

1 Las grietas en los edificios, origen y consecuencias

Tipos de grietas

El agrietamiento de edificios tiene diferentes causas, las cuales pueden agruparse de la forma siguiente:

- i. Grietas estructurales
- ii. Grietas por asentamiento
- iii. Grietas térmicas
- iv. Grietas por fraguado

Las grietas estructurales surgen por análisis y diseños defectuosos y se manifiestan en las zonas de cortante, momento o torsión máximos (Fig. I.1 y I.2); si la estructura no cuenta con restricciones suficientes para aliviar la concentración de esfuerzos en esas zonas, la grieta se puede convertir en una falla catastrófica de no tomarse medidas adecuadas.

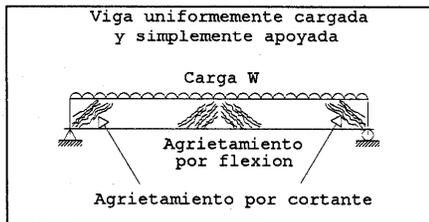


Fig. I.1

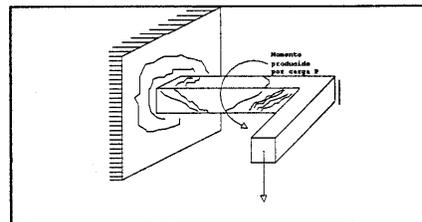


Fig. I.2

Las grietas por asentamiento se originan por una falta de sustentación del suelo de apoyo o por un mal diseño de la estructura de cimentación, lo cual ocasiona un movimiento no uniforme de la edificación en su nivel de desplante (Fig. I.3). A diferencia de las estructurales, estas grietas casi nunca se asocian con el colapso parcial o total de la edificación.

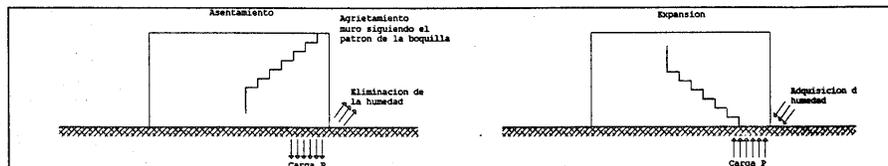


Fig. I.3.- Agrietamiento por asentamiento y expansión.

Las grietas térmicas se deben a las diferencias de temperatura entre el interior y el exterior de la construcción (Fig. I.4). Se puede minimizar su efecto mediante un buen aislamiento. Finalmente, las grietas de fraguado, causadas por el proceso químico de endurecimiento del concreto (Fig. I.5), pueden evitarse mediante aditivos especiales o reforzando el elemento estructural.

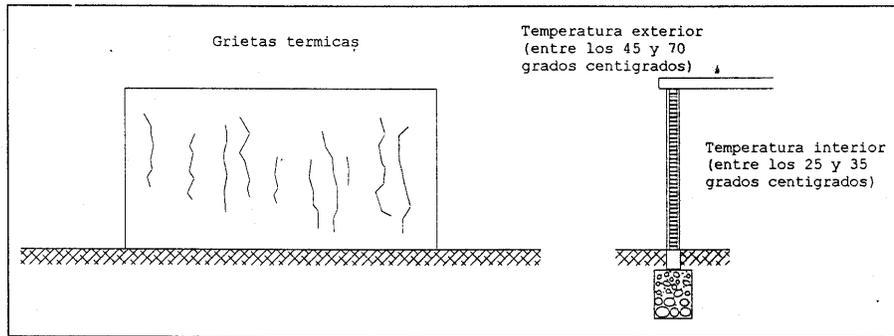


Fig. I.4

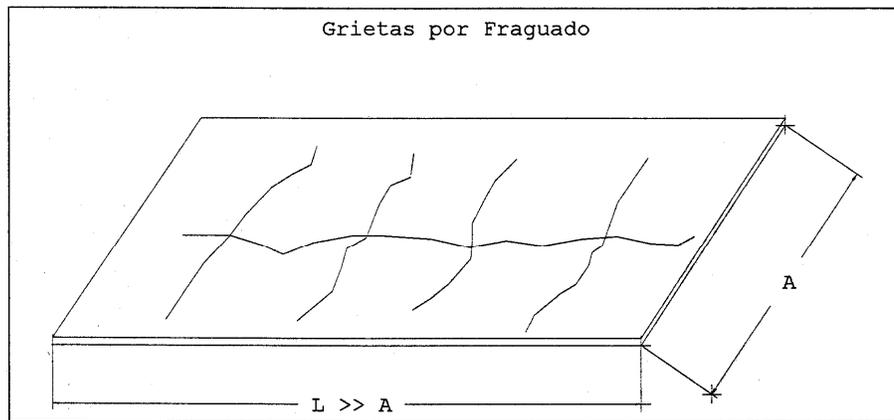


Fig. I.5

Efecto de los cambios de humedad

El objetivo del presente trabajo tiene más que ver con el segundo de los tipos de grietas mencionado, ya que muchas construcciones están cimentadas sobre suelos susceptibles a los cambios de humedad. Las arcillas soportan con facilidad las cargas de un

edificio de cuatro niveles mediante una cimentación sencilla, pero se contraen cuando su contenido de humedad decrece y se expanden cuando se incrementa.

En estos casos es inevitable la ocurrencia de pequeños movimientos en las cimentaciones, como resultado de los cambios estacionales en los contenidos de humedad: los desplazamientos hacia abajo o hundimientos ocurren durante los meses de estío y los que se dirigen hacia arriba o expansiones se presentan en el período de lluvias. Normalmente, la casa completa es afectada y el propietario no se entera de lo que está experimentando su construcción. Los grandes movimientos se dan cuando los períodos de lluvias son muy amplios, produciéndose el rompimiento de muros (grietas) y el atoramiento de puertas y ventanas.

Sólo los movimientos suficientemente severos amenazan la capacidad de un edificio para distribuir eficientemente las cargas actuantes, tales como las de techos, pisos y viento, sin generar una deformación excesiva.

Es posible que los movimientos muy severos se asocien con la cercanía de árboles (u ocasionalmente con arbustos grandes) que extraen la humedad del suelo a través de sus raíces; por el contrario, si se eliminan los árboles la humedad regresa gradualmente al suelo. Los árboles grandes, anchos y frondosos son notorios por el daño que causan.

La susceptibilidad de un edificio a la fractura, como resultado de los movimientos del suelo depende de varios factores, pero los más destacados son la profundidad de desplante y el método constructivo. Muchas construcciones antiguas fueron hechas usando morteros de cal para pegar los ladrillos, lo que da por resultado un muro flexible al permitirse movimientos entre ladrillos con relativa facilidad. Las casas fabricadas con morteros de cal pueden aceptar un asentamiento diferencial de 40 mm o más sin mostrar algún signo de daño como la ruptura. Sin embargo, es muy posible que al remodelar este tipo de viviendas se vuelvan sensitivas ante los asentamientos diferenciales, comportándose como si fueran construcciones modernas.

Entre la primera y la segunda guerra mundial, se reemplazó el mortero de cal por el de cemento. Aunque el mortero de cemento tiene muchas ventajas, incluyendo resistencia y durabilidad, su fragilidad ocasiona que los muros de las construcciones modernas sean más fáciles de agrietar cuando la cimentación se mueve.

No obstante, hemos aprendido mucho acerca de los riesgos de cimentar sobre suelos arcillosos, siendo muy recomendable, con el fin de reducir las expansiones y contracciones, utilizar profundidades de desplante mayores a los 40 cm que en promedio se utiliza en nuestra región. La profundidad de desplante que se aconseja en estos casos debe ser mayor que 0.90 m y en caso de árboles presentes, la cimentación deberá apoyarse a una mayor profundidad. Estas recomendaciones deben asegurar que los movimientos asociados con la contracción y expansión se reducen a niveles que puedan ser tolerados por las construcciones.

Por el vínculo entre la expansión y contracción de la arcilla y el clima, se detecta una mayor frecuencia de quejas por casas agrietadas cuando los períodos de lluvia o sequía

se prolongan. Para demostrar esto estudiaremos el caso de Inglaterra, donde las compañías de seguros, a partir de 1972, comenzaron a cubrir a sus clientes por daños ocasionados por el movimiento de la cimentación. La Fig. I.6 muestra la distribución de demandas entabladas desde esa fecha, notándose un incremento de éstas en los lapsos de sequía correspondientes a los años de 1975 a 1976 y de 1983 a 1985; sin embargo, tanto 1989 como 1990 fueron excepcionalmente calientes y secos, creando un efecto acumulativo sobre los niveles de humedad de los suelos arcillosos sin precedente en este siglo, disparando la curva de demandas desde el año 1989 hasta llegar a un máximo en 1991.

Lo anterior además de mostrarnos que el problema de agrietamiento se asocia íntimamente con los cambios de humedad en el suelo, nos indica también que el fenómeno de grietas en construcciones residenciales es demasiado frecuente y constituye una alta erogación económica. En un artículo publicado en 1973 por Johns & Holtz titulado "Expansive Clays: The Hidden Disaster", los autores concluyen que el costo ocasionado por la acción combinada de tornados, incendios y sismos es menor que el producido por las arcillas activas. De ahí la importancia que merece el tema que ahora nos ocupa.

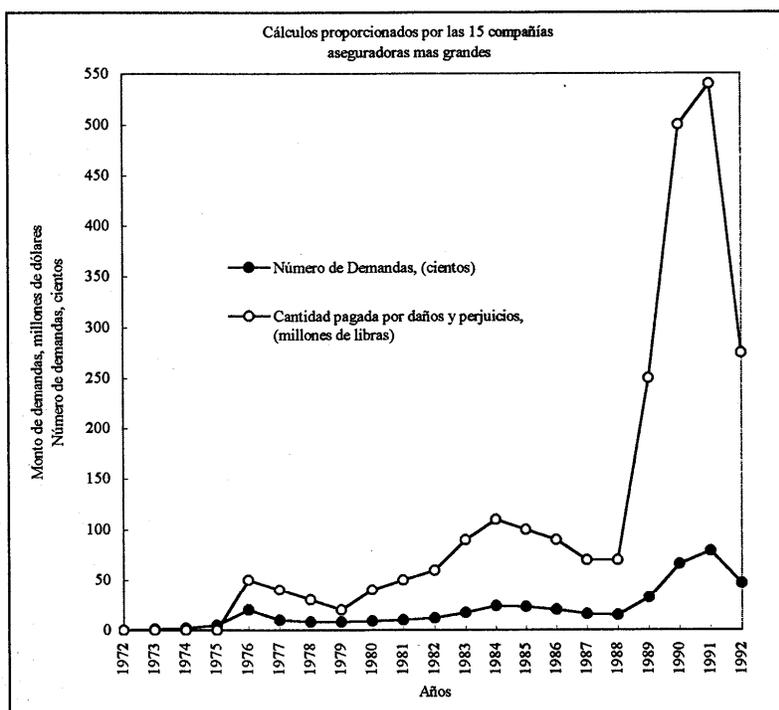


Fig. I.6.- Casos presentados de demandas por daños de hundimiento y expansión a propiedades domésticas en Inglaterra.

Actitud de los constructores y vendedores de casas

Los arreglos efectuados a las viviendas no garantizan que el problema esté resuelto, ya que la propiedad prevaeciente en muchos suelos finos es la actividad ante los cambios de humedad, de manera que el fenómeno se vuelve cíclico de acuerdo con los cambios de clima.

El alto costo que significa una recimentación y el arreglo frecuente de casas, que se incrementa en las temporadas de lluvias en zonas semiáridas, induce a reducir las coberturas de garantía (o a incumplirlas) que por ley deben proporcionar los constructores y vendedores. Por otro lado, las compañías de seguros cubren eventos como incendios, sismos y colapsos severos de la vivienda, pero el aspecto de agrietamiento por considerarse una eventualidad mínima que sólo afectará la estética y no la seguridad de los ocupantes de la vivienda no está cubierto.

La relación dueño de vivienda – constructora no se puede aclarar plenamente, debido a que no es completamente seguro que las soluciones dadas al problema de agrietamiento sean las óptimas y el defecto quede erradicado. También debe considerarse al analizar la actitud que asumen los constructores y promotores, el tipo de gente a la cual ofrecerán su producto. Por ejemplo, no se tienen los mismos criterios en la construcción de vivienda de interés social que en la de media o alta residencial. Afortunadamente hemos estado notando un cambio en este aspecto de los dos lados, tanto el constructor como el comprador se han vuelto más exigentes en cuanto a la apariencia y funcionamiento que esperan de la vivienda.

Sin embargo, se requiere conocer más sobre el fenómeno de agrietamiento mediante una investigación profunda y continua, aunque por el alto costo que implica, la incertidumbre de sus resultados y sobre todo la inercia de los procedimientos constructivos que se encuentra muy arraigada en el constructor, es muy improbable la ejecución de estudios sobre grietas en edificaciones causadas por movimientos del subsuelo.

Un primer paso para conocer más sobre este asunto consiste en averiguar los procedimientos y resultados que se han obtenido en otros lugares en los que sí se ha efectuado investigación exhaustiva. El siguiente paso es instrumentar viviendas en diferentes lugares de nuestra región y caracterizar sus movimientos con respecto al tiempo y a los cambios de clima. Este trabajo inicial crearía una base de datos sobre la cual se puede trabajar para la búsqueda de mayor información relacionada con nuestro entorno, nuestros métodos constructivos y nuestros materiales y tipo de mano de obra.

Esta actitud sería la deseable si se trata de atacar y disminuir el problema de grietas ocasionado por el terreno.

¿Que cubren las aseguradoras?

Las cimentaciones se pueden mover hacia arriba, hacia abajo y hacia los lados; en políticas de aseguramiento estos movimientos son descritos como movimientos naturales del suelo en sus especificaciones de hundimiento, desplazamiento y asentamientos normales no repentinos.

Aunque el vocabulario en la política aseguradora varía de compañía en compañía, siempre hay apartados que son regulados por la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas y que cumplen con la Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de seguros, muchas de las políticas de aseguramiento para edificios domésticos proveen una cobertura por daños al edificio previo acuerdo e inclusión del riesgo que se negocie; es importante observar que en nuestra región, así como en nuestro país, no se contempla la cobertura de las pólizas en las pérdidas o daños causados a:

- Terrenos, cimientos y estructuras bajo el nivel del suelo que formen parte de los bienes asegurados
- Causados por vibraciones o movimientos naturales del suelo, tales como hundimiento, desplazamiento y asentamientos normales no repentinos, a menos que éstos se originen por terremoto y/o erupción volcánica y siempre y cuando se contrate esta cobertura.

La descripción típica de la cobertura de un edificio se da en los siguientes términos: “Bajo esta póliza se amparan todas los edificios especificados, incluyendo las instalaciones para los servicios de agua, saneamiento, alumbrado y demás aditamentos fijos a la estructura de dicho(s) inmueble(s). De la misma manera se contemplan “condiciones aplicables“ de servicios de ésta póliza, dentro de las cuales se consideran riesgos excluidos pero que pueden ser cubiertos mediante convenio expreso, tales como:

- Terremoto y/o erupción volcánica
- Inundación causada por el cubrimiento temporal y accidental del suelo por agua a consecuencia de la desviación, desbordamiento o rotura de los muros de contención de ríos, canales, lagos, presas, estanques y demás depósitos permanentes de aguas naturales o artificiales, entre otros.

Como anteriormente se menciona, la política aseguradora mexicana ha excluido de la cobertura de este tipo de pólizas los riesgos causados a terrenos, cimientos y estructuras encontradas en el subsuelo, así como vibraciones o movimientos naturales que afecten cualquier aspecto antes mencionado, excepto si son riesgos cubiertos por terremoto o erupción volcánica y sólo si se ha contratado dicho servicio.

Es importante observar el vocabulario de las políticas aseguradoras para ver que es lo que comprende la cobertura, generalmente la redacción y el vocabulario de las Condiciones Generales de un contrato de servicios de este clase es muy técnico, haciéndolo muchas veces inaccesible de comprender en la primera lectura. De la misma manera, sería de vital importancia el que las compañías de este giro dieran este servicio bajo cláusulas especiales de funcionamiento.

Efecto geográfico

Dado que existen diferencias en los suelos que componen una región, debemos ubicar las áreas geográficas con similitudes de comportamiento y hacer un estudio, revisión e identificación de los espacios de alto riesgo y los de comportamiento normal. El clima es uno de los factores que tiene una gran influencia sobre el desempeño del suelo, ya que en la mayoría de los casos proporciona o elimina su contenido de humedad.

Desafortunadamente, los tipos de suelo pueden variar en distancias muy cortas, por lo que muchas construcciones pueden estar dentro de un área donde existan arcillas activas e históricamente se han comportado tan estables como arenas o gravas. Siempre se ha manejado información de organismos y dependencias oficiales, para establecer la posición de las diferentes zonas de material que se encuentra a lo largo de una extensión territorial definida. Los nombres con los que podemos identificar suelos con material activo son los denominados Vertisoles, Yermosoles y Xerosoles, que es material de uso preferentemente agrícola, pecuario, forestal y de vida silvestre, que son ricos en arcillas y de suelos secos o áridos. La Fig. I.7 nos muestra la distribución aproximada y en gran escala de este tipo de suelos.

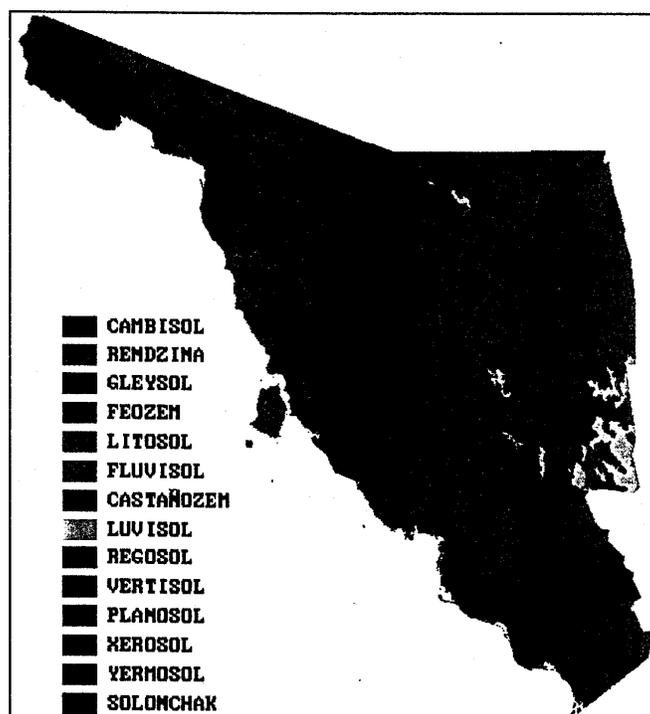


Fig. I.7.- Mapa edafológico del estado de Sonora.

Como se observa en la figura, en Sonora contamos con suelos Xerosoles, pero al contar con una distribución a menor escala encontraremos una gran cantidad de áreas que tienen el tipo Vertisol, que es el que tiene más contenido de partículas arcillosas.

Por otro lado, el potencial de la aplicación de los efectos geográficos es llegar a considerar este criterio en el diseño de cimentaciones, las cuales deberán resistir los movimientos causados por hinchamiento y colapsos de suelos activos, aunque se consideren diferentes factores que produzcan algún cambio significativo en los elementos que conforman la vivienda, en nuestra región no es tan difícil ubicar las superficies que tienen este tipo de suelos, por lo que se pueden considerar algunos factores predeterminados para realizar los cálculos correspondientes y obtener un diseño de cimentación acorde a los requerimientos mencionados en los reglamentos de construcciones.

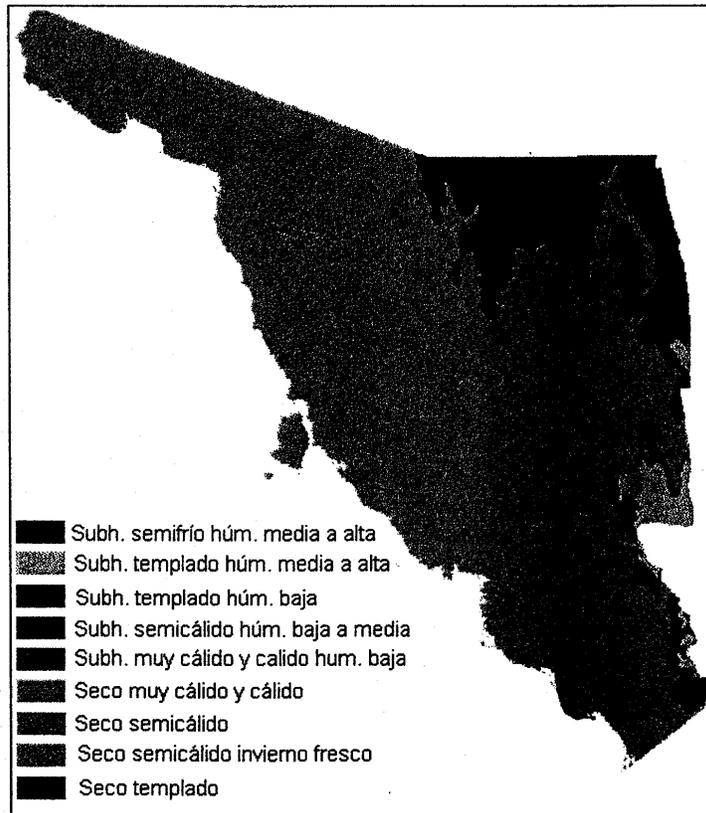


Fig. I.8.- Mapa de climas del estado de Sonora.

¿Qué son las arcillas activas?, ¿porqué se contraen y expanden?

Las arcillas están compuestas por una alta proporción de partículas extremadamente pequeñas con diámetros menores que 0.002 mm. Muchas de estas partículas contienen uno de tres minerales arcillosos: caolinita, ilita o montmorinilita. Su estructura molecular es parecida a los cristales y vistas en un microscopio electrónico tienen forma aplanada y ocasionalmente alargada (Fig. I.9.A). A diferencia de los suelos granulares comunes donde existe agua, ésta pasa a través de los vacíos existentes entre los granos; en cambio, las láminas arcillosas dificultan el paso del agua y, dependiendo de su estructura y carga eléctrica, la retienen y le proporcionan al suelo una consistencia gelatinosa (Fig. I.9.B).

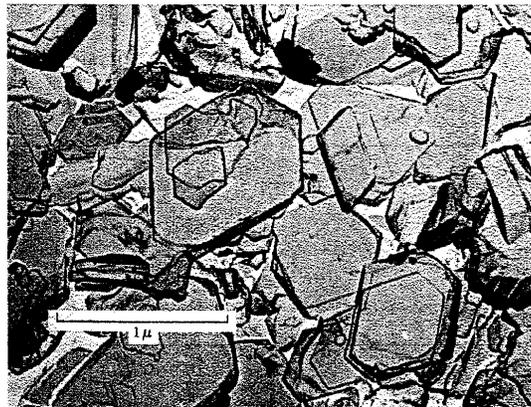


Fig. I.9.A.- Fotografía en microscopio de una caolinita.

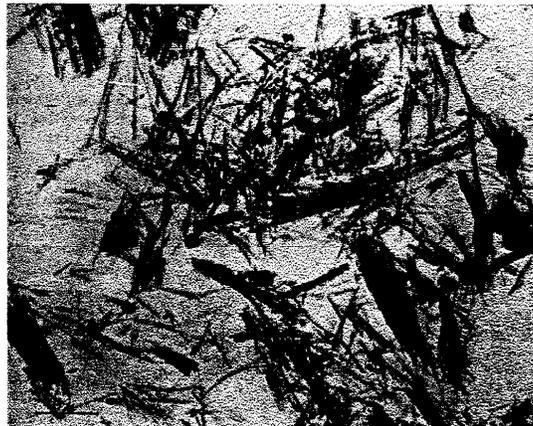


Fig. I.9.B.- Fotografía en microscopio de una haloicita.

Un incremento en el contenido de humedad fuerza a las láminas a separarse y ocasionar una expansión en el suelo; el procedimiento se invierte cuando se reduce el contenido de humedad, ya que en este caso las placas se acercan unas a otras provocando que la masa de suelo se contraiga considerablemente. De ahí que el nombre más conveniente para este tipo de suelos sea el de *arcillas activas* y no el de *arcillas expansivas*, como se les conoce en nuestro país y en gran parte del mundo ni el de *arcillas contractables* como se le identifica en Inglaterra.

El contenido de humedad de un suelo arcilloso puede reducirse sólo de dos maneras:

1. **Por cargas.** Incrementando la carga sobre el suelo, por ejemplo, construyendo una cimentación o aumentando el espesor de suelo.
2. **Por efectos ambientales.** A través de la extracción de humedad por evaporación y por medio de la transpiración de las plantas.

Si la carga aplicada sobre el suelo se reduce o retira, o se elimina la fuente de succión, la humedad volverá de nuevo al suelo (dependiendo del clima). En términos generales podemos concluir que la arcilla siempre expandirá o encogerá, debido a que es muy difícil evitar que la humedad llegue o huya de ella.

Propiedades características

Las arcillas son moldeables (plásticas), suaves y grasosas al tacto. Las partículas de arcilla en el suelo, comparadas con aluviones o materiales granulares ordinarios, son de características más pronunciadas que éstas. Cada arcilla mineral tiene sus propias características; la montmorinolita, por ejemplo, puede absorber más humedad que las ilitas o caolinitas.

La resistencia cortante de las arcillas en su estado natural puede variar desde baja cuando su contenido de humedad es alto, hasta muy dura cuando se seca pasando por varios grados de consistencia. En la Tabla I.1 se indica una forma de averiguar esto en campo de manera aproximada. La variación en la resistencia de las arcillas localizadas cerca de la superficie es grande debido a su historia geológica, además de la gran influencia del clima. Las arcillas resistentes tienden a ser las más viejas, debido a que tuvieron la posibilidad de que cientos de metros de material se hayan depositado subsecuentemente sobre ellas, dicha sobrecarga fue removida más tarde por erosión o acción glacial en la época de hielo. Tales arcillas reciben el nombre de *preconsolidadas* y, cuando se encuentran cerca de la superficie del terreno, se clasifican comúnmente como *firmes*.

Aunque cuando están húmedas las arcillas firmes son moldeables, se contraen y resquebrajan al secarse y algunas veces son difíciles de desmoronar. Un terrón de arcilla firme sumergido en agua se irá suavizando y humedeciendo lentamente, sin desintegrarse. Un terrón que se desintegra rápidamente contiene cieno o aluvión y otros materiales granulares comunes.

Tabla 1.1.- Esfuerzo cortante estimado de las arcillas

Esfuerzo cortante (kN/m ²)	Término descriptivo	Características
<20	Muy suave	Exuda entre los dedos cuando se presiona
20-40	Suave	Moldeado por presión ligera de los dedos
40-75	Firme	Moldeado por presión fuerte de los dedos
75-150	Rígido	Puede ser cortado con el pulgar
150-300	Muy rígido	Puede ser cortado con la uña del pulgar
>300	Duro	

Límite líquido y plástico

Un suelo arcilloso puede ser caracterizado en un rango mensurable en base a su contenido de humedad con el que se moldea. El rango más elevado de esta escala es el que corresponde a una humedad en la que el suelo comienza a fluir, a esta humedad se le conoce como *límite líquido*; en tanto, en el rango más bajo la muestra se empieza a resquebrajar, definiéndose esta humedad como límite plástico. Como con todos los contenidos de humedad del suelo, ambos límites se expresan en términos gravimétricos, es decir, el peso del agua removida entre el peso seco de la muestra, denotándose esto como porcentaje.

Los estándares de laboratorio definen la obtención de estos límites, tomándoseles como base para comparar diferentes arcillas en términos de su comportamiento.

Expansión y Hundimientos

Todos sabemos que las cimentaciones son el vínculo entre el edificio y el suelo, siendo éstas las que transmiten las cargas de los muros, pisos y techos al suelo y al mismo tiempo la cimentación transfiere cada movimiento del suelo a la estructura, lo que repercute en posibles daños o distorsiones. Para diseñar de una forma adecuada las cimentaciones se deben considerar los movimientos del suelo y los límites tolerables de distorsión en los niveles de los edificios, así como las cargas que soportará el suelo. Las cimentaciones pueden fallar debido a que son diseñadas inadecuadamente para las cargas que soportan, o más comúnmente, por los movimientos de suelo que son más grandes que los supuestos, que es cuando estas edificaciones experimentan agrietamientos.

Los movimientos de cimentaciones pueden resultar de una gama de factores que incluyen:

- Compresión de una capa de material blando en el suelo como resultado de la aplicación de cargas de la cimentación y de la estructura
- Erosión
- Ablandamiento del suelo
- Variaciones en los niveles freáticos
- Colapso de minas o cavidades naturales
- Construcciones cercanas o excavaciones
- Hinchamiento por congelamiento
- Ataques químicos a las cimentaciones
- Vibraciones

Sin embargo, la causa más común de los movimientos de cimentaciones donde existen arcillas es la contracción o hinchamiento de suelos causado por los cambios en los contenidos de humedad en los estratos de suelos cercanos a la superficie.

¿Dónde se encuentran los suelos activos?

Las arcillas firmes activas (comúnmente conocidas como expansivas) son capaces de soportar edificios mayores de tres o cuatro niveles con cimentaciones poco profundas. Hay unas arcillas que han sido mezcladas con suelos de otro tipo durante la edad de hielo, la cual se encuentra principalmente en donde se desarrollaron los movimientos glaciares y su contenido de humedad es cercano al límite plástico. Sin embargo, cerca de la superficie del suelo, el contenido de humedad se relaciona con la evaporación y la lluvia, además de las fluctuaciones pequeñas en veranos o inviernos muy húmedos (ver Apéndice).

En todas las arcillas firmes se forma una costra que se agrieta, siendo más seca que el cuerpo que está debajo de la misma arcilla. Las arcillas activas no son el único problema para las cimentaciones de cualquier área, en ocasiones los excesivos asentamientos se deben a la aplicación de cargas excesivas sobre mantos de arcillas suaves o suelos pantanosos (turbas).

¿Como se comportan los suelos arcillosos?

Potencial de actividad

Se define como *potencial de actividad* de un suelo arcilloso a la posibilidad de daño que puede generar éste (ante los cambios de humedad de su entorno) al expandirse o contraerse. Este parámetro se asume por lo general como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, es decir, al índice de plasticidad o simplemente plasticidad de la arcilla.

De acuerdo con el grado de peligro, el potencial de actividad de una arcilla puede ser bajo, medio, alto y muy alto (Véase Tabla I.2).

Tabla I.2.- Potencial de actividad o grado de peligro de una arcilla en función de su índice de plasticidad.

Clasificación	Índice Plástico (%)
Bajo	0 a 20
Medio	20 a 40
Alto	40 a 60
Muy alto	Arriba de 60

Como se ha observado, la tabla anterior nos proporciona una distribución acerca del comportamiento aproximado del suelo al obtener el índice de plasticidad y es posible llegar a calcular el volumen de cambios y movimientos asociados con la expansión e hinchamiento de arcillas, dependiendo del examen detallado del proceso de adquisición de humedad y de la desecación.

Adquisición de humedad

La adquisición de humedad se relaciona en su totalidad con el clima, ya que si se presenta una precipitación generalizada en la región donde se ubica la edificación, el suelo activo empezará a tomar esa humedad para iniciar su proceso de expansión. Este tipo de procedimiento se presenta en regiones donde hay dos estaciones climáticas perfectamente definidas, invierno y verano, siendo el período de mayor duración el segundo, que es el que permite al suelo mantenerse en un estado de estiaje máximo hasta que se presente el tiempo de aguas.

Al momento de adquirir humedad, este tipo de suelo empieza a trabajar, liberando esfuerzos en todas las direcciones, pero en mayor cantidad hacia arriba y desplazando cualquier tipo de edificación u objeto que se encuentre sobre el lugar donde ocurre el fenómeno.

Desecación

Mucha gente asocia los términos de desecación con la completa remoción de la humedad; la desecación se relaciona con la eliminación de la última cantidad de agua de los cristales, de la misma forma que se deshidrata la comida para su conservación. Sin embargo, para los geotécnicos, el término tiene una pequeña diferencia en su significado: es cualquier reducción en el contenido de humedad natural del suelo, causado por la evaporación o remoción de agua a través de las raíces de cualquier variedad vegetal (especialmente árboles). Un suelo descrito como *disecado* puede contener un cierto contenido de humedad reducido a sólo el 1% o 2%.

La desecación reduce el contenido de humedad de las arcillas activas firmes a cantidades cercanas o menores al límite plástico. Esto hace que el suelo aparezca seco y duro en su superficie, lo que provoca siempre el agrietamiento del suelo. En suelos altamente activos, las grietas de 25 mm de ancho y 0.75 m de profundidad son comunes durante los veranos secos.

Efectos de los árboles

En las áreas cubiertas por pasto, el efecto de evaporación de las arcillas activas está confinado a niveles de 1 a 1.5 m de profundidad del suelo. Sin embargo, dónde existen árboles o arbustos grandes, la humedad se puede extraer desde profundidades de 6 m o más. Durante las lluvias, después de un período relativamente seco, las arcillas de alta plasticidad, las cuales tienden a ser de baja permeabilidad, no pueden abastecerse de la humedad removida por los árboles grandes durante la temporada seca; por lo tanto, una zona de permanente deshidratación ocurre en sitios poblados por árboles grandes que desarrollan largas raíces a gran profundidad (véase la Fig. I.10).

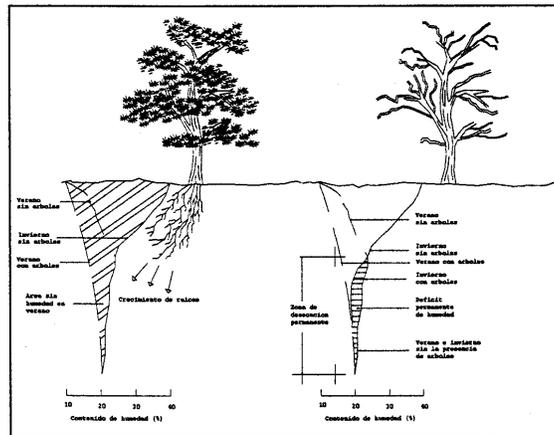


Figura I.10.- Variación estacional del contenido de humedad en la presencia de árboles.

El desarrollo de estos casos se da donde el clima es benévolo y permite el crecimiento de árboles de gran tamaño, por lo que sus raíces crecen en lo ancho y profundo en su zona de deshidratación, produciendo más asentamientos, los cuales afectan cualquier estructura cercana. En algunos casos, el asentamiento asociado con el crecimiento de árboles puede ser dramático; la Fig. I.11, por ejemplo, muestra una propiedad cimentada a poca profundidad que se colapsó como resultado de un álamo cercano plantado al mismo tiempo que la casa fue construida. La fotografía, tomada 50 años después, muestra los clásicos síntomas de asentamientos incrementados por un árbol cercano.

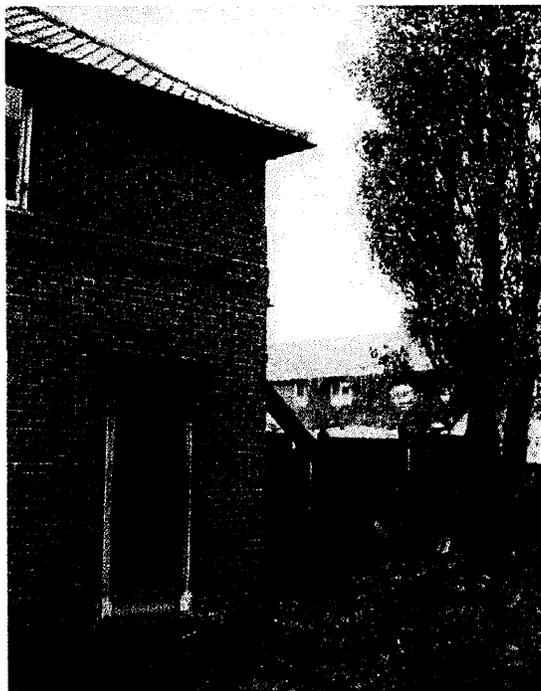


Figura I.11.- Ejemplo dramático de los efectos potenciales del crecimiento de árboles cercanos a construcciones.

Los alcances de la deshidratación del suelo dependen de la demanda de humedad de los árboles. En general, los árboles de hoja ancha necesitan más humedad que los siempreverdes. Debido a su tamaño, los robles, olmos, sauces y álamos, son notorios por el grado de daño que ocasionan. Sin embargo, éstos no son los únicos que pueden causar perjuicios a las casas; por lo general, otros árboles con demandas más bajas de humedad, como los limoneros y fresnos, se siembran con más frecuencia cerca de los edificios. En la Tabla I.3 se consignan en orden descendente los árboles que más daño causan a los edificios.

Para cada tipo de árbol existe una distancia mínima de plantación que evita la producción de algún daño en construcciones cercanas. Para árboles con menos capacidad de absorción de líquido, esta distancia puede reducirse a la mitad de su plantación. Para llevar a cabo este criterio hay dos observaciones que se deben tomar en cuenta acerca del posible agrietamiento de una vivienda:

1. Estas distancias consideradas no toman en cuenta el potencial de actividad del suelo o de la profundidad de las cimentaciones, representando distancias promedio para realizar la plantación.
2. Si el área dónde el árbol suelta sus hojas es más grande que su altura, se debe considerar una distancia mayor, ya que en el último de los casos este aspecto determina su demanda de humedad.

Por lo anterior, las reglas muestran que debemos tratar este tema con cuidado.

Tabla I.3.- Riesgo de daño ocasionado por diferentes variedades de árboles.

Rango	Especie	Máxima altura del árbol (H), m	Separación entre el árbol y la construcción para el 75% de los casos, m	Separación mínima recomendada en arcillas activas, m
1	Roble	16-23	13	1.0H
2	Alamo	24	15	1.0H
3	Lima	16-24	8	0.5H
4	Fresno común	23	10	0.5H
5	Plátano	25-30	7.5	0.5H
6	Sauce	15	11	1.0H
7	Olmo	20-25	12	0.5H
8	Espino	10	7	0.5H
9	Arce blanco	17-24	9	0.5H
10	Cerezo/Ciruelo	8	6	1.0H
11	Haya	20	9	0.5H
12	Abedul	12-14	7	0.5H
13	Rowano de veta blanca	8-12	7	1.0H
14	Ciprés	18-25	3.5	0.5H

Efectos del clima en áreas contiguas.

El grado de deshidratación en el suelo es considerable antes del tiempo de lluvias, siendo aproximadamente a mediados de año, cuando el verano está en su máximo punto, cuando se refleja en forma de movimientos del terreno. Para ilustrar este punto, la Fig. I.12 muestra los movimientos de terreno medidos a varias profundidades en una arcilla londinense en un período de tres años; los resultados que se muestran son para una área cubierta de pasto y algunos álamos grandes. Los movimientos fueron sustancialmente grandes en los veranos secos de 1989 y 1990 en comparación con los ocurridos en 1988, confirmando que la deshidratación se incrementa en climas cálidos y secos.

La instrumentación del sitio confirmó también que los movimientos de suelo, en las áreas cubiertas por pasto, se circunscriben por regla general a la superficie del terreno, si

bien los inusuales climas secos de 1989 y 1990 produjeron movimientos de 6 y 13 mm, respectivamente, a la profundidad de 1 m.

Como era de esperar, los movimientos de mayor magnitud se presentaron en lugares cercanos a los árboles y, por ejemplo, a la profundidad de un metro, excedieron los 35 mm en promedio anual durante 1988 (Fig. I.12). Como puede observarse de la misma figura, los amplios períodos de sequía, en los que el suelo se somete a una deshidratación constante, propician deformaciones del terreno de hasta el doble y el triple a las medidas en ambientes climáticos menos pronunciados.

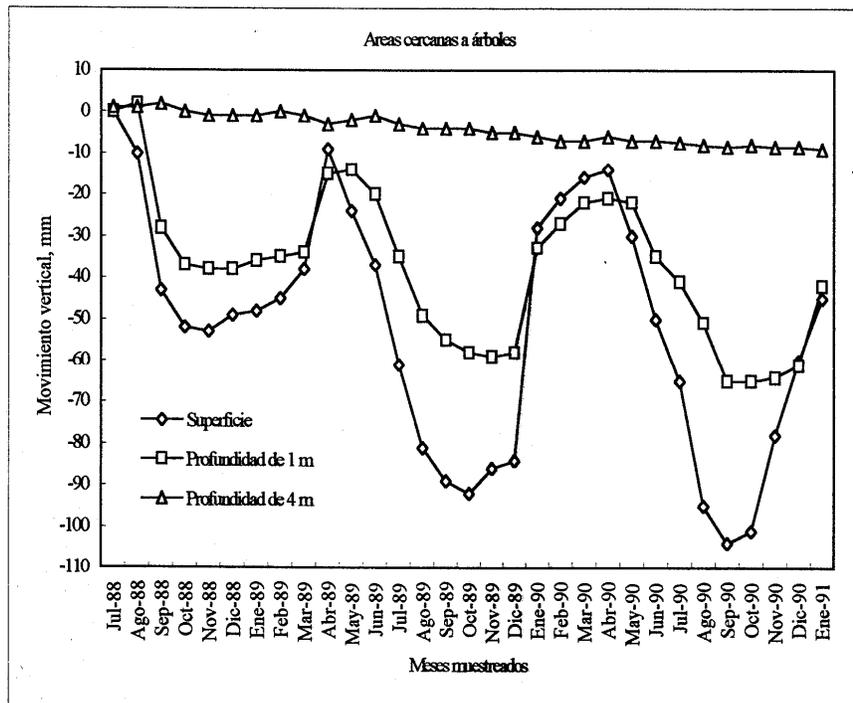


Figura I.12.- Mediciones del movimiento de terreno por presencia de árboles cercanos a la construcción.

El efecto potencial de estos movimientos, en construcciones localizadas cerca de los árboles, se ilustra gráficamente en la Fig. I.13. Dichas construcciones se ubican a 5 m de álamos grandes y se apoyan en zapatas desplantadas a 1.5 m de profundidad, práctica que es común en naves industriales. La pérdida acumulada de humedad durante el verano seco ocasionó la contracción del subsuelo y el consecuente asentamiento de las zapatas, mayor a los 50 mm en un lapso de tres años. Dicho movimiento se asocia a cualquier asentamiento a largo plazo producido por el crecimiento de árboles.

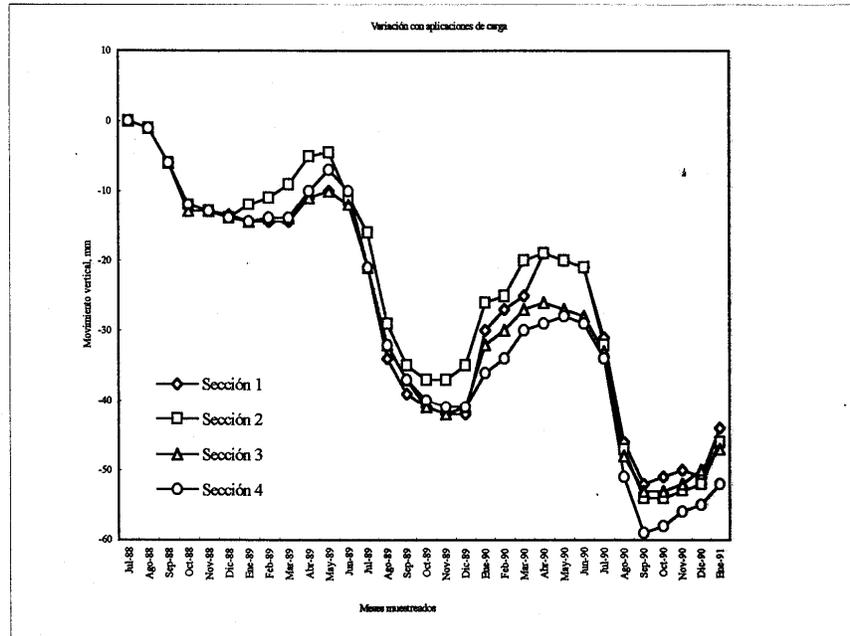


Figura I.13.- Movimiento observado de superficies con la aplicación de varias cargas.

Lo anterior puede provocar grietas en la mayoría de las estructuras hechas a base de ladrillo y block, particularmente si se afecta sólo una zona de la construcción, favoreciendo el movimiento diferencial y maximizando la distorsión.

La deshidratación depende de la disponibilidad de agua, la cual dependerá de una diversidad de factores. Con esto se puede llegar a controlar algunos de estos factores, como lo son el drenaje y la permeabilidad de la capa superficial. Otros factores, como la pendiente del terreno y el resguardo otorgado por otras construcciones cercanas, no pueden ser controlados.

El terreno que tiene una pendiente muy fuerte y se halla lejos de construcciones, puede incrementar la deshidratación del subsuelo bajo la cimentación, debido a la disminución del nivel del agua y a la facilidad con la que escurre el agua de lluvia, en lugar de ser absorbida por el suelo.