

LA TIERRA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Ing. Gabriel Pons

San Salvador, Septiembre 2001

LA TIERRA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION

INDICE

- I Introducción**
- II Características Generales del Adobe como Material de Construcción**
- III Otras Técnicas para Trabajar con Tierra**
- IV Tendencias Recientes de la Construcción con Tierra.**
- V Las Experiencias con el Adobe en los Terremotos**
- VI El Diseño de las Viviendas de Adobe**
- VII Los Recientes Terremotos en El Salvador.**
- VIII Datos Especificos sobre los dos Terremotos obtenidos de los Sismógrafos**
- IX Frecuencia de los Terremotos Ocurridos en El Salvador**

La Tierra como Material de Construcción

I Introducción

Desde los inicios de la humanidad ya los primeros hombres construían con tierra, formando con ella paredes protectoras para tapar las entradas de sus cavernas. La tierra ha sido material de construcción usado en todos los lugares y en todos los tiempos. Los hombres se familiarizaron con sus características y aprendieron a mejorarlas agregándole algunas fibras vegetales, o a intercalar algunas ramas como refuerzos para consolidar sus resistencias. Una variedad del uso de la tierra en combinación con otros materiales, principalmente de origen vegetal, son las construcciones de bahareque. Luego, ya tratados por el fuego, aparecen los ladrillos, material inmejorable para uso en toda clase de construcción.

Desde un punto de vista arquitectónico, o mas bien ecológico, no sabría decirlo, la vivienda popular, debe ser autóctona, para ello:

- Deben usarse los materiales naturales que se tienen en el lugar. Los esquimales construyen sus igloos con bloques de hielo, los bosquimanos hacen sus ranchos con ramas de material vegetal liviano, los habitantes de los desiertos construyen con tierra, los nómadas hacen sus casas con material obtenido de la lana de sus ovejas, los colonos norteamericanos usaron los troncos de los bosques...
- Debe ser construida con métodos sencillos fáciles de entender
La familia, niños mujeres, ancianos deben poder cooperar en su construcción. Nada de tecnicismos ni herramientas ni complejidades mecánicas
- Debe ser posible repararla por las mismas personas que la construyeron. Usando las mismas técnicas simples usadas en su construcción.
- El mantenimiento y reparación debe poder hacerse usando los mismos materiales
- Debe proteger eficazmente de la intemperie
- Ofrecer comodidad a sus habitantes de manera durable.
- Deben ser seguras, brindando protección a sus moradores de animales, clima, ataques...

Para no alargar esta lista no se mencionan características como conocimiento, bajo costo, economía de materiales, de mano de obra, incorporados como requisitos básicos en el haber social, lo mismo que su aceptación por la cultura local.

Todas esas características las presentan con grado sumo las construcciones con tierra, de hecho las casas de adobe se funden en el paisaje de manera armónica, no presentan discrepancia con el ambiente y tradicionalmente han sido bien aceptadas por las sociedades que las usan.

En los tiempos modernos se ha reemplazado la tierra por otros materiales como el vidrio, el hierro y el concreto, en especial para las construcciones urbanas, quedando las construcciones de tierra sobretodo para las viviendas rurales, principalmente en los países del llamado tercer mundo. En una economía altamente tecnificada como la que se vive hoy, es natural que así suceda con las construcciones urbanas en donde los edificios de altura son mas numerosos y el espacio se usa mas intensivamente.

II Características Generales del Adobe como Material de Construcción

Aparte de sus ventajas altamente conocidas como su baja conductividad térmica que vuelve las construcciones de adobe tan acogedoras se tienen otras igualmente prácticas, como el hecho que la materia prima está siempre presente en el lugar de construcción con el ahorro consiguiente en su transporte. Ventaja apreciable dado el alto volumen de material necesario para construir las. Aun cuando modernamente se puede usar maquinaria para fabricar adobes, se puede ser tan primitivo para construir como la de hacer bolas de lodo y lanzarlas con fuerza contra el muro en construcción y, por adición, subir su altura de esa manera; todo este trabajo hecho a mano, sin herramientas ni instrumento alguno. Tal vez una canasta de fibra o una pala de madera

Las cualidades en desventaja como material de construcción también son harto conocidas. El adobe es higrofilo, tiende a absorber la humedad atmosférica cuando el aire está saturado de manera que por ello pierde su resistencia a los esfuerzos, aun los de su propio peso. En los trópicos después de una lluvia prolongada por varios días, algunas paredes se desploman sin intervención de ninguna otra fuerza, debido a la humedad del ambiente.

Sus resistencias a la compresión son bajas (de 3 a 5 Kg. por cm²) cuando está seco y pueden considerarse nulas a los esfuerzos de tracción. Por esas mismas características su manipulación se vuelve mas difícil, los

adobes se quiebran al no haber sido “curados” de manera que puedan resistir su manejo para colocación en su lugar.

No conviene ser negativo por esas cualidades tan pobres; la arquitectura es el arte de construir para que dure y el tratamiento a los materiales para resistir la intemperie es la base de todo diseño arquitectónico; la baja resistencia a la compresión se puede mejorar con facilidad lo mismo que la poca resistencia a la humedad.

Los métodos ancestrales para seleccionar la tierra como materia prima, su adición de arena, arcilla, o hierba son precisamente para mejorar sus cualidades de modo que resista mejor la intemperie, aumente su resistencia y facilite el manejo de los adobes; pero además los diseños de las viviendas con amplios aleros, o con corredores exteriores, protegiendo las paredes; con fundaciones de piedra para impedir que suba por capilaridad la humedad del suelo son otras maneras, ya clásicas, de proteger y mejorar las construcciones de adobe. La resistencia a los esfuerzos ha sido automáticamente mejorada con estos tratamientos, pero seguiría siendo muy baja de no haber otro tratamiento adicional.

Característica de la tierra es su nula o poca elasticidad, las deformaciones por esfuerzos no se recobran, y los esfuerzos para deformarla son muy bajos. Sin embargo una vez construidas las paredes y cuando se ha tenido el cuidado de no sobrepasar las resistencias normales del adobe a los esfuerzos, toda la construcción marcha a la perfección. Por supuesto se han tenido que hacer muros muy anchos para que los esfuerzos sean bajos. Esto trae ventajas adicionales: La poca conductividad térmica se encuentra mejorada por el espesor de las paredes, y la seguridad a daños por golpes externos a las paredes también aumenta; pues las paredes de adobe trabajan bien por su masividad. Esta debe ser la condición y característica principal de su diseño...

III Otras Técnicas para Trabajar con Tierra

Una variante muy popular en ciertas regiones es la tierra apisonada, en Europa fue practicada desde los tiempos romanos la tierra apisonada, (“terre pisé”) se utiliza sin hacer propiamente los adobes. El procedimiento consiste en preparar un molde sobre el cual se vierte la tierra humedecida (y preparada) en capas delgadas y luego con un pisón golpearla para que se comprima y forme un todo mas denso. Este procedimiento permite mayor resistencia a la compresión cuyos limites pueden ser tan altos como 25, 30 y hasta 40 kgr/cm² – por supuesto, las fatigas de trabajo deben ser mucho menores- no obstante lo anterior, las paredes de tierra apisonada resisten mejor la intemperie, pero no mejoran la resistencia a la tracción. En cambio se obtiene continuidad del material en la pared, al suprimir las juntas entre adobes, las cuales por dejarlas a menudo exageradamente gruesas disminuyen su resistencia; la tierra usada para las juntas ofrece menos resistencia a los esfuerzos que, aunque sean del mismo material no se comprimen tanto, ni esta “curada” como cuando se fabrican los adobes.

Cuando se trabaja tierra con moldes, y no con adobes, la densidad de la pared puede incrementarse un poco mas colocando algunas capas de piedra dentro de la pared, la tierra sirve como matriz y las piedras deben estar separadas sin hacer contacto unas con otras para que la masa conserve su homogeneidad conductora de los esfuerzos a que estará sometida. Obviamente la densidad de la piedra debe ser mayor que la densidad de la tierra apisonada. Su mayor densidad influye en que la resultante entre los esfuerzos horizontales junto con el peso de la pared se defina en ángulos mas inclinados hacia abajo disminuyendo los riesgos de provocar esfuerzos de tracción en la base; esto permite construir las paredes de tierra apisonada ligeramente mas delgadas.

Modernamente se ha iniciado la técnica de estabilizar la tierra con aditivos como cemento, cal apagada, asfalto, y aún algunas resinas epóxicas, no tengo información sobre que se haya experimentado con la adición de puzolanas. Los procedimientos son sencillos, previo algunos tanteos, haciendo bloques de tierra con varias proporciones del aditivo y después de sumergidas las pruebas en agua por varios días, se escoge aquella proporción que ofrezca el comportamiento mas conveniente.

Con la tierra así estabilizada se obtiene una mayor resistencia a la humedad, las paredes se vuelven impermeables, la resistencia a la compresión mejora. Obviamente los costos de la construcción suben, dependiendo de la cantidad de aditivo añadida y de su precio. Aun cuando los procesos de pruebas se mantienen sencillos y no se altera el método de construcción una vez estabilizada la tierra; existe la probabilidad que la complejidad así añadida no tenga toda la aceptación entre los constructores rurales, muy conservadores y

apegados a su pobre tradición constructiva. Quien esto escribe ya ha vivido en su país, varias veces esta situación.

Conviene observar que la tierra estabilizada es un material de características diferentes a las de la sola tierra y de los adobes. Se obtienen algunos coeficientes de elasticidad entre 5000 y 15000 kg/cm². por tanto debe experimentarse mucho mas antes de fijar normas y de tipificar su uso

IV Tendencias Recientes de la Construcción con Tierra.

Tanto en Europa, como en países mas pobres, se ha iniciado la tendencia a construir con adobe reforzado con otros materiales que puedan resistir los esfuerzos de tensión intercalados en su masa al momento de su construcción, a veces llamado adobe armado, como decir varillas hierro o de madera, bambú, etc. Las razones son evidentes, el espesor de las paredes es un obstáculo para el uso del adobe en las construcciones urbanas y el temor a los terremotos induce a buscar maneras de reforzar las paredes de adobe para que resistan a la tracción. Se desea y se necesita que las paredes sean mas delgadas, que pierdan masividad y que sin embargo puedan resistir a los terremotos u otros esfuerzos violentos.

Hay ciertas variantes en esta forma de construir con tierra, aun mas, algunas universidades en Israel, Perú, en Grenoble, -Francia, igual que en Méjico, se ha experimentado y emitido normas que facilitan la construcción con tierra en suelo urbano, pues al aumentar su resistencia a toda clase de esfuerzos se está también ofreciendo esa seguridad tan buscada en los casos de terremoto.

V Las Experiencias con el Adobe en los Terremotos

Se habla a menudo de la buena o mala calidad de este o aquel tipo de construcción; lo que mas confunde a los habitantes es que después de un terremoto, hayan caído por tierra construcciones de todo tipo, aquí un edificio de concreto, allá unas casas de adobe, por todos lados se ven ya caídas, ya en pie, construcciones de todo tipo de materiales y con mas o menos daños. En realidad no importa de que materia hayan sido hechos los edificios, lo que vale es el interés que se tomen los constructores en hacer una obra bien hecha. Este interés va ligado al tecnicismo que se aplica para construirlos, a los cálculos para el diseño de la estructura, a la selección de los materiales, la supervisión de los procesos, el respeto a las normas, en fin "si no se construye con amor", las estructuras no responderán a lo que se espera de ellas.

Las experiencias obtenidas por informaciones subjetivas y sin aparatos de medición, como ocurría en el pasado, ofrecen dificultad para medir el comportamiento de los diferentes edificios en diferentes emergencias. Naciones Unidas a través de UNDRO (Disaster Relief Organization) ofrece un método de observación y comparación de efecto de los sismos según su intensidad según el orden siguiente:.

- A.- Escala de intensidades
- B.- Clasificación de los edificios
- C.- Porcentaje de los edificios dañados
- D.- Naturaleza de los daños en el interior de las viviendas
- E. Tabla de resultados

A.- Escala de Intensidades:

- Grado 1: Aquellos temblores que nadie siente, excepto los sismógrafos.
- Grado II: Sentido por pocas personas, sobre todo en las plantas elevadas.
- Grado III: Sentidos por algunas personas en el interior de sus casas. Oscilan las lámparas
- Grado IV: Sentido por muchas personas, crujido del techo y tabiques, vibración de vajilla.
- Grado V: Sentido por toda la población, despiertan a personas dormidas. Caen objetos.
- Grado VI: Dejan rajaduras en el suelo, grietas en las paredes
- Grado VII: Las carreteras se agrietan, las fuentes varían su caudal, se enturbia el agua estancada, debido a la sacudida del lodo en el fondo. Hay derrumbes y aludes.
- Grado VIII: Caen algunos edificios, hay corrimientos de tierras.
- Grado IX: Resultan los puentes dañados, las presas, los diques, los muelles
- Grado X: Se tuercen las líneas de ferrocarriles, hendiduras en la tierra hasta de un metro
- Grado XI: Daños importantes por doquier, incluso en los edificios bien construidos
- Grado XII: Cambio total del paisaje y de la topografía, valles cegados por los derrumbes terminan convertidos en lagos, etc.

B.- Clasificación de los edificios

- Casas de adobe, de tierra apisonada, casas rurales de construcción sencilla.
- Construcciones de ladrillo, de bloques, casas de sistema mixto, bahareque,
- Construcciones de concreto armado y buenas construcciones en madera.

C.- Porcentaje de los edificios dañados

Pocos, cuando las casas dañadas no pasan del 5% de las viviendas de un poblado

Medianos, cuando el número de casas dañadas viene a ser aproximadamente el 50% y

Muchos, cuando los daños afectan al 75% de las construcciones, o más

D.- Naturaleza de los daños en el interior de las viviendas:

- 1) Agrietamiento y caída de repellos
- 2) Agrietamiento de paredes, y caída de tejas
- 3) Grietas muy anchas en las paredes, algunos desplomes
- 4) Derrumbamiento parcial de paredes, rotura de vajilla
- 5) Derrumbamiento total de la construcción

La siguiente tabla muestra en forma simplificada la naturaleza de los daños ocurridos en varios terremotos, dando margen para apreciar la intensidad del terremoto, relacionando el material usado en los edificios, la intensidad de los daños sufridos y la naturaleza de estos daños. Para no ser tan largos en la exposición, solo se consideran temblores mayores del grado VI.

Naturaleza del daño en relación con el tipo de construcción y la intensidad del terremoto.

Daño causado:	Casas de adobe y Viviendas rurales			Casas de mixto o bloques de concreto			Edificios de concreto o de madera, bien hechos		
	poco	mediano	mucho	poco	mediano	mucho	poco	mediano	mucho
Grado									
VI	2	1	-	1	-	-	-	-	-
VII	4	3	-	2	-	-	-	1	-
VIII	5	4	-	4	3	-	3	2	-
IX		5	-	5	4	-	4	3	-
X		-	5	-	5	-	5	4	-

Se podrá apreciar que poblados con casas de adobe el 5% de ellas pueden sufrir rajaduras, caída de tejas y otros daños menores en terremotos de grado VI y 50% de las casas sufrirán daños como rajaduras y daños medianos para sacudidas grado VII, pero otro 50% no se caerá al embate de un sismo grado VIII, aunque quedará muy dañado.

El 50% de las casas de mixto (casas de ladrillo, reforzado con columnas de concreto) son valientes hasta terremotos de grado VIII y el 50% de los edificios de concreto armado aguantarán terremotos de grado IX con daños como rotura de paredes, pero ningún edificio soporta una embestida grado X por muy bien construido que esté. Al menos serán muy raros los supervivientes a tal cataclismo.

Terremotos en grado X ó XI no dejan nada en pie, y alteran la geografía, cambian curso de los ríos, forman lagos con sus derrumbes sobre los cauces, aparecen corrimientos de tierras, etc. alterando la topografía.

VI El Diseño de las Viviendas de Tierra

Los problemas relacionados con la corrección de las debilidades del adobe parecen haber sido resueltos con el uso de aditivos y con la selección y preparación adecuada de la tierra que servirá para construir los adobes. También la experiencia tradicional sobre como proteger las paredes de adobe de la lluvia con repellos, aleros grandes o por medio de corredores es de sobra conocida. También la practica para construir los cimientos ha probado su eficacia secular (defender las paredes de la humedad con soleras de piedra y argamasa mas altas que el nivel del suelo). El uso de vigas en forma de soleras coronando el perímetro superior de las paredes que conforman la vivienda también está ya incorporado al saber tradicional. El problema mas importante pendiente de solución es garantizar la resistencia de las

construcciones de tierra a los terremotos. Se podría agregar el interés por encontrar soluciones adecuadas para adelgazar las paredes, que si demasiado anchas roban espacio a la superficie útil de las viviendas.

Debe tenerse en cuenta que la solución para resistir terremotos no puede consistir en garantizar que la vivienda no se desplomara ante un sismo. Ningún edificio puede ser garantizado que pueda resistir los efectos de cualquier terremoto, no importa el material ni la técnica como haya sido construido. Se debe ser mas específico.

Se desea:

Que los edificios no colapsen ante las embestidas de un terremoto de x grado o de una aceleración dada. Esto no querrá decir que no puedan sufrir daños menores. Lo que importa es salvar vidas por tanto al momento del diseño conviene cuidar 1- Que los esfuerzos a los que pudiera estar sometido el edificio no sobrepasen las fatigas de trabajo de los materiales usados en la construcción. 2.- Que el diseño sea razonablemente calculado para resistir aquellos temblores de ocurrencia mas común en la localidad. (según experiencias estadísticas sobre los sismos locales).3.- Que los materiales incorporados a la estructura no se deterioren por la intemperie por hongos, termitas, etc , o por el tiempo.

Los cálculos para el diseño deben ser mas exigentes para aquellos edificios de uso público, como hospitales, escuelas etc, que en caso de emergencia resulten indispensables para servir de refugio temporal o para atender las probables victimas de un desastre. Los tanques para reserva y distribución del agua entran en esta categoría.

Se habla mucho de evitar las construcciones en lugares en donde ocurren los terremotos, como Sn Francisco California que se ha construido sobre una falla geológica. Mas importante resulta establecer normas para lograr construcciones mejor construidas y elevar el nivel de resistencia de los edificios a los sismos. Las normas de construcción en estos casos son primordiales. ¿Quien habla de trasladar la ciudad de Sn Francisco a otro lugar?

Para el caso de las construcciones habitacionales de adobe, deben existir normas que tengan en cuenta las características del material. El hecho que este no sea elástico hace que una vez alcanzados los limites de su resistencia, el material cede, se raja, pero la pared debe ser lo suficiente estable por si misma (por gravedad) para que no colapse por el bamboleo ni por el peso del techo.

Las construcciones de adobe para uso rural no deben perder la sencillez de su construcción. Una vivienda rural con refuerzos elaborados estaría fuera de la comprensión de las personas que la construyen, esto es muy importante. Su descuido, u olvido, se presta a la chapucería y aumenta la inseguridad de la construcción. Exige supervisiones que resultan onerosas, cuando no imposibles de llevar a cabo. A lo menos hará falta fundar escuelas para maestros de obra rurales.

La cuestión del techo sobre paredes de adobe merece especial atención. Un techo muy pesado eleva el centro de gravedad del conjunto, lo cual debilita la estabilidad de la pared y exige de ella un mayor refuerzo. La estructura del techo, el conjunto de soleras sobre las paredes, (las paredes internas) que actúan a manera de contrafuertes o bastiones, junto con los cimientos deben formar un todo que trabaje con unidad ante los esfuerzos provocados por los sismos. El techo no debe estar solamente sobrepuesto a la pared, sus juntas deben formar una rígida unidad estructural con ella. Además los cuartones del techo deben unirse con piezas en diagonal para formar una estructura horizontal que le de rigidez a todo el envigado que se apoya en la pared y ayude a resistir, junto con la solera superior, aquellos movimientos horizontales provocados por las sacudidas de los terremotos.

En el caso que el diseño se base en la masividad de las paredes para resistir esfuerzos horizontales debe preverse que no ocurran esfuerzos en la base de la pared superiores a la resistencia del adobe tanto a la compresión como a la tensión -- esta ultima es nula.. El esfuerzo horizontal sobre la pared es efecto de la componente horizontal de la aceleración que motiva el terremoto. Para los cálculos se puede tomar un valor igual al 10 o 12% de la aceleración de la gravedad. (lo usual en el calculo de edificios de concreto). Ese esfuerzo debe ser resistido por la pared como si se tratase de un muro de contención, cuyas dimensiones se calculan de manera que en la base del muro no hayan esfuerzos de tensión.

El cimiento debe ser capaz de distribuir las fuerzas en la base del muro cuidando que el suelo no sea obligado a resistir presiones superiores a su capacidad de soporte. Llenadas estas condiciones la pared puede empezar a vibrar con el sismo, no teniendo elasticidad la pared, se puede rajarse al alcanzar fatigas superiores a su cohesión como masa, pero no tendería a colapsar que es lo que verdaderamente interesa en el diseño..

En el caso de las paredes de adobe reforzado la pared tiene una menor capacidad para soportar el peso del techo, y no puede considerarse que la componente horizontal del temblor pueda ser resistida solo por la pared, debe ser el refuerzo añadido el que absorba dichas fatigas. Mientras mas esbelta la pared menos capacidad de soporte tendrá la tierra usada como relleno.

El entramado del refuerzo, tanto vertical como horizontal debe suponerse capaz de resistir por si solo dichos empujes; probablemente deban calcularse considerando las fundaciones y la solera superior como un marco que resista el pandeo que provocarían los esfuerzos debidos a la inercia de la pared al ser solicitada horizontalmente por el sismo. Las uniones del refuerzo vertical con las soleras aparentemente soportarían dichas fuerzas a base de esfuerzo cortante, sobretodo porque cuando se coloca el refuerzo vertical en el centro del muro – dado que en la fibra neutra no hay esfuerzos,- debe imaginarse que dicho refuerzo se comporta como se comportarían las cuerdas de un arpa sometidas en su conjunto a una presión horizontal. La solera es la estructura que debe soportar todos los esfuerzos (horizontales y verticales) y debe ser reforzada con el techo.

Así el techo, con sus vigas reforzadas horizontalmente se vuelve factor critico en el diseño, pero su rigidez solo distribuye los esfuerzos horizontales por todo el edificio. Su falla (o su falta de rigidez) sí puede causar un colapso. En casos como este los esfuerzos horizontales son resistidos por las paredes interiores normales al esfuerzo provocado por el temblor, actuando como bastiones. La solidez de este conjunto dependerá de la fortaleza de las juntas, como esquinas, juntas de techo y solera, etc. Llevado a su limite la pared de tierra se adelgaza y pierde capacidad soportante, pierde masividad y pierde estabilidad; el refuerzo se convierte en estructura y ya se convierten en casas de bahareque. En la actualidad la industrialización conduce hacia el prefabricado liviano y hacia la producción en serie, al uso de nuevos materiales como perliita, concreto liviano, etc., que podría ser la tendencia hacia el futuro de las construcciones urbanas.

Las casas de adobe bien diseñadas y bien construidas pueden ser -por su simplicidad, por su duración y por su costo- la base para resolver el problema de la vivienda popular en el tercer mundo, sobretodo la vivienda rural. Obsérvese que Aldeas y Caseríos no crecen con el tiempo puesto que la demanda de mano de obra rural es prácticamente una constante ya que es función de las superficies de cultivo, que son constantes, (considerando también constantes los métodos de cultivo, que de hecho tienden a disminuir la demanda de mano de obra con la mecanización agrícola) por tanto la población rural es constante y la demanda de vivienda rural es entonces una cantidad fija, (de crecimiento cero) que una vez satisfecha dejaría de ser problema. Los excedentes de población rural siempre emigran hacia las ciudades...

Es importante mencionar la necesidad de investigar el comportamiento de los edificios de tierra en caso de terremotos, de elaborar normas y de difundirlas entre quienes se dedican a la construcción rural y de ampliar los campos de investigación hacia nuevos usos de la tierra estabilizada y difundir los resultados. La tierra como material de construcción puede llegar a facilitar la construcción de terrazas para cultivo en laderas, ventaja de valor inapreciable pues las terrazas facilitan la infiltración de la lluvia realimentando las capas freáticas, que adicionalmente ayuda a regular el régimen de los ríos y fuentes de agua durante los largos periodos que dura la estación seca.. Las terrazas también facilitan la mecanización agrícola cosa que no ocurre con los cultivos en ladera. Una vez familiarizados con los procesos de estabilización de suelos los muros así construidos son muy seguros y resistentes a la intemperie, dando pie para buscar nuevos usos para la tierra estabilizada: impermeabilización de estanques para peces, por ejemplo.

VII Los Recientes Terremotos en El Salvador.

La CEPAL (**Comisión Económica para América Latina**) ofrece en su informe sobre los daños de los terremotos de 13 de Enero y 13 de Febrero/2001 los datos siguientes:

Porcentajes del daño en las paredes de las viviendas afectadas por el terremoto del 13 de Enero en El Salvador, según Departamentos y tipo de vivienda.

Departamento	Viviendas afectadas		Con paredes de		
	total	Bahareque	Adobe	Concreto	Otros
Totales	18	11	26	53	8
Usulután	74	19	35	34	11
Sn Vicente	69	17	50	25	6
La Paz	64	12	45	33	8
Sonsonate	30	11	24	46	17
La Libertad	24	13	20	58	7
Cuscatlán	22	14	45	35	4
Ahuachapán	16	14	37	29	19
Sn Miguel	13	16	22	51	8
Santa Ana	7	8	41	43	6
La Unión	4	16	40	34	8
Sn Salvador	3	7	5	80	6
Cabañas	2	16	51	25	6
Chalatenango	0	5	69	22	2
Morazán	0	20	45	17	17

Es de notar que la mayor afectación del terremoto coincide con aquellos departamentos donde ocurre la mayor pobreza de la población.

Porcentajes del daño en las paredes de las viviendas afectadas por el terremoto del 13 de Febrero en El Salvador, según Departamentos y tipo de vivienda.

Departamento	Viviendas afectadas				
	Con paredes	de Bahareque	Adobe	Concreto	Otros
Sn Vicente	22	17	50	25	6
La Paz	34	12	45	33	8
Cuscatlán	43	14	45	35	4
Sn Miguel	0.07	17	50	25	6
Morazán	0.02	12	45	33	8
Cabañas	0.9	14	45	35	4
Usulután	0.03	7	5	80	6
Total	100	11	26	53	8

El segundo terremoto afectó principalmente a los departamentos mencionados, los efectos representan el resultado sobre los edificios afectados que quedaron en pie después del primer terremoto. Las estadísticas no discriminan la fecha de construcción, algunas casas de adobe o bahareque tenían 50 años o más de construidas mientras otras eran de construcción reciente, con técnicas menos tradicionales. Las de concreto no eran tan antiguas.

Con respecto a los orígenes de los sismos estos fueron de dos clases: El primero fue de origen tectónico, se originó por movimiento de las placas de Cocos y del Caribe. El segundo se considera de origen volcánico por la ubicación y profundidad de su epicentro en el eje volcánico del país.

VIII Datos Específicos sobre los dos Terremotos Obtenidos de los Sismógrafos (y acelerómetros)

Terremoto del 13 de Enero

Aceleraciones y velocidades máximas de los terremotos en diferentes lugares.

Lugar	Aceleraciones max.(cm/seg/seg)		Velocidades máximas (cm/seg)			
	N-S	Vertical E-O	N-S	Vertical E-O		
Costa de La Libertad	1108	624.3	563.8	54.91	16.51	35.86
Panchimalco (cerca, de la costa)	173.6	86.42	151.2	9.382	8.24	9.25
Sta. Tecla	484.1	240.4	476.4	57.03	18.12	33.84
Sn..Salvador	295.5	149.1	272.5	25.36	12.35	17.22
Sn Vicente	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Observese que la aceleración Norte –Sur en el puerto de La Libertad fue mayor que la gravedad : (981. cms/seg/seg). y la fuerte velocidad de la onda. 54.91 cms/seg.; estas características pudieron afectar el alud

que destruyó la colonia las Colinas en Sta Tecla situada tan solo a 37 kms al Norte de La Libertad. También conviene pensar que una aceleración tan grande bien pudo haber sido un error por daño de los acelerómetros.

Terremoto del 13 de Febrero

Lugar	Aceleraciones y velocidades máximas de los terremotos en diferentes lugares.			Aceleraciones		
	max.(cm/seg/seg)		Velocidades máximas (cm/seg)			
	N-S	Vertical E-O	N-S	Vertical E-O		
Costa de La Libertad	89.3	35.76	91.6	4.62	3.13	4.5
Panchimalco, (cerca de la costa)	180.9	43.59	104.2	9.58	2.07	4.78
Sta Tecla	46.79	22.33	39.65	6.73	2.01	4.82
Sn Salvador	121.3	51.07	97.16	18.57	2.78	6.62
Sn Vicente	425.4	228.9	233.0	14.67	4.04	6.15

Periodos de Vibración de los Terremotos según el Suelo del Lugar

Roca	0.35 segundos
Suelos duros con espesores menores de 60 m	0.70 "
Suelos duros con espesores mayores de 60 m	0.87 "
Según los lugares:	
Panchimalco, (cerca de la costa)	0.34 "
San Salvador	0.54 "

Frecuencia de los Terremotos Ocurridos en El Salvador

1.-Año	2.-Separación entre terremotos	3.- frecuencia en el siglo	4.- Años Promedio
1.-	2.-	3.-	4.-
Año	Año	Año	Separación entre terremotos
1526-1ª noticia de Bernal Díaz del Castillo		1800	2
1538 ó 1539	12 años	1815	15
1555	18	1831	16
1556	1	1837	6
1575 +	19	1838	1
1594 +	19	1839 +	1
-----		1852	13
Suman	69	1853	1
		1857	3
1625 +	31	1859	2
1658	33	1867	7
1671	13	1872	5
-----		1879	1
suman	77	-----	
		suman 73	
1702	31	1917	38
1707	5	1919	2
1719	12	1965	21
1733	14	1986+	3
1740	7	1989	12
1748	8	-----	
1765	17	suman 76	
1768	3		
1776	8	2001+	
1778	2	2001+	0
1798 +	20	-----	
Suman	127	suman	2

Gran total 44 terremotos en 425 años; prácticamente un terremoto cada 10 años. Aquellas fechas marcadas con + indican un terremoto extremadamente fuerte y destructivo.