adelante, en las cuales se apoyarán largueros que a su vez soporten a las tejas de barro.

La distribución de las armaduras se muestra en la fig. 64, en donde se puede observar que la máxima separación entre éstas, es de 2.10 m.

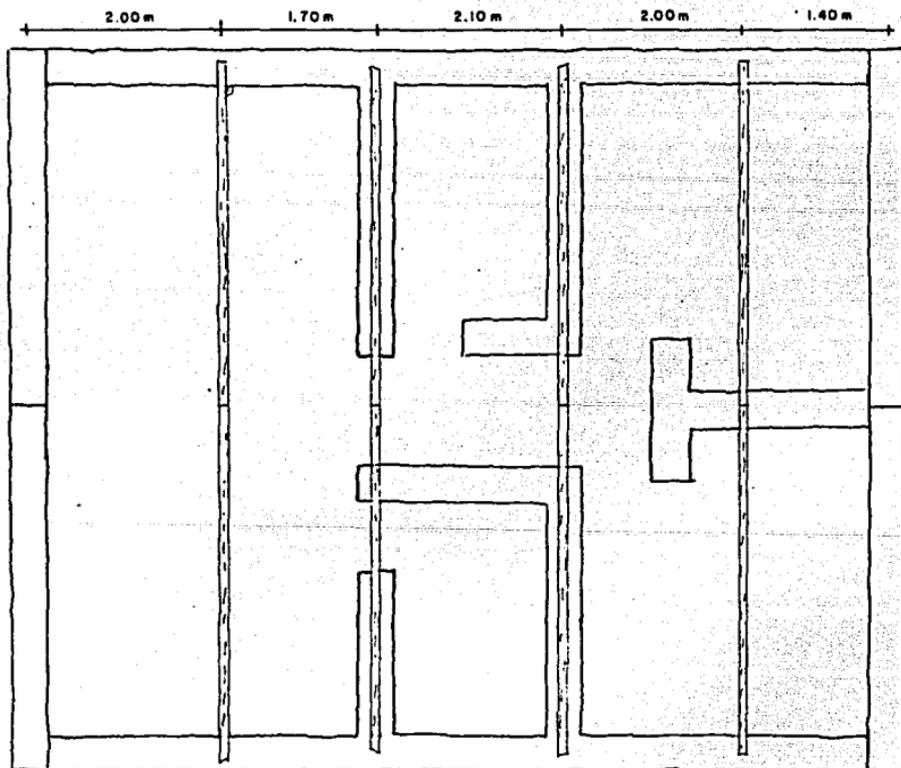
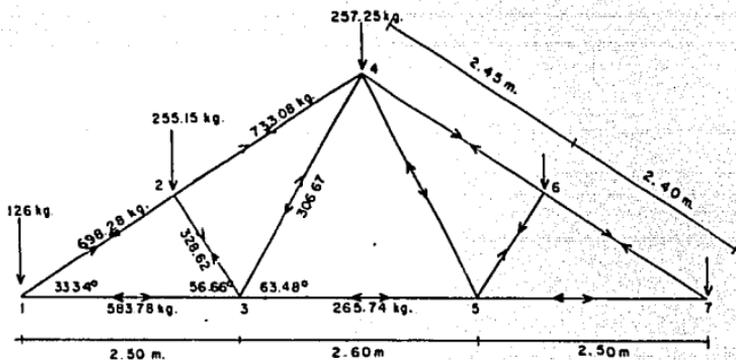


FIG. 64 DISTRIBUCION DE ARMADURAS EN LA VIVIENDA.

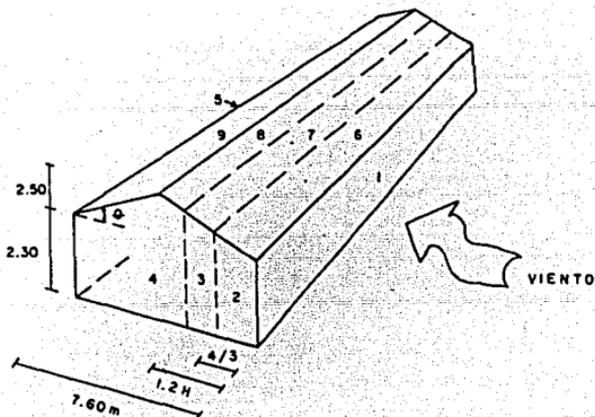
Para el diseño de la armadura, se analizan los efectos por carga muerta más viento y carga muerta más carga viva, con la finalidad de tomar en cuenta el caso más desfavorable en el diseño de la armadura.

En primera instancia determinaremos los esfuerzos en los elementos por efecto de la carga muerta. La carga muerta estimada es de 50 kg/m^2 , de acuerdo a la área tributaria para cada nodo, corresponderá la carga.



En el dibujo anterior se muestran las fuerzas que actúan en las barras.

Determinamos las presiones actuantes por viento en la armadura, para el caso de viento paralelo y viento perpendicular, - a las generatrices.



$$\alpha = \frac{2.50}{3.80} = 33.34^\circ$$

$$15^\circ < 33.34^\circ < 65^\circ \quad V = 100 \text{ Km/hr}$$

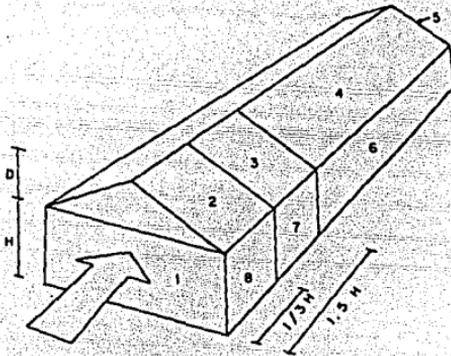
| | | |
|---------------|-------------------------------|--|
| $C_1 = 0.75$ | $C_1^* = 0.75 + 0.3 = 1.05$ | C^* = efecto de succión combinado, tomando el valor más -- desfavorable de ± 0.3 ya que el % de aberturas está comprendido entre 0 y 30 %. |
| $C_2 = -1.33$ | $C_2^* = -1.33 - 0.3 = -1.63$ | |
| $C_3 = -0.76$ | $C_3^* = -0.76 - 0.3 = -1.06$ | |
| $C_4 = -0.40$ | $C_4^* = -0.40 - 0.3 = -0.70$ | |
| $C_5 = -0.68$ | $C_5^* = -0.68 - 0.3 = -0.98$ | |
| $C_6 = -1.33$ | $C_6^* = -1.33 - 0.3 = -1.63$ | |
| $C_7 = -0.76$ | $C_7^* = -0.76 - 0.3 = -1.06$ | |
| $C_8 = -0.40$ | $C_8^* = -0.40 - 0.3 = -0.70$ | |
| $C_9 = -0.68$ | $C_9^* = -0.68 - 0.3 = -0.98$ | |

CALCULO DE PRESIONES DE VIENTO, EMPLEANDO LA SIGUIENTE ECUACION:

$$P = 0.0055 CV^2 ; V = 100 \text{ km/hr. (velocidad del viento)}$$

| |
|--|
| $P_1 = 0.0055 (100)^2 \cdot 1.05 = + 57.75 \text{ kg/m}^2$ |
| $P_2 = 55 (-1.63) = -89.63 \text{ kg/m}^2$ |
| $P_3 = 55 (-1.06) = -58.30 \text{ "}$ |
| $P_4 = 55 (-0.70) = -38.50 \text{ "}$ |
| $P_5 = 55 (-0.98) = -53.90 \text{ "}$ |
| $P_6 = 55 (-1.63) = -89.63 \text{ "}$ |
| $P_7 = 55 (-1.06) = -58.30 \text{ "}$ |
| $P_8 = 55 (-0.70) = -38.50 \text{ "}$ |
| $P_9 = 55 (-0.98) = -53.90 \text{ "}$ |

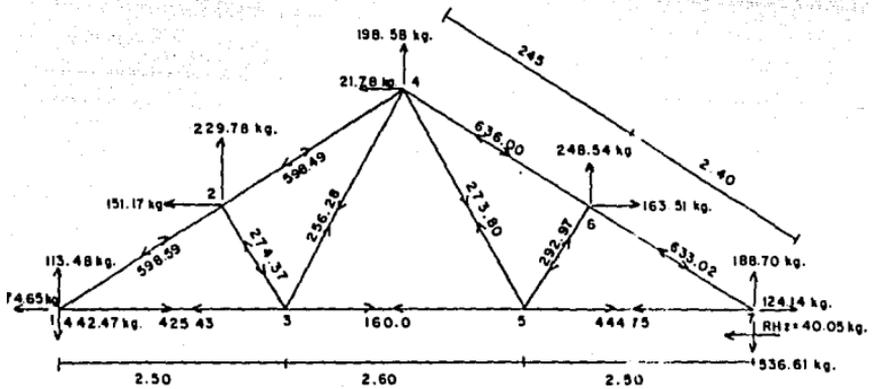
VIENTO PARALELO A LAS GENERATRICES



| | | |
|---------------|--------------------------------|--|
| $C_1 = 0.75$ | $C_1^A = 0.75 + 0.30 = 1.05$ | $P_1 = 55 (1.05) = 57.75 \text{ kg/m}^2$ |
| $C_2 = -1.75$ | $C_2^A = -1.75 - 0.30 = -2.05$ | $P_2 = 55 (-2.05) = -112.75 \text{ ''}$ |
| $C_3 = -1.00$ | $C_3^A = -1.00 - 0.30 = -1.30$ | $P_3 = 55 (-1.30) = -71.50 \text{ ''}$ |
| $C_4 = -0.40$ | $C_4^A = -0.40 - 0.30 = -0.70$ | $P_4 = 55 (-0.70) = -38.50 \text{ ''}$ |
| $C_5 = -0.68$ | $C_5^A = -0.68 - 0.30 = -0.98$ | $P_5 = 55 (-0.98) = -53.40 \text{ ''}$ |
| $C_6 = -0.40$ | $C_6^A = -0.40 - 0.30 = -0.70$ | $P_6 = 55 (-0.70) = -38.50 \text{ ''}$ |
| $C_7 = -1.00$ | $C_7^A = -1.00 - 0.30 = -1.30$ | $P_7 = 55 (-1.30) = -71.50 \text{ ''}$ |
| $C_8 = -1.75$ | $C_8^A = -1.75 - 0.30 = -2.05$ | $P_8 = 55 (-2.05) = -112.75 \text{ ''}$ |

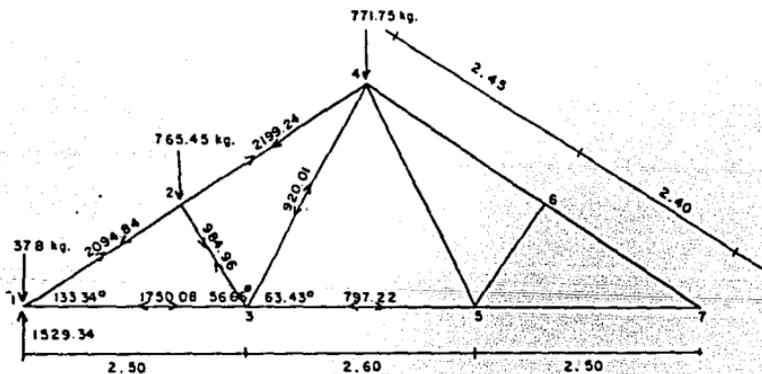
ANALISIS DE CARGAS DE VIENTO (PRESIONES INTERNAS Y EXTERNAS)

Como las fuerzas del viento actúan perpendicularmente a la superficie, en la figura siguiente se muestran las proyecciones de dichas fuerzas,



ANALISIS CON CARGA MUERTA MAS CARGA VIVA

El Reglamento de Construcciones del D.F., establece como carga viva para azoteas 100 kg/m^2
Por lo que por efecto de carga viva más carga muerta se tiene 150 kg/m^2



TENSION (+)

COMPRESION (-)

| MIEMBRO | CARGA MUERTA | CARGA MUERTA + CARGA VIVA | VIENTO | CARGA MUERTA + VIENTO |
|---------|--------------|------------------------------|----------|--------------------------|
| 1 - 2 | - 698,28 kg | - 2,094,84 | + 598,59 | - 99,69 |
| 1 - 3 | + 583,36 " | + 1,750,08 | - 425,43 | + 157,93 |
| 2 - 3 | - 328,32 " | - 984,96 | + 274,37 | - 53,95 |
| 2 - 4 | - 733,08 " | - 2,199,24 | + 598,49 | - 134,59 |
| 3 - 4 | + 306,67 " | + 920,01 | - 256,28 | + 50,39 |
| 3 - 5 | + 265,74 " | + 797,22 | - 160,00 | + 105,74 |
| 4 - 5 | + 306,67 " | + 920,01 | - 273,80 | + 32,87 |
| 4 - 6 | - 733,08 " | - 2,199,24 | + 636,00 | - 97,08 |
| 5 - 6 | - 328,32 " | - 984,96 | + 292,97 | - 35,34 |
| 5 - 7 | + 583,36 " | + 1,750,08 | - 444,75 | + 138,61 |
| 6 - 7 | - 698,28 " | - 2,094,84 | + 633,02 | - 65,26 |

Para el Diseño de los Miembros, se escogerán las condiciones de esfuerzo más desfavorable. Se puede observar que corresponde a la combinación de Carga Viva más Carga Muerta. En la armadura los efectos por succión producen una disminución de las fuerzas internas.

Tomando la fuerza máxima a tensión y la máxima a compresión para el diseño de los miembros de la armadura.

Fuerza Máxima a tensión

1,750,08 Kg.

Fuerza Máxima a compresión

$$2,199.24 \text{ Kg.}$$

Esfuerzo permisible a tensión

$$f_{pt} = 42.0 \text{ Kg/cm}^2$$

Esfuerzo permisible a compresión

$$f_{pc} = 40.0 \text{ Kg/cm}^2$$

Las áreas necesarias para los miembros son:

$$A_c = \frac{2,199.24 \text{ Kg}}{40.0 \text{ Kg/cm}^2} = 54.98 \text{ cm}^2 \quad A_t = \frac{1,750.08 \text{ Kg}}{42.0 \text{ Kg/cm}^2} = 41.67 \text{ cm}^2$$

Empleando madera rolliza (troncos) tendremos:

$$d_c = \sqrt{\frac{A_c \cdot 4}{\pi}} = 8.37 \text{ cm} \quad d_t = 7.28 \text{ cm}$$

Como los diámetros para tensión y compresión son aproximadamente iguales, se propone que la armadura se fabrique con -- troncos de 10 cms. de diámetro en todos sus elementos.

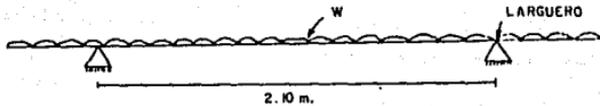
De acuerdo al análisis anterior, hemos determinado que es más desfavorable el efecto que produce la carga muerta \pm carga viva, por lo que los largueros se diseñarán bajo esta combinación de cargas. Los largueros tendrán una separación entre sí de 25 cms., (dimensión propia para apoyar tejas de barro).

$$\text{Carga Muerta} \text{ ----- } 50 \text{ Kg/m}^2 (0.25) = 12.5 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Carga Viva} \text{ ----- } 100 \text{ kg/m}^2 (0.25) = \frac{25}{37.5} \text{ kg/m} \approx 38 \text{ kg/m}$$

Por lo que la carga actuante sobre el larguero es de 37.5 kg/m, y sabiendo que la máxima separación entre armaduras es de --

2.10 m.



Obteniendo los elementos mecánicos máximos:

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{W L^2}{10} = \frac{38 \text{ kg/m} (1.20)^2}{10} = 16.76 \text{ kg-m}$$

$$V_{m\acute{a}x} = 39.9 \text{ kg} \approx 40 \text{ kg}$$

Suponiendo una condición verde (contenido de humedad mayor de 18 %), y clasificación de segunda en la madera tendremos los siguientes esfuerzos permisibles

Flexión y tensión ----- 42 kg/cm²

Cortante ----- 7 kg/cm²

$$f_s = \frac{M}{S} = S = \frac{M}{f_s} = \frac{16.76 \text{ kg-m}}{420,000 \text{ kg/m}^2} = 3.99 \times 10^{-5}$$

$$S = \frac{tb^2}{6} = t = \frac{S6}{b^2}$$

$$\text{Proponemos } b = 3'' = 7.6 \text{ cm} = t = \frac{3.99 \times 10^{-5} (6)}{(0.076)^2} = 0.041 \text{ m}$$

Por lo que la sección será 7.6 X 7.6 (3'' X 2'')

$$f_a = \frac{V}{A} = \frac{40 \text{ kg}}{38.60} = 1.04 \text{ kg/cm}^2 < 7 \text{ kg/cm}^2$$

Revisión por flecha

$$\Delta = 1.5 \Delta_m + \Delta_v \quad \Delta_m = \frac{2.5}{384} \frac{Wm l^4}{EI}$$

$$E = 70,000 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{b x h^3}{12} = \frac{7.6 \times (5.08)^3}{12} = 83.03 \text{ cm}^4$$

$$EI = 70,000 \text{ kg/cm}^2 (83.03) = 5,812,100.0 \text{ kg-cm}^2$$

$$\Delta_m = \frac{2.5}{384} \frac{0.125 \text{ kg/cm} (210)^4}{5,812,100.0} = 0.27$$

$$\Delta_v = \frac{Wv}{Fm} \Delta_m$$

$$\Delta_v = \frac{25 \text{ kg/m}}{12.5 \text{ kg/m}} (0.27) = 0.54 \text{ cm}$$

$$\Delta = (0.27) 1.5 + 0.54 = 0.95 \text{ cm}$$

Flecha permisible

$$\Delta_p = 0.5 \text{ cm} + \frac{L}{240}$$

$$\Delta_p = 0.5 + \frac{210}{240} = 1.375 \text{ cm}$$

$$\therefore 0.95 \text{ cm} < 1.375 \text{ cm}$$

Pasa por flecha

VII. CONCLUSIONES

Consideramos que a partir de lo expuesto en esta tesis pueden establecerse las siguientes conclusiones:

1. El adobe representa una alternativa de material para construcción de viviendas que puede proporcionar economía funcionalidad y seguridad.
2. Las construcciones existentes pueden ser rehabilitadas implantando medidas de conservación y en el caso de aquellas que se encuentran en zona sísmica mediante su reforzamiento.
3. Los métodos simplificado y sobresimplificado desarrollados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM pueden emplearse para revisar la seguridad de construcciones de adobe.
4. Una forma sencilla y económica de reforzar las casas de adobe es mediante la construcción de una dala perimetral en la parte superior de los muros.
5. Para construcciones nuevas la seguridad estructural de las casas de adobe puede obtenerse por dos caminos: mejorando el material o adecuando la estructura.
6. Para construcciones masivas e industrializadas con supervisión de Ingeniería la opción más adecuada es la mejoría del material.
7. Para construcciones erigidas por medios tradicionales, en pequeña escala y aún por el mismo propietario la mejor opción es la adecuación estructural ya que el mejorar al material no puede garantizarse por la falta de un adecuado

control de calidad y en muchas ocasiones representa una solución más costosa.

8. Los programas de rehabilitación o mejoramiento de casas de adobe deberán tomar en cuenta la resistencia generalizada del público contra ese material como consecuencia de prejuicios.
9. La tendencia futura para el empleo del adobe se dirige hacia su aplicación en viviendas de mejor calidad y en edificaciones no habitacionales. Esta tendencia se apoya en las cualidades de aislamiento térmico del adobe -- que permiten el acondicionamiento de ambientes sin consumo de energía.
10. El aprovechamiento futuro del adobe se deberá basar en el desarrollo de investigaciones ulteriores sobre el material y los sistemas constructivos.

BIBLIOGRAFIA

Bazán, Enrique - Meli, Roberto
Seguridad de casas de adobe ante sismos.
 Informe 423 Instituto de Ingeniería,
 UNAM, (Junio, 1980).

Escalante, Carlos - Merrifield, Claudio
Casas de Adobe Antisísmicas
 Dirección General de Servicios Técnicos (SAHOP)
 (Septiembre, 1977)

Fathy, Hassan
Arquitectura para los pobres
 Editorial Extemporaneos
 México, 1976

INEGI
Agenda Estadística 1986
 Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática
 (1987)

INEGI
X Censo General de Población y Vivienda 1980 Vol. I y II
 Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática,
 (1981)

Instituto de Ingeniería, UNAM.
Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto,
 Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de
 Construcciones para el D.F.
 Informe 401 (julio, 1977)

Instituto de Ingeniería, UNAM.
Diseño y Construcción de Estructuras de Madera
 Informe 404 (julio, 1977)

Instituto de Ingeniería, UNAM.
Manual de Diseño por Viento
 Informe 407 (Julio, 1977)

Martínez, Belzay
Ensayes dinámicos en una vivienda rural reforzada por la
SOP en Huixquilucan, Edo. de México..
 Instituto de Ingeniería, UNAM
 (Agosto, 1976).

Martínez, Belzay - Escalante, Carlos
Pruebas dinámicas en una vivienda de adobe reforzada para
resistir temblores en Chiapa de Corzo, Chis.
 Instituto de Ingeniería, UNAM
 (Agosto, 1976).

Moya Rubio, Víctor
Vivienda Indígena de México y del Mundo
Coordinación de Humanidades,
UNAM, 1980

Quieto de Alcalá, Francisco
Técnicas para la Construcción de bloques de suelo-cemento
Revista IMCYC Vol. 8, N° 47,
Nov.-Dic., 1970

S.A.H.O.P.
Cartilla para la reconstrucción de vivienda de adobe
Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas
1980.

Universidad Católica Pontificia del Perú,
Memorias Seminario Latinoamericano de Construcciones de
tierra en áreas sísmicas
Lima, Perú
Mayo 23 - 27, 1983

Universidad de Nuevo México
International Workshop Earthen Building in Seismic Areas
Conference Proceeding Vol. I, II, III
University of New Mexico, 1981

Van Lengen, Johan
Manual del Arquitecto Descalzo
(Marzo, 1981)