

24: 195



Universidad Nacional Autónoma  
de México

FACULTAD DE INGENIERIA  
Secretaría General  
Secretaría de Servicios Escolares

“FALLAS ESTRUCTURALES DEBIDAS  
A LOS SISMOS DE SEPTIEMBRE  
DE 1985.”

**Tesis Profesional**

Que para obtener el Título de  
INGENIERO CIVIL

present a

**SALVADOR VELAZQUEZ  
MONROY**



México, D. F.

1986



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-

Señor SALVADOR VELAZQUEZ MONROY  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor ING. Alberto Coria Ilizaliturri, para que lo desarrolle como TESIS para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO CIVIL.

"FALLAS ESTRUCTURALES DEBIDAS A LOS SISMIOS DE SEPTIEMBRE DE 1985"

- I. Concepto de Falla en las Estructuras.
- II. Estadística de Fallas Registradas en las Estructuras dentro de la zona más afectada en el Distrito Federal.
- III. Daños y Perjuicios.
- IV. Recomendaciones para la restructuración de Edificios.
- V. Conclusiones y Recomendaciones y Bibliografía.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, - el título del trabajo realizado.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, a 3 de marzo de 1986.  
EL DIRECTOR

DR. OCTAVIO A. RASCON CHAVEZ.

0ARCH/RCCH/ragg.

## INDICE

	Pag.
INTRODUCCION. ....	5
I. CONCEPTO DE FALLAS EN LAS ESTRUCTURAS.	
I.1. Definición de Falla. ....	7
I.2. Causas de las Fallas. ....	9
I.3. Cimentaciones de Estructuras. ....	10
I.3.1. Fallas por Transmisión de Cargas. ....	10
I.3.2. Movimiento Lateral. ....	10
I.3.3. Flotación y Cambios en el Agua. ....	11
I.3.4. Efectos de los Temblores de Tierra. ....	12
I.4. Hundimientos. ....	12
I.5. Desastres Naturales. ....	13
I.5.1. Fallas por Sismos. ....	13
II. ESTADISTICA DE FALLAS REGISTRADAS EN LAS ESTRUCTURAS. ....	38
III. DAÑOS Y PERJUICIOS. ....	55
IV. RECOMENDACIONES PARA LA REESTRUCTURACION DE EDIFICIOS. ....	67
CONCLUSIONES . ....	75
BIBLIOGRAFIA . ....	76

## INTRODUCCION

Como una respuesta al desafio de la naturaleza es - - necesario un estudio más amplio. Y tomando como base las - diferentes fallas registradas en la Ciudad de México, el 19 de Septiembre de 1985. Debidas a la fuerzas sísmicas provocadas por un movimiento de las placas tectónicas en las costas del pacífico.

Se tomaran los tipos de fallas registrados, debidas a los siguientes efectos. Resonancia, écentamientos, choque - entre edificios, volteamiento, cortante, torsión y otras más, que sean registrado en un número importante de construcciones del D. F.

Se harán estudios amplios del subsuelo, de las normas de construcción, de los procesos constructivos, de la supervisión y de lo mas importante de los factores de seguridad de las personas a las cuales se les va a servir.

Tomando una estadística, se puede hacer una relación de los edificios dañados, para saber en que zona se presentaran los mayores daños y así hacer un estudio amplio del subsuelo para que las nuevas construcciones hechas sean en sí más - - resistentes o al menos tengan mayores factores de seguridad, aunque no se sabe las fuerzas del próximo sismo. Ni su magnitud, ni tampoco su duración.

También se hará un estudio de los daños y perjuicios que el mismo ocasionó, en estos daños quienes fueron los perjudicados como se los ayudara o en que forma la Ley los defiende tomando en cuenta los daños a la vía pública o a colindantes y en si a las personas afectadas.

Los puntos de vista para la reparación o en si para la demolición de los Inmuebles.

## I. CONCEPTO DE FALLAS EN LAS ESTRUCTURAS.

### I.1. DEFINICION DE FALLA.

Consideramos como falla toda discrepancia entre los - resultados esperados de un proyecto y los que en realidad se obtienen.

Trátase o no de falla, cuando se descubre uno de esos resultados inesperados, a esto siempre siguen litigios prolongados y costosos. Durante los cuales los expertos son exhaustivamente interrogados por los abogados de sus clientes y los abogados de las partes contrarias en sus intentos de llegar - a establecer la "causa determinante" de la falla pudiera hacer posible la determinación exacta de dicha causa por medio de una simple observación. Es muy cierto que en algunas - - ocasiones si existe una sola causa o explicación de la falla, pero por regla general ésta tiene su origen en una combinación de circunstancias como, errores, descuidos, ignorancia, incompetencia, deshonestidad y efectos naturales. Pero nunca puede atribuirse a ninguno de estos factores en particular la categoría de causa inmediata de la falla.

Las fallas se definen como un comportamiento estructural que no concuerda con las condiciones de estabilidad esperadas de los diseños.

Construcción se entiende como un conjunto de conceptos. El proyecto, el diseño estructural, la elección de materiales, la producción de los mismos, el montaje de las componentes y la limpieza final del equipo y de las instalaciones. Todos estos factores presuponen dos requisitos relacionados entre sí: suficiencia y necesidad. La suficiencia proporciona seguridad no sólo contra el derrumbe o colapso sino también contra el deterioro indebido; la necesidad es una medida económica muy importante en esta industria pero que solo debe considerarse después de satisfacer la condición de suficiencia.

En muchas ocasiones las continuas presiones que se utilizan para lograr mayores economías han dado como resultado una reducción absurda de seguridad inferior a los límites de suficiencia mínima. Estas presiones pueden derivarse tanto de la competencia financiera privada como de la demanda pública en el sentido de que se deben respetar el presupuesto, el diseño y la construcción, aun cuando sean ilógicos.

## I.2 CAUSAS DE LAS FALLAS.

En este caso solo tomaremos una causa de fuerza natural. Los días 19 y 20 de Septiembre de 1985. Ocurrieron dos sismos y sus características son las siguientes:

Una magnitud de 8.1 en la escala de Richter y VIII -- grado en la escala de Mercalli para el primer sismo y magnitud de 7.5 en la escala de Richter para el segundo. Esto fue -- ocasionado por la energía liberada debido al desplazamiento de la placa de cocos que se mete debajo de la placa continental.

El foco se localizo a una profundidad de 16 km. y el -- epicentro localizado muy cerca de la costa entre la frontera de Jalisco y Michoacán.

Su propagación a través de las llamadas Ondas Sísmicas que se modifican constantemente al atravesar diversas naturalezas Geológicas, causando efectos impredecibles e incontrolables en áreas muy considerables. Así fueron particularmente destructivos en la zona de Gran Compresibilidad del Valle de México, que es el área de Mayor desastres registrados. Esta zona corresponde sustancialmente al fondo del antiguo lago de este Valle y en el cual se encuentran arcillas blandas muy -- compresibles por su estructura y con un alto contenido de -- agua, intercaladas con capas y estratos de limos y arcillas, al tornadas con mantos de arena y grava.

### I.3. CIMENTACIONES DE ESTRUCTURAS.

#### I.3.1. Fallas por Transmisión de Cargas.

Una estructura estable, ya sea que se diseña para conservar la rigidez o bien que la obtenga de la integración del conjunto de muros, pisos y muros divisorios siempre ajusta sus cargas para compensar los asentamientos diferenciales de la cimentación.

Cuando se rompe el equilibrio de fuerzas debido a la pérdida total o parcial de algún apoyo, las reacciones se transmiten y se distribuyen entre los apoyos disponibles, modificando así toda su carga.

Cuando los movimientos de la cimentación se traducen en distorsión de la mampostería, la investigación para localizar el origen del problema debe empezar por considerar que la falla se debe a una transmisión de cargas y que la falla de la cimentación no se encuentra en la misma posición que ocupa el desperfecto observado.

#### I.3.2. Movimiento Lateral.

El desplazamiento lateral se origina por la introducción

de fuerzas horizontales no equilibradas, que a veces se derivan de la eliminación de una componente de resistencia o de la acumulación temporal o permanente de una presión - activa contra la cual no se proporciona ninguna resistencia adicional.

En el análisis para el diseño, deben considerarse -- todos los cambios posibles, tanto en las presiones activas como en la resistencias pasivas en las condiciones normales del nivel de las aguas freáticas: La saturación siempre - aumenta las activas y a menudo disminuye las pasivas.

### 1.3.3. Flotación y cambios en el agua.

Un cambio en el contenido de agua del subsuelo, ya sea por saturación o por desecación. Modificara necesariamente las dimensiones y la estructura de los materiales de apoyo, excepto en suelos granulares bien consolidados.

El bombeo de las excavaciones para nuevas construcciones colindantes, afectara invariablemente la estabilidad - de las zapatas e inclusive podra ocasionar el arrastre de pilotes reativamente cortos. Estos daños casi siempre dan lugar a litigios muy costosos.

Y para mantener el nivel original de las aguas freáticas, los suelos circundantes de una excavación protegida - por ataguías, deben volver a cargarse.

#### I.3.4. Efectos de los temblores de tierra.

Las cimentaciones en las zonas amenazadas por temblores de tierra deben diseñarse de tal forma que resistan toda la gama de choques y sacudidas de origen natural. Por regla general, los efectos de los mismos son menores en las cimentaciones que en las superestructuras. En especial si se trata de fenómenos de corta duración.

Estadísticamente se pueda aceptar que la duración media de un temblor de tierra es de 45 segundos. Sin embargo hay sismos con una duración mayor. Estas vibraciones sostenidas por tanto tiempo alteran seriamente los suelos y la gran mayoría de daños se deben a fallas de cimentación por pérdida de capacidad de carga del suelo.

#### I.4. Hundimientos.

Aún sin los impulsos de los temblores de tierra, las grandes masas de suelos en forma continua están levantándose y cayendo, aunque lentamente. A veces los hundimientos de tierra son provocados por los cambios que produce el hombre en el medio ambiente. A menudo los levantamientos del terreno obedecen a cambios en el contenido de agua de los suelos, o bien a su exposición a la heladas.

El hundimiento continuo y prolongado de la ciudad de México, relacionado con el abatimiento del nivel de las - - aguas freáticas, debido al bombeo efectuado desde hace muchos años, está aún sin resolver aunque en la actualidad el bombeo está cuidadosamente controlado y los pozos han sido remplazados por fuentes alejadas de la cuenca de la ciudad.

#### 1.5. DESASTRES NATURALES.

##### 1.5.1. Fallas por Sismo.

Los sistemas de cimentación utilizados en la ciudad de México.

La cimentación es aquella parte de la estructura que - tiene como fin transmitir el peso de la misma al terreno - natural. Se clasifican en dos tipos: Cimentaciones superficiales y Cimentaciones profundas.

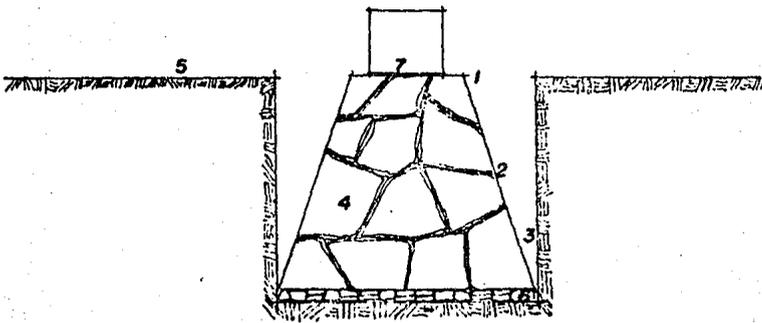
En las cimentaciones superficiales se encuentran:

- a). De Mampostería.
- b). Zapatas Aisladas.
- c). Dados para Columna.
- d). Zapatas Corridas.
- e). Losas Corridas.
- f). Trabes de Cimentación.

a). Cimentaciones de Mampostería.

Los cimientos de piedra deben ser construidos de acuerdo con las dimensiones que den los calculos y con piedra -  
braza limpia y sin labrar. Este tipo de cimentación se emplea  
generalmente para construcciones de carga reducida, la profun-  
didad de desplante del cimiento debe ser por lo menos de -  
0.60 m., para construcciones ligeras y 0.50 m., para bardas  
considerando que se quite la capa de terreno vegetal, en -  
cuanto al ancho del cimiento en la parte inferior no es aconsejable  
mayores de 1.20 m., debido a que se incrementara demasiado el peso  
propio del cimiento perjudicando la capacidad de carga del terreno.  
El ancho en la parte superior no debiera ser menor de 0.30 m., y  
dependera del espesor del muro o cadena que vaya a soportar, los  
angulos de las caras inclinadas con relación a la horizontal no serán  
nunca menores de -  
45° ó de 60°.

Esta tipo de cimentación puede fallar por hundimientos diferenciales, o por sobre cargas en ampliaciones de la estructura sin revisar la cimentación y la capacidad de carga del suelo, si podra resistirla.



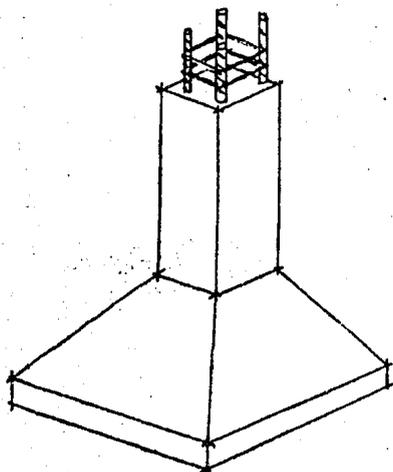
- 1.. CORONA DEL CIMENTO.
- 2.. JUNTA DE MORTERO.
- 3.. ESCARPIO.
- 4.. PIEDRA BRAZA.
- 5.. NIVEL DEL TERRENO.
- 6.. PLANTILLA DE PEDACERIA,  
DE TABIQUE.
7. CADENA ò MURO.

### b). Zapatas Aisladas.

Este tipo de cimentación es propicia para terrenos de gran resistencia, se emplea como base de columnas y son por lo general cuadradas. Son poco recomendables para suelos de baja resistencia y columnas con cargas considerables, ya que pueden sufrir asentamientos diferenciales de acuerdo a la calidad del terreno sustentante, en general, este tipo de cimentación requiere de una cadena, Trabe de liga o Contratraba que ayude a rigidizar la infra estructura.

En el cálculo de este tipo de cimentación debe rectificarse el esfuerzo de penetración que egerse la columna sobre la zapata y ésta sobre el terreno.

Asimismo su diseño, estará rigida de acuerdo a las fatigas del terreno, esfuerzo de flexión, adherencia.



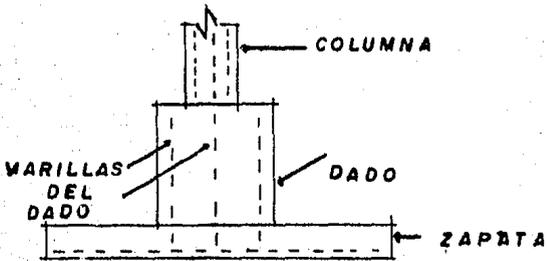
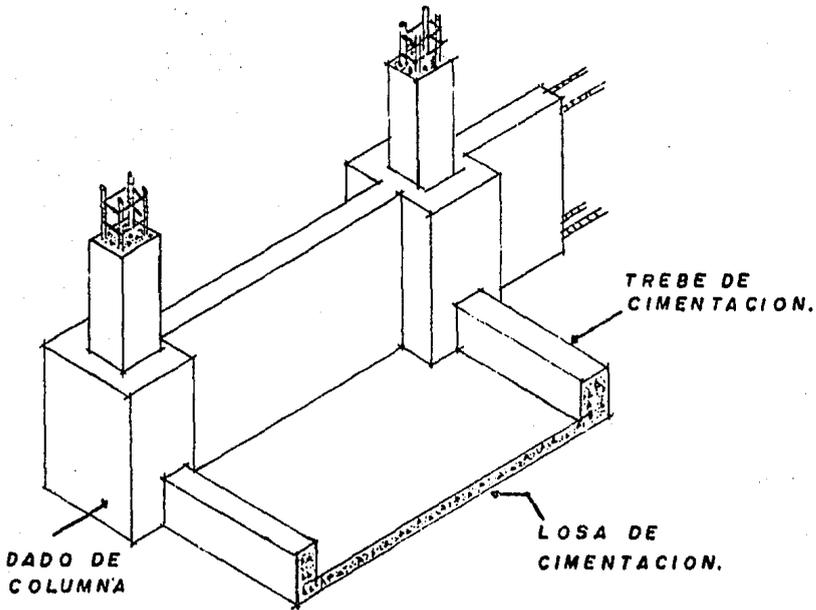
ZAPATA AISLADA.

c). Dados para columnas.

Dados ó pedestales de concreto los esfuerzos que existen en el refuerzo longitudinal de una columna o de un pedestal se transmiten a su zapata de apoyo ya sea prolongando, varillas longitudinales de la columna o bien colocando varillas adicionales en el dado o la zapata a una distancia suficiente para transmitir por adherencia los esfuerzos al concreto. En el dado debe haber cuando menos una varilla por cada varilla de la columna y sus áreas transversales no deben ser menores que las del refuerzo longitudinal de dicha columna, nunca debe haber menos de cuatro varillas en el dado y su diámetro no debe exceder al de las varillas de la columna por más de 3 mm.

DADO PARA COLUMNAS.

19.



## d). Zapatas corridas.

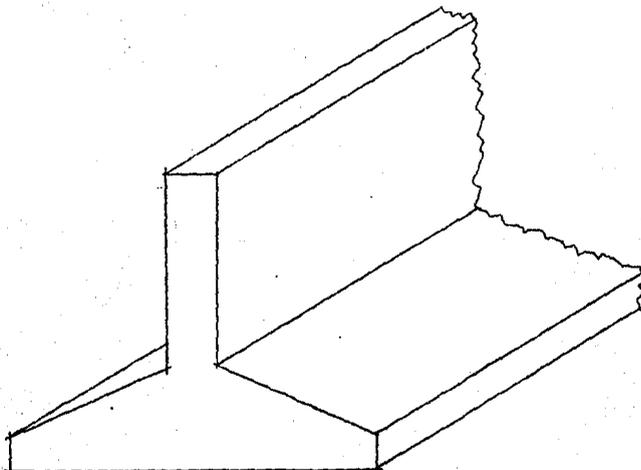
Son elementos análogos a las zapatas aisladas, en los que la longitud supera en mucho al ancho.

Las zapatas corridas se usan generalmente para cimentar muros de carga y se calcula su ancho por longitud -- censitaria, sumando las cargas que actúan en la base del -- muro más el peso propio del cemento y dividiendo entre la capacidad de carga del terreno, en columnas en las cuales el cálculo haya dado secciones muy grandes para zapatas -- aisladas y quedando muy próximas unas a otras. En el caso de que el suelo ofrezca una resistencia baja que obligue -- al empleo de mayores áreas de repartición o en el caso de que se deban transmitir grandes cargas, la zapata se -- calcula y se diseña por flexión adherencia y esfuerzo -- cortante, calculando la superficie de acuerdo con la -- resistencia o fatiga unitaria del terreno.

Cuando una zapata de cimentación, ésta sujeta a cargas asimétricas se puede construir de forma trapezoidal con objeto de transmitir al terreno una fatiga uniforme. Este tipo de zapatas tiene el inconveniente que se tiene que cortar el acero de refuerzo en diferentes longitudes y para evitarlo se pueda proceder a compensar la zapata

mediante ampliaciones rectangulares facilitando la mano de obra del armado.

Estos métodos de zapatas corridas en la cimentación se emplea en edificios con claros entre muros de 4 a 5 m., y para una altura máxima de 12 m., pues para mayores dimensiones, el peso propio del cemento aumenta considerablemente, resultando muy caro y es conveniente usar otro tipo de cimentación.



ZAPATA CORRIDA DE CONCRETO.

## e). Losas corridas.

El empleo de losas corridas es aceptable en aquellos casos en que por la existencia de cargas muy grandes, las dimensiones de la zapata corrida sean exageradas, llegando a unirse o a traslaparse y por lo cual es conveniente cambiar el tipo de cimentación en el momento en que por los esfuerzos cambian la forma de trabajo de la cimentación.

Las cimentaciones a base de losas corridas trabajan como losas invertidas, apoyadas en contratrabes, su carga actúa de abajo hacia arriba y es igual a la reacción del terreno por  $m^2$ , por lo cual los armados para momentos flexionantes positivos deberán ir colocados en la parte superior y para momentos flexionantes negativos se colocan en la parte inferior. El valor del esfuerzo cortante debe ser igual o menor que el permisible para el concreto pues no se arman las losas de cimentación para tensión diagonal.

Es conveniente este tipo de cimentación debido a la gran rigidez que proporciona el conjunto (losa contratabe) es apropiado para cargas grandes da, buenos resultados en terrenos de baja resistencia con hundimientos diferenciales y se pueden combinar éstas cimentaciones con los sistemas de flotación o de sustitución de pesos.

### f). Trabes de cimentación.

La condición de evitar volteo de cimentaciones de concreto debe tenerse en cuenta y generalmente se satisface por medio de una trabe denominada de volteo que se coloca en el extremo de la zapata en su caso, una concentración adicional de carga sobre ellas.

Si la cimentación es para una estructura, la liga debe de hacerse mediante contratraves, las cuales soportan los esfuerzos de flexión producidos por la reacción del terreno y las transmite en forma de reacción a las columnas. Estas contratraves quedan apoyadas sobre losas de cimentación o zapatas corridas.

El cálculo es similar al de una trabe de estructura y sus máximos esfuerzos son los producidos por la flexión aunque deba revisarse el esfuerzo cortante para tomar con un armado conveniente la tensión diagonal.

Cimentaciones poco Profundas y Profundas.

Cuando el peso de la construcción que se trata de cimentar es muy grande y no puede ser resistido por las capas superficiales del terreno, entonces las cargas aplicadas por la estructura deben ser transmitidas a capas más profundas y resistentes, por cimentaciones poco profundas o por cimentaciones profundas.

Dentro de las cimentaciones poco profundas encontramos cimentaciones compensadas.

**Cimentaciones Compensadas.**

Se trata de desplantar a una profundidad tal que el peso de la tierra excavada sea igual al peso de la estructura de manera que al nivel de desplante el suelo no sienta la substitución efectuada, al no llegarle ninguna presión además de la originalmente existente.

Este tipo de cimentación requiere que las Excavaciones efectuadas no se rellenen posteriormente, colocando una losa corrida en toda el área de cimentación para formar un cajón.

Las cimentaciones compensadas han sido particularmente utilizadas para evitar asentamientos en suelos altamente - compresibles, pues teóricamente los eliminan, por no dar al terreno ninguna sobre carga, pero como el proceso de carga no es simultáneo, con el de descarga originado por la excavación, se presentan expansiones en el fondo que se traduce en asentamientos, cuando regresa a su posición original por -- efecto de la carga de la estructura.

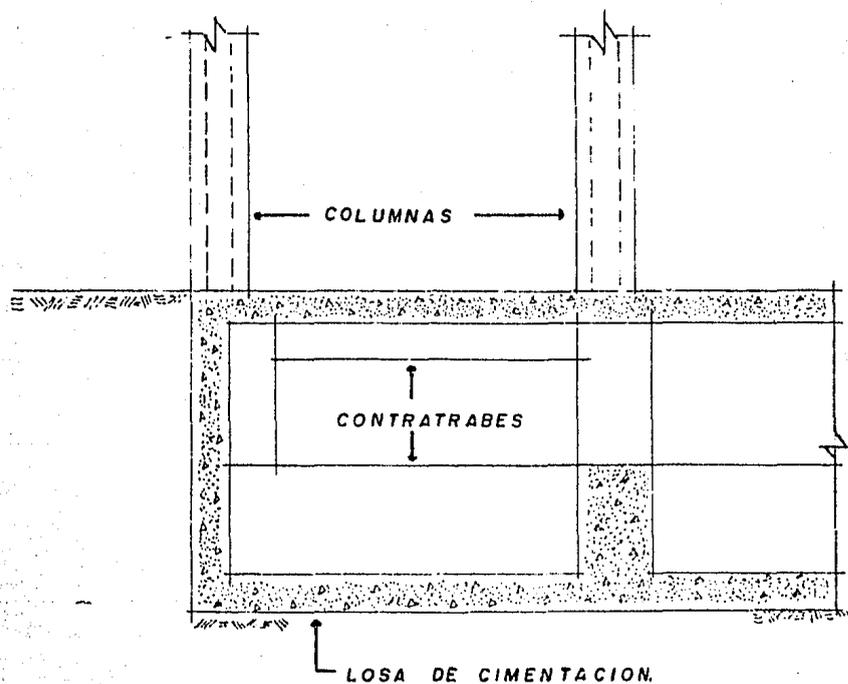
Para el diseño de una cimentación de éste tipo lo primero que se debe de conocer es el peso del edificio y la - posición del centro de gravedad de cargas, además el peso volumétrico natural del terreno para poder efectuar la compensación.

Los problemas principales de la cimentación compensada provienen de la excavación necesaria generalmente profunda, todo esto por lo que se refiere a las cimentaciones de compensación total, en las que el peso de la estructura es igual al de la tierra excavada sin embargo también existe la compensación parcial, en donde el peso de la tierra excavada compensa únicamente una parte del peso de la estructura, en tanto que el peso restante se toma por medio de pilotes ó contacto sobre el terreno, si la capacidad de carga y la compresibilidad del mismo lo permite.

En cimentaciones parcialmente compensadas en las que la diferencia de peso de la estructura se toma mediante pilotes éstos deben ser de fricción y se deben de colocar de tal forma que la posición del centroide alivio de la compensación y de los pilotes coincidan perfectamente con la posición del centroide de las cargas.

En suelos de alta compresibilidad, pueden transmitir un incremento de presión (presión de contacto menos presión equivalente al peso del suelo excavado) de una tonelada por metro cuadrado por lo que se refiere al cálculo de los asentamientos, deben considerarse el efecto de la expansión del suelo que pueda ocurrir al efectuarse la excavación y el procedimiento de construcción debe ser proyectado y ejecutado de modo que las expansiones sean mínimas.

Por lo que se refiere a suelos de baja compresibilidad es correcto cimentar con losas, cascarones, o estructuras similares aplicando la compensación de cargas siempre que se compruebe que no existen rellenos artificiales sueltos, galerías, grietas y otros defectos del suelo o que hayan sido estos adecuados o tratados.



CIMENTACION COMPENSADA.

### Cimentaciones Profundas.

En la Ciudad de México las condiciones del suelo superficial no siempre son apropiadas para permitir el uso de una cimentación poco profunda, por lo que es preciso buscar terrenos de apoyo más resistentes a mayores profundidades aunque a veces no aparecen niveles alcanzables económicamente como apoyo los terrenos blandos y poco resistentes de que se dispone, adicionando elementos de cimentación que distribuyen las cargas en un espesor grande de suelo. En todos éstos casos se hace necesario recurrir al uso de cimentaciones profundas.

En forma general, se construye una cimentación profunda con el fin de encontrar un estrato de apoyo apropiado desde todo punto de vista.

Los elementos que forman las cimentaciones profundas que se utilizan más frecuente, se distribuyen entre si por la magnitud de su diámetro o lados según sean de sección recta, circular o rectangular que son las mas comunes por su procedimiento constructivo.

Los elementos esbeltos con dimensiones transversales del orden entre 0.30 m., y 0.60 m., se denominan pilotes.

Tipos de pilotes utilizados en la ciudad de México atendiendo a los materiales que constituyen los pilotes en la ciudad de México, en la actualidad no se puede hacer una clasificación ya que la gran mayoría se construyen a base de -

concreto.

En relación a la forma en que los pilotes transmiten la carga a los estratos resistentes se pueden clasificar en:

1. De punta.
2. De fricción.
3. Espaciales.

#### 1. Pilotes de Punta.

Son los que trabajan por apoyo directo en el estrato resistente. Estos pilotes trabajan en forma semejante a las columnas dándoles mayor resistencia al terreno circundante.

Cuando los pilotes trabajan por apoyo directo se pueden presentar dos casos principales.

I. Que el estrato resistente donde se apoyan los pilotes sea de una potencia tal, que los bulbos de presión originados por un pilote o por un grupo de pilotes queden comprendidos dentro de dicho estrato.

II. Que el estrato resistente sea de poca potencia y solo sirva para detener la penetración de los pilotes ofreciendo una resistencia capaz de soportar la construcción.

El tipo de cimentaciones piloteadas trabajando por punta, o sea cuando los pilotes se llevan hasta apoyarse en la capa dura presenta los siguientes problemas ocasionados por el hundimiento general de la ciudad de México.

Al comprimirse la formación arcillosa, y si los pilotes no se desplazan con ella, el terreno se cuelga sobre cada uno de ellos, a ésta carga adicional se le a llamado "Fricción Negativa" y puede llegar a alcanzar valores tales que haga fallar a los pilotes en los que actua cuando ésta carga adicional no fue prevista en el proyecto.

Además el edificio en éstas condiciones parece que tiende a emerger del terreno, circundante cuando en realidad en éste terrono, es él, que se ha abatido con respecto al edificio y causando graves daños a edificios cercanos que tengan el mismo tipo de cimentación.

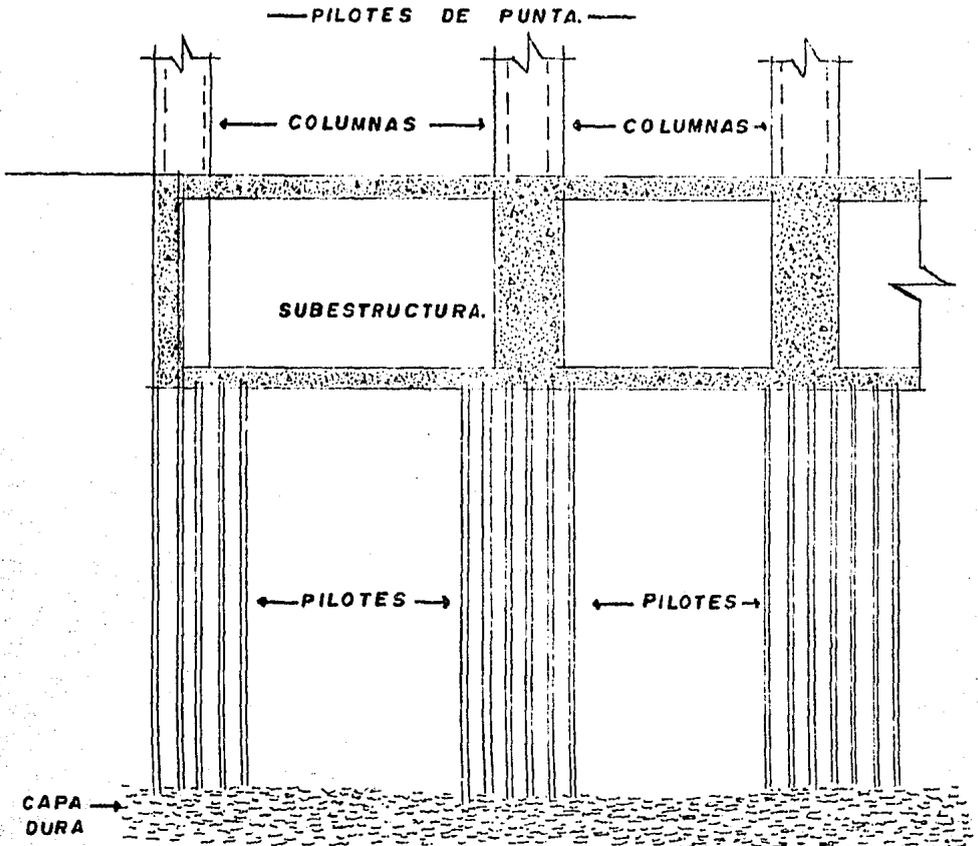
Los pilotes de punta apoyados en un estrato no consolidable y resistente, permanecen, comparativamente fijos respecto a los suelos blandos que se ponen junto tendiendo a bajar a lo largo de fuste.

Esta tendencia induce esfuerzos de fricción en el fuste de los pilotes y por ser en sentido descendente, los sobrecargan al colgarse materialmente el suelo circunvecino de los pilotes.

Si éstas cargas no han sido tomadas en cuenta en el diseño, pueden llegar a producir el colapso del pilote por penetración en el estrato resistente. Este es el fenómeno de fricción negativa en los pilotes de punta.

Una solución es construir la cimentación de forma que los pilotes la atraviesen libremente sin unión entre ambos elementos, la estructura se carga directamente contra de -

suelo que cedera bajo el peso. Esta cadencia hace que el suelo accione sobre los pilotes por un mecanismo de fricción negativa tomando parcialmente la carga de la estructura con la correspondiente disminución de las presiones efectivas en el suelo blando, de ésta forma los pilotes originalmente separados de la cimentación llegan a trabajar con cargas importantes originando además que los asentamientos de la estructura disminuyen bastante.



### Los pilotes de fricción.

Los pilotes de fricción desarrollan su resistencia por la adherencia lateral que se genera entre el fuste del pilote y el suelo que lo rodea.

Este tipo de pilote, generalmente se inca en las zonas donde se encuentran depósitos de arcilla blandas dan gran espesor.

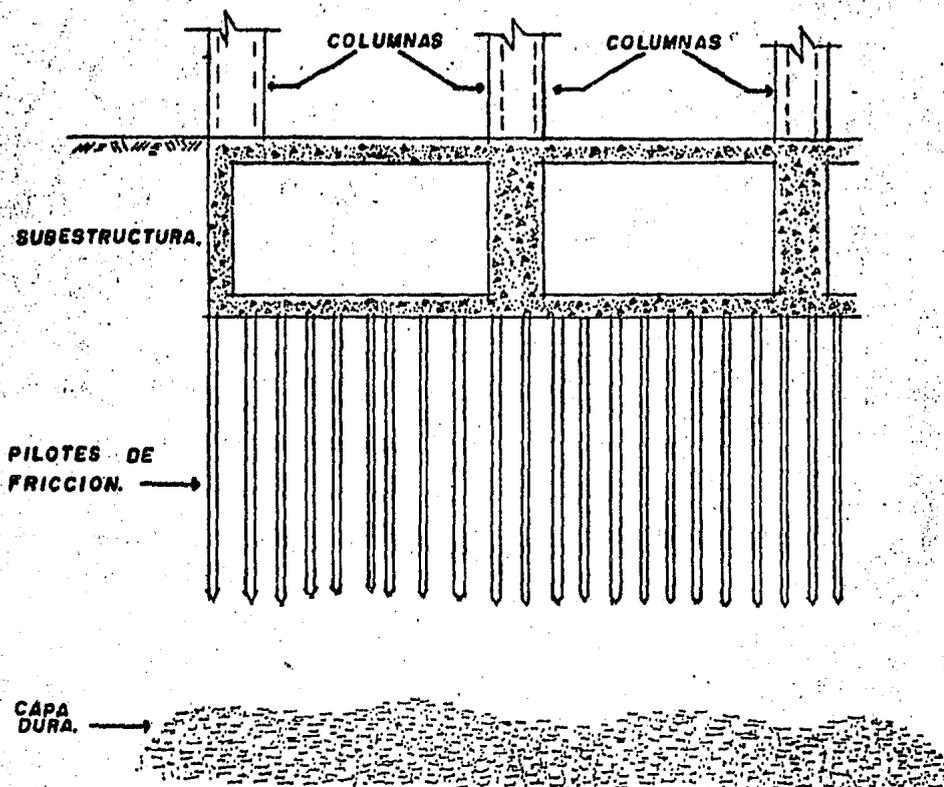
El funcionamiento de los pilotes de fricción que las arcillas que están junto a él están motivadas por los procesos de consolidación, los obligan a descender con ellas, por lo que se debe tomar la precaución al diseñar su longitud de tal forma de que sus puntas queden alejadas de cualquier manto resistente, ya que en caso contrario a través del tiempo llegarían a tocarlo y su funcionamiento se convertiría en apoyo directo.

Es recomendable dejar un colchón de material compresible entre la punta y el manto resistente de aproximadamente 15% de la profundidad del manto resistente. Este espesor no es conveniente aumentarlo, ya que si es muy grande la presión transmitida por un grupo de pilotes al colchón lo comprimen originando un asentamiento grande.

La capacidad crítica de carga de los pilotes de fricción en suelos cohesivos se determina multiplicando el área lateral efectiva del pilote, por el factor adherencia media pilote - suelo.

En la determinación de la capacidad de carga de un pilote por fricción, la resistencia que presenta el suelo por punta no se considera.

El factor de adherencia media - pilote - suelo o coeficiente de fricción es usual determinarlo como la mitad del valor de la resistencia a la compresión simple o como parámetro de la cohesión determinado en una prueba triaxial rápida no drenada.



### Pilotes Especiales.

Su diseño pretende eliminar al menos dos de los siguientes tres aspectos indeseables:

La emersión de estructuras a que da lugar el uso de pilotes convencionales con alta capacidad de carga por punta, la sobrecarga inducida por la fricción negativa en los mismos pilotes y la limitada capacidad de carga en los pilotes de fricción.

El más conocido y antiguo de éste tipo de pilote es el de control.

Su funcionamiento consiste en que los pilotes penetran libremente a través de la losa de cimentación estando éste último en contacto constante con el suelo transmitiéndole a ésta parte de la carga total de la construcción y el resto al pilote por medio de un dispositivo que lo conecta a la cimentación en la cabeza teniendo entre el dispositivo y la cabeza del pilote, un material resistente y deformable que permita que la losa de cimentación esté en contacto con el suelo sin impedir que los pilotes sigan trabajando de apoyo.

Otro tipo de pilote especial, es el penetrante de sección variable.

Las características de la primera capa dura de la zona del lago, sugirieron el empleo de un tipo de pilote de sección variable apoyado por punta en ésta capa que eliminaría simultáneamente los 3 en convenientes descritos anteriormente, -

sin requerir mantenimiento obligado de los pilotes de control.

Su capacidad de carga se determina utilizando en forma simultanea las expresiones aplicables a los pilotes de punta y de fricción.

La punta se diseña en forma tal que cuando el suelo que rodea al pilote se enjusta por el proceso de consolidación y genera fricción negativa, la punta penetra en el manto por ésta sobra carga llegando a una condición de que cualquier tendencia a disminuir la fricción positiva de la parte superior del pilote es automáticamente anulada por la penetración de la punta en el manto.

Lo anterior origina que a partir de ese momento los pilotes sigan los hundimientos generalizados del subsuelo sin emerger apreciablemente. Para contrarrestar la posibilidad de que durante el proceso de penetración de los pilotes en el estrato de apoyo pueda ser impedida por una mayor capacidad de carga local se recomienda diseñar la punta utilizando cubos metálicos diseñados de modo que fluya plásticamente al excederse cierto valor de la carga axial.

Otro tipo de pilotes especiales son los pilotes entrelazados y consiste en un conjunto de pilotes ligados a la cimentación pero que no se apoyan en la capa resistente (pilotes A) más otro conjunto no clinial con el primero (pilotes B) apoyando en la capa dura y desligado de la cimentación.

La presencia de los pilotes disminuye la magnitud de los esfuerzos inducidos en el suelo por el peso de la estructura y los colchones de suelo entre la punta de los pilotes A y la capa dura y entre la capa de los pilotes B y la losa de cimentación absorben los enjutas de la formación arcillosa superior debidos a la consolidación e impiden que la estructura emerja.

En si las cimentaciones, su peor enemigo son los asentamientos diferenciales que en éste caso afecto a muchas edificaciones. Por la constante desecación del Lago de Texcoco y sus alrededores tomando ésto como un problema grave.

Otras fallas que se encontraron, fueron ocasionadas por la resonancia que es la amplitud de las ondas, en el caso de la Ciudad de México, los edificios de algunos niveles son los que entraron, en resonancia y ésto ocasiono el colapso total en algunas edificaciones en la zona de desastre.

También existió el choque de ondas que ésto ocasiono que estallaran el pavimento de las calles, las ondas que son transmitidas a la estructura, en alguna parte de esta se encuentran y chocan ocasionando, daños en elementos importantes de la estructura. Como columnas y trabes ocasionando graves daños.

Otro caso es el choque entre edificios que son de gran altura y que colindan con otros de iguales magnitudes y en tiempo que se sintió el sismo, pudieron oscilar en sentido -

contrario ocasionando choques entre ellos y esto a su vez -  
derrumbes superiores de los mismos.

En otros casos se presento la afectación en viviendas -  
ocasionadas por grandes edificios instalados junto a ellas,  
a tiempo del movimiento los edificios sufrieron un asentamien  
to dañando gravemente a las viviendas que colindan con ellos,  
taniendolas que desalojar por los mismos daños antes mencio-  
nados.

## II. ESTADISTICA DE FALLAS REGISTRADAS EN LAS ESTRUCTURAS DENTRO DE LA ZONA MAS AFECTADA.

La zona afectada, se dividió en pequeñas zonas para que de ésta forma fuera más fácil hacer su evaluación de las fallas y daños, estadísticamente.

Los daños se clasifican de la siguiente forma:

### A). Colapso total ó parcial.

En la caída de una parte importante de la edificación ocasionando el colapso de la misma o una parte importante estructuralmente, llegando a la demolición del mismo.

### B). Daños graves.

Incluya edificios con fallas en columnas, traveses, distorsiones importantes en los entrapisos y con inclinaciones graves se presentan grandes averías en muros de carga, la edificación presenta un estado peligroso y la edificación necesita ser demolida ó reforzada ampliamente.

C). Daño estructural intermedio.

Incluye fallas locales en columnas y trabes, la capacidad de carga de la estructura se reduce parcialmente y la edificación, necesita ser desocupada para su restauración y reforzamiento estructural.

D). Daños menores.

Incluyen grietas pequeñas y daños locales en muros, caída de grandes partes de aplanado, no necesita ser desocupada la edificación, se pueden sellar las grietas y darle un buen mantenimiento.

Las estadísticas se tomaron en base a las siguientes características, el número de pisos, el sistema estructural y la fecha de construcción, ésta última es muy importante porque de acuerdo a la fecha se puede acordar cual fué el reglamento utilizado en esa edificación.

Los datos se presentan en la tabla 1, para cada una de las zonas identificadas en la figura 1, y para tomar una buena referencia de las características antes mencionadas, corresponde el resumen de la tabla 1, y a los resultados de la tabla 2.

Primera característica, la mayor cantidad de edificios dañados existieron entre los niveles 5 y 16, entre éstos niveles fué mayor el número de edificios que sufrieron colapso, - ésto se debió a que tuvieron el mismo período natural con respecto al terreno ocasionando una mayor aceleración de los movimientos.

Resumiendo para las diez zonas en la figura 2, los porcentajes de construcciones con daños severos son los siguientes.

Construcciones hasta de 2 pisos.	0.9%
Construcciones de 3 a 5 pisos.	1.3%
Construcciones de 6 a 8 pisos.	8.4%
Construcciones de 9 a 12 pisos.	13.6%
Construcciones de más de 12 pisos.	10.5%
Total de construcciones existentes.	53,356
Porcentaje de daños sobre el total.	1.4%

En la segunda característica en donde se estudia el sistema estructural de los edificios que fallaron ó que más daños tuvieron.

Empesaremos por mencionar los tipos de estructuras mas usuales en la ciudad.

Las estructuras de concreto son las que más a menudo se utilizan, que se encuentran a base de columnas y vigas formando marcos y éstos a su vez con muros de mampostería para relleno o grandes cancelas y cristales por la parte exterior y por la parte interior solo muros divisorios.

Las estructuras a base de columnas y losas reticulares de concreto éste sistema, fue muy utilizado hasta antes de 1976 en el cual se construyeron grandes edificios en la zona de el lago y se construyeron de acuerdo al reglamento vigente.

Estructuras de columnas y vigas de acero, en éste sistema de construcción encontramos pocos edificios que fallaron y esto se debe a que el acero es más rigido que el concreto y resiste más a la tensión. Los edificios que llegaron a fallar en algunos casos se debio al mal mantenimiento de éstos contra los agentes del medio ambiente y su edad útil de servicio.

Por último las estructuras a base de muros de carga éste sistema es muy utilizado para casas habitación o departamentos no mayores de 2 niveles por el tipo de cimentación que requiere, con respecto a éstos fallaron vastantes, esto se debio al mal mantenimiento de los mismos, a su edad de vida de servicio, proceso de construcción, descuidos en la supervisión o en el diseño, ampliaciones no analizadas en el diseño.

En todos los tipos de sistema estructural hubo algunos

que llegaron al colapso o tubieron graves fallas con respecto a la sobre carga ó al servicio para el cual fué hecho el edificio.

Un ejemplo muy claro que en algunos edificios diseñados, proyectados, calculados y construidos para departamentos se hayan utilizado para oficinas o para bodegas de algún producto, en donde se encontraban cosas pesadas que sobre pasó a la carga para la cual había sido diseñado el edificio y en el instante del movimiento sísmico fallaron teniendo como consecuencia el colapso o graves fallas irreparables en los elementos principales.

De acuerdo al censo antes obtenido se concluyo que un 2.9% de los edificios a base de marcos de concreto sufrieron daños en la zona de desastre, entanto que en la misma zona se tiene un porcentaje de 5.9% para estructura de losas reticulares y ésto, nos muestra que el daño ocurrido a las losas reticulares en los edificios fue de el doble.

En la actualidad se esta utilizando el sistema de losas planas en el cual se ha observado un mejor desempeño dentro del proceso constructivo y de diseño, en dicho sistema hubo pocas fallas.

Con respecto a la tercera característica que se refiere a la edad del edificio y a que reglamento se baso para llevarse a caso su construcción y ésto lo clasificamos en 3 etapas primera antes del año de 1957 en la cual no se observó gran -

número de construcciones de grandes edificios y su reglamento no era tan estricto, en cuanto al estudio de mecánica de suelos de la zona afectada no era tan amplio para tomar ciertos criterios sobre la cimentación de los mismos. Por lo que no se hicieron grandes construcciones y el número de edificios de colapso, con respecto a ésta etapa son pocos.

La segunda etapa, podemos decir que va desde 1958 hasta 1976 en donde se construyo gran número de edificios elevados y aunque el reglamento se había modificado después del sismo de 1957, pero todavía aun no se tenía un estudio de mecánica de suelos sobre el Valle de México, amplio, pero no se imaginaban que se pudiera producir un sismo con la magnitud del - producido el 19 de septiembre de 1985 en donde gran número de estos edificios tuvo colapso o graves daños en su estructura.

Por último, la tercera etapa que la designamos de 1976 a 1985 en donde el reglamento había sufrido una modificación y aunque tampoco se pensaba en la magnitud del sismo del 19 de septiembre. Pero ya se tenía un estudio más amplio sobre - mecánica de suelos en donde sí se tomaron criterios para la cimentación de edificios y la supervisión fue más aplicada - que en las etapas anteriores se puede decir que fue menos el número de edificios dañados que en el período anterior.

Y con referencia a edificios pequeños menores de 3 niveles y casas habitación con edad de servicio un poco grande se

puede decir que sus fallas se debieron al mal mantenimiento de las mismas y en algunos casos se encontró que no tuvieron una buena ejecución, un buen diseño y a la falta de calidad de los materiales usados. Se puede mencionar que algunos ya contaban con fallas debidas a rismos anteriores, lo cual - - ocasiono fallas graves o incluso se lleo al colapso.

Con respecto a las características que influyeron en las fallas, un porcentaje en lo que se observo de la característica.

Asimetría notable de rigidez.	15%
Edificio de esquina.	12%
Primer piso flexible.	6%
Columnas cortas.	3%
Sobre carga excesiva.	9%
Hundimientos diferenciales previos.	2%
Problemas de cimentación.	13%
Cheque con edificios cercanos.	15%
Daños previos por sismo.	5%
Funcionamiento de losas reticulares.	4%
Falla en pisos superiores.	38%
Falla en pisos intermedios.	40%

TABLA I DAÑOS EN EDIFICACIONES PARA CADA ZONA

ZONA	TIPO DE DAÑO	Nº DE PISOS				TIPOS DE CONSTRUCCION					EDAD DE CONSTRUCCION			TOTAL
		5	6-10	11-15	15	MARCO CONCRETO	MARCO ACERO	LOSA RETICULAR	MANPOS-TERIA	OTROS	1957	57-76	78	
I	COLAPSO	5	3	1	0	3	0	2	1	3	2	3	4	9
	GRAVE	3	3	1	0	0	0	3	1	3	2	5	0	7
	TOTAL	8	6	2	0	3	0	5	2	6	4	8	4	16
II	COLAPSO	6	7	0	0	6	0	7	1	1	6	9	0	15
	GRAVE	3	3	0	0	5	0	0	1	0	2	4	0	6
	TOTAL	11	10	0	0	11	0	7	2	1	8	13	0	21
III	COLAPSO	9	20	4	0	18	0	10	3	2	16	13	4	33
	GRAVE	4	9	3	1	9	1	5	1	1	4	8	5	17
	TOTAL	13	29	7	1	27	1	15	4	3	20	21	9	50
IV	COLAPSO	14	21	4	3	14	10	16	0	2	18	22	2	42
	GRAVE	0	7	5	0	6	0	6	0	0	4	6	2	12
	TOTAL	14	28	9	3	20	10	22	0	2	22	28	4	54
V	COLAPSO	27	17	2	0	25	0	16	4	1	5	37	4	46
	GRAVE	0	14	2	0	4	0	11	0	1	2	7	7	16
	TOTAL	27	31	4	0	29	0	27	4	2	7	44	11	62
VI	COLAPSO	13	23	3	1	12	0	22	2	4	4	30	6	40
	GRAVE	13	14	8	1	13	1	11	11	0	10	19	7	36
	TOTAL	26	37	11	2	25	1	33	13	4	14	49	13	76
VII	COLAPSO	1	5	0	0	1	0	5	0	0	0	6	0	6
	GRAVE	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
	TOTAL	1	6	0	0	1	0	6	0	0	0	7	0	7

TABLA I (CONTINUACION)

ZONA	TIPO DE DAÑO	Nº DE PISOS				TIPO DE CONSTRUCCION					EDAD DE CONSTRUCCION			TOTAL
		5	6-10	11-15	15	MARCO CONCRTO	MARCO ACERO	LOSA RETICULAR	MAMPONERIA	OTRO	<1957	57-76	>76	
VIII	COLAPSO	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
	GRAVE	3	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	3
	TOTAL	3	1	0	0	0	0	1	3	0	3	0	1	4
IX	COLAPSO	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	3
	GRAVE	4	2	0	0	0	0	4	2	0	2	2	2	6
	TOTAL	4	5	0	0	0	0	7	2	0	2	2	5	9
X	COLAPSO	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
	GRAVE	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
	TOTAL	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	2
XI	COLAPSO	4	2	0	0	0	0	5	1	0	0	4	2	6
	GRAVE	1	2	1	0	2	0	2	0	0	0	1	3	4
	TOTAL	5	4	1	0	2	0	7	1	0	0	5	5	10
XII	COLAPSO	2	1	0	0	0	0	2	0	1	1	1	1	3
	GRAVE	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
	TOTAL	2	2	0	0	0	0	2	0	2	1	2	1	4
XIII	COLAPSO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GRAVE	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	2
	TOTAL	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	2
XIV	COLAPSO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GRAVE	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
	TOTAL	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1

TABLA 1 (CONTINUACION)

ZONA	TIPO DE DAÑO	No. DE PISOS				TIPO DE CONSTRUCCION					EDAD DE CONSTRUCCION			TOTAL
		<5	5-10	11-15	>15	MARCO CONCRETO	MARCO ACERO	LOSA RETICULAR	MAMPONERIA	OTROS	<1957	57-76	>76	
XV	COLAPSO	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	2
	GRAVE	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
	TOTAL	2	1	0	0	2	0	1	0	0	0	3	0	3
XVI	COLAPSO	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
	GRAVE	4	0	0	0	3	0	0	1	0	0	3	1	4
	TOTAL	5	0	0	0	3	0	1	1	0	0	3	2	5
XVII	COLAPSO	2	0	0	2	1	0	1	0	0	0	2	0	2
	GRAVE	2	0	0	2	1	0	0	1	0	0	2	0	2
	TOTAL	4	0	0	4	2	0	1	1	0	0	4	0	4

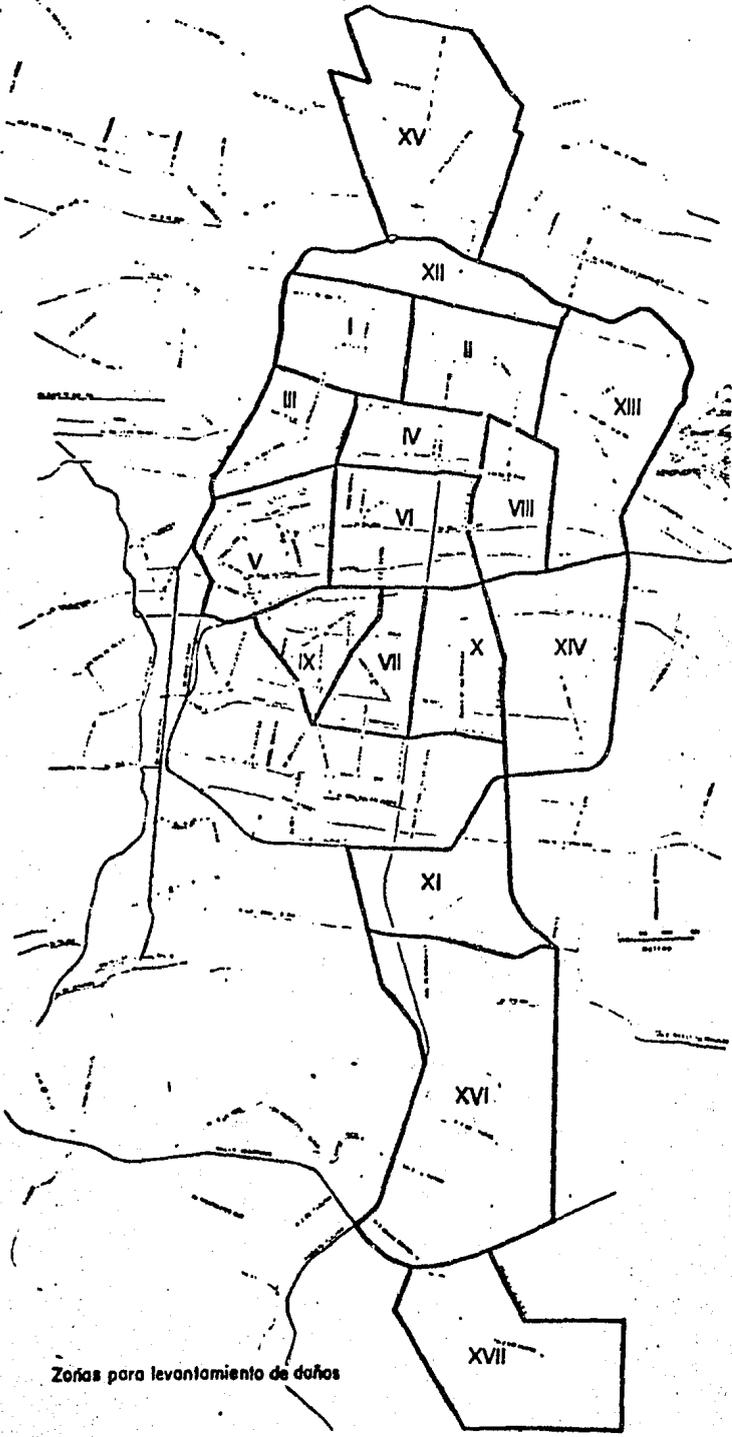
RESUMEN

TODAS LAS ZONAS	COLAPSO	89	103	14	4	82	10	91	13	14	52	129	29	210
	GRAVE	40	58	20	2	45	2	44	23	6	30	63	27	120
	TOTAL	129	161	34	6	127	12	135	36	20	82	192	56	330

TABLA 2. RESUMEN ESTADISTICO DE DAÑOS EN EDIFICIOS.

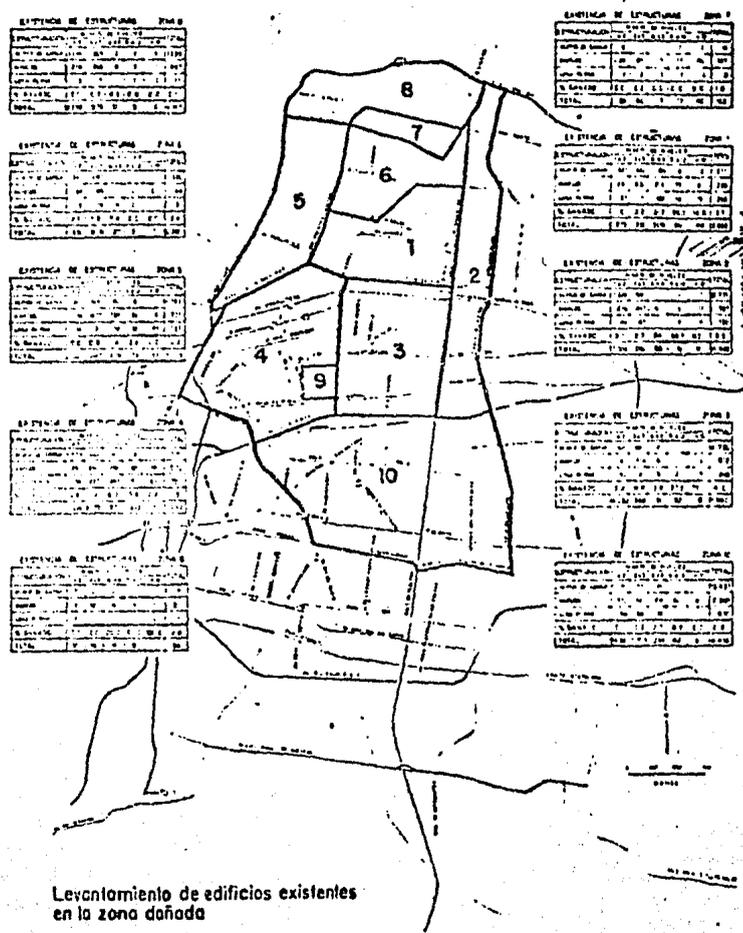
ESTRUCTURACION	TIPO DE DAÑO	AÑO DE CONSTRUCCION			No. DE PISOS			TOTAL	
		<1957	57-76	>1976	<5	6-10	11-15		>15
MARCOS DE CONCRETO	DERRUMBE GRAVE	27	51	4	27	46	8	1	82
		16	23	6	10	28	6	1	45
MARCOS DE ACERO	DERRUMBE GRAVE	7	3	0	4	3	1	2	10
		1	1	0	0	0	2	0	2
LOSA PLANA	DERRUMBE GRAVE	8	62	21	36	49	5	1	91
		4	22	28	5	26	12	1	44
MANPOSTERIA	DERRUMBE GRAVE	6	5	2	11	2	0	0	13
		9	13	1	22	1	0	0	23
OTROS	DERRUMBE GRAVE	4	8	2	12	2	0	0	14
		0	4	2	2	4	0	0	6
TOTAL	DERRUMBE Y GRAVES	82	192	56	129	161	34	6	330

Figura 1.



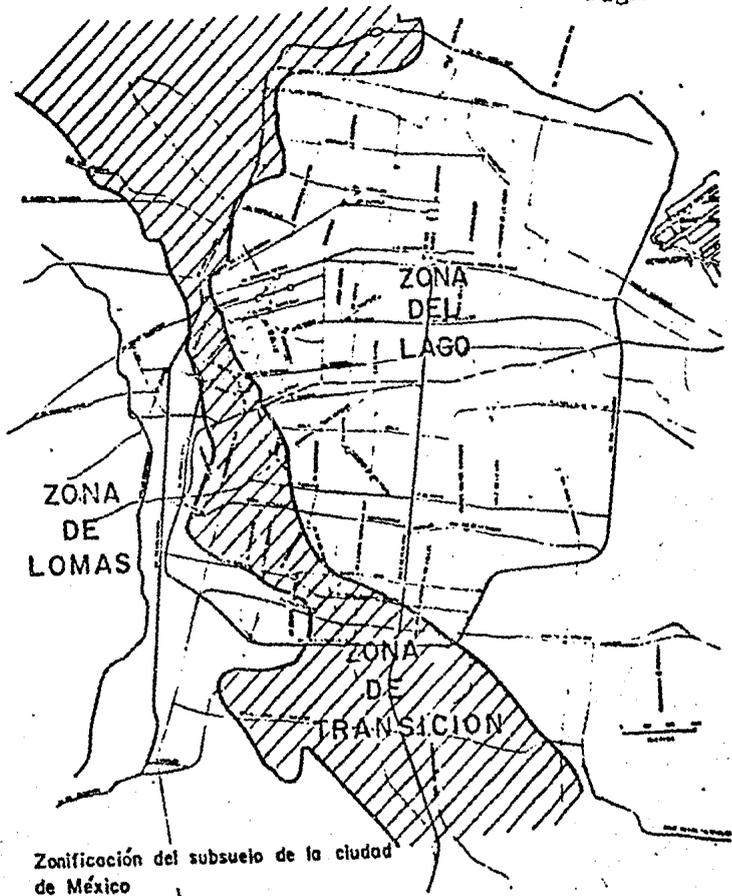
Zonas para levantamiento de daños

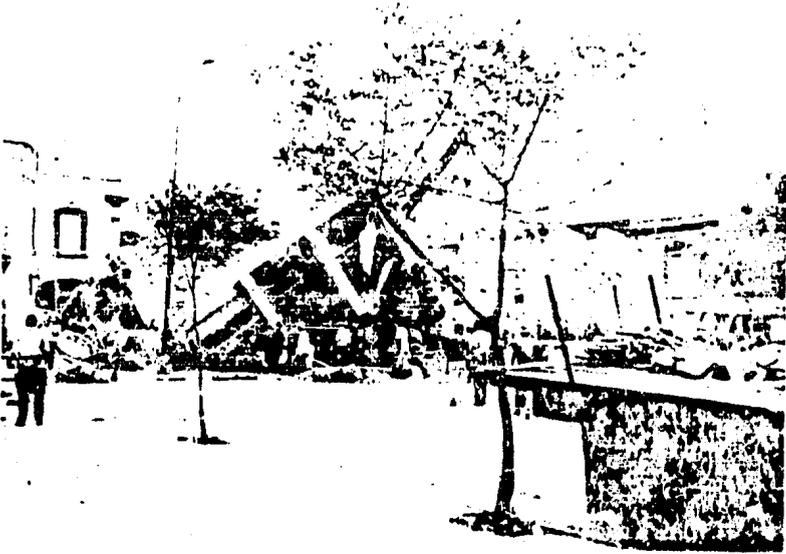
Figura 2.



Levantamiento de edificios existentes en la zona dañada

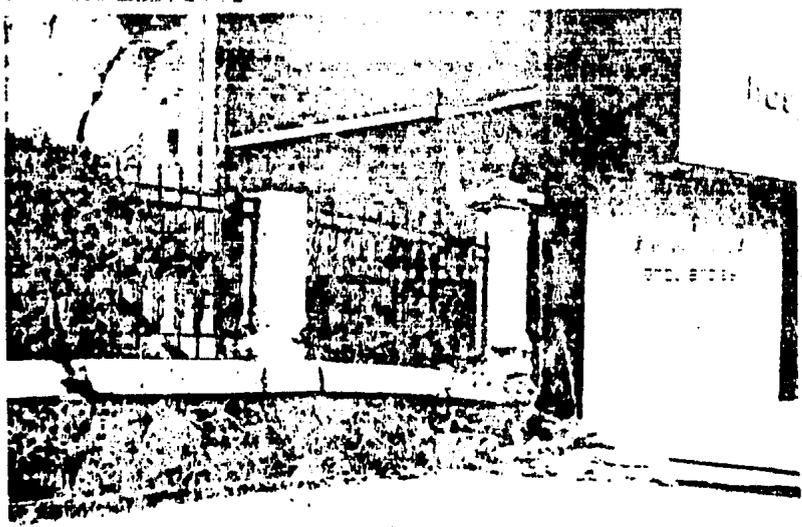
51.  
Figura 3.

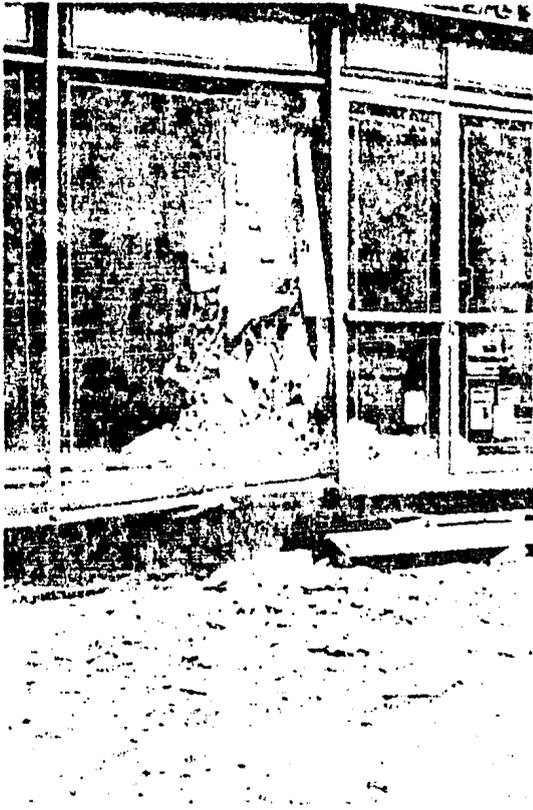






Acostumbramiento de edificio,  
dando el edificio solin-  
dante.





Damage to building at 1021 1/2 Street, S.W., Atlanta, Georgia.

### III. DAÑOS Y PENALIDADES.

#### III. I. Responsabilidad.

Es importante estar basado al reglamento de construcción en el D.F., en el C. Penal y en el código Civil en estos casos de desastres naturales, si el estudio de el diseño sísmico no esta basado en el reglamento toda la responsabilidad caera - sobre el perito responsable y entonces tendra las sanciones - que el reglamento dicta o en su caso el Departamento del Distrito Federal y por la Ley.

Lo primero y lo principal hasta donde llega la responsabilidad del perito, para esto veremos la siguiente:

La responsabilidad Profesional.

De acuerdo al código penal para el D.F. tendremos los - artículos siguientes:

Art. 223. Los médicos, cirujanos y demás profesionistas similares y auxiliares serán penalmente responsables por los daños que causen en la práctica de su profesión en los - terminos siguientes:

I.- Admisión de las sanciones fijadas para los delitos - que resulten consumados, según sean intencionales o por - imprudencia.

Possible, se les aplicará suspensión de un mes a dos años

en el ejercicio de la profesión o definitiva en caso de - -  
reincidencia.

II.- Estarán obligados a la reparación del daño por sus  
actos propios y por los de sus ayudantes, enfermeros o prac-  
ticantes cuando éstos obren de acuerdo con las instrucciones  
de aquellos.

Y de acuerdo al reglamento de construcción de 1976.

Tomemos los artículos siguientes:

Art. 276.- Responsabilidad.

Los directores responsables de obra, a los propietarios  
de una obra que no requiera director responsable, están - -  
obligados a vigilar que la ejecución de la misma se realice  
con las técnicas construidas más adecuadas, se empleen los -  
materiales con la resistencia y calidad especificadas en éste  
reglamento y en sus normas técnicas, complementarias, se tomen  
las medidas de seguridad necesarias y se evite causar molestias  
o perjuicios a terceros.

También encontramos el artículo 375 del mismo reglamento  
que nos dice.

Art. 375.- Responsabilidad para los efectos del presente  
reglamento, los propietarios y los directores de responsables  
de obra serán responsables por las violaciones en que incurran  
a las disposiciones legales aplicables, y les serán impuestas  
las sanciones correspondientes previstas por la ley y por el  
propio reglamento.

Las sanciones podrán ser impuestas conjunta o separadamente a los responsables.

Más concretamente tenemos el artículo 46 del mismo reglamento Artículo 46.- Termino de la responsabilidad del director responsable de obra. Para los efectos del presente reglamento, la responsabilidad de carácter administrativo de los directores de obra. Terminara a los cinco años contados a partir de la fecha en que se expida la autorización de uso y ocupación a que se refiere el artículo 61 de éste ordenamiento, o bien a partir de la fecha en que en su caso se conceda el registro previsto por el artículo 64 del mismo cuerpo normativo, cuando se trate de obras ejecutadas sin licencia.

En base a lo antes mencionado, se puede decir que la responsabilidad del Ingeniero es de toda la obra cuando ésta se encuentra en construcción y cinco años después de haberse puesto en servicio, si en éste lapso tiene alguna falla o algún daño en el cual no participa, hasta donde llega la responsabilidad, existe algo muy importante en donde, no ésta acorde la responsabilidad con la remuneración y en una obra por mas ética profesional y más cuidado que se tenga, se tendran fallas, porque intervienen muchas personas con diferente criterio y experiencia en donde algún error de alguno puede ser de toda la obra. Con respecto del artículo 228 antes mencionado, la Importancia de la Responsabilidad que se tiene en Ingeniería Civil, no ésta visto desde un punto profesional con respec-

te de las demás. Tomándolo de otra forma las fallas y errores en Ingeniería son vistas a simple vista de las demás personas en tanto otras profesiones sus errores son reservados.

Del Código Civil Tenemos.

Art. 1140.- La prescripción negativa aprovecha a todos, aún a los que por sí mismos no puedan obligarse.

Art. 1143.- Los acreedores y todos los que tuvieren - - legítimo interés en que la prescripción subsista pueden hacerla valer aunque el deudor o el propietario hayan renunciado - los derechos en esa virtud.

Art. 1146.- En el caso previsto por el artículo que - proceda, el acreedor sólo podrá exigir a los deudores que no prescribieran el valor de las obligaciones deducida la parte que correspondía al deudor que prescribió.

Art. 1159.- Fuera de los casos de excepción se necesita el lapso de diez años contados desde que una obligación puede exigirse para que se extinga el derecho de pedir su cumplimiento.

Tomando el Art. 60 del Código Penal para el D.F., encontramos Art. 60. Los delitos de imprudencia se sancionarán - con prisión de tres días a cinco años y con suspensión hasta de dos años o privación definitiva de derechos para ejercer - profesión en oficio.

En éste caso diremos que en la Ingeniería muchas veces

se tiene que tomar decisiones al instante en donde muchas de ellas se cuenta con la experiencia, pero en otras se lleva el riesgo de tener error y causar daño, sin que en feto el daño sea imprudente.

III. 2. Los daños y perjuicios los podemos clasificar - en daños a la vía pública y daños a colindantes.

Daños en la vía pública.

De acuerdo al reglamento de construcción tenemos lo - - siguiente:

Art. 9.- Autorización para la ejecución de obras en la vía pública.

Se requiere autorización expresa del Departamento para:

I.- Realizar obras, modificaciones o reparaciones en la vía pública.

II.- Ocupar la vía pública con instalaciones de servicio público o con construcciones provisionales.

III.- Romper el pavimento o hacer cortes en las aceras y guarniciones de la vía pública para la ejecución de obras - públicas o privadas.

IV.- Construir instalaciones subterráneas.

El Departamento para otorgar autorización para las obras anteriores, señalará en cada caso las condiciones bajo las - cuales se conceda.

Los solicitantes estarán obligados a efectuar las repara-

ciones correspondientes para restaurar o mejorar el estado original o al pago de su importe cuando el Departamento lo realice.

En éste artículo nos indica que los daños cometidos a la vía pública hay que repararlos, y en nuestro caso con respecto al movimiento telúrico muchos edificios sufrieron acentamientos dañando las aceras, el pavimento y en muchas ocasiones dañaron las instalaciones subterráneas. O bien en el caso de edificio derrumbado, en donde causo daños en la vía pública, éstos daños, tienen que ser reparados por los dueños o por los constructores, o también daños a personas que pasaban en ese momento por el edificio colapsado y vehículos estacionados frente del mismo.

Encontramos los siguientes artículos del Código Penal para el D. F.

Art. 29.- La sanción pecuniaria comprende la multa y la reparación del daño.

La reparación del daño que debiera, ser hecha por la persona que lo cometió tiene el carácter de pena pública, pero cuando la misma reparación deba exigirse a tercero, tendrá el carácter de responsabilidad civil y se tramitará en forma de incidente en los terminos que fije el Código de procedimientos penales.

Cuando el acusado no pudiera pagar la multa que se le hubiera impuesto como sanción, o solamente pudiera pagar par-

te de ella, el juez fijara, en sustitución de ella, los días de prisión que correspondan, según las condiciones económicas del reo, no excediendo de 4 meses.

Art. 30.- La reparación del daño comprende.

I.- La restitución de la cosa obtenida por el delito y si no fuera posible, el pago del precio de la misma.

II.- La indemnización del daño material y moral causado a la víctima o a su familia.

Art. 38.- Si no alcanza a cubrir la responsabilidad pecuniaria con los bienes del responsable o con el producto de su trabajo en la prisión, el reo liberado seguirá sujeto a la obligación de pagar la parte que falte.

Estos artículos nos hacen pensar que en el caso de que a un ingeniero Civil, cause un daño como por ejemplo. Un derrumbe o un colapso de un edificio el pago del mismo es demaciado para lo que le pertenece al ingeniero y con lo que cuenta.

#### Daños a Colindantes.

De acuerdo al Código Penal del D.F. Tenemos los siguientes artículos.

Art. 397.- Se impondrán de 5 a 10 años de prisión y multa de 100 a cinco mil pesos a los que causen incendio, inundación o explosión con daño o peligro de :

I.- Un edificio, vivienda o cuarto donde se encuentre una persona.

II.- Ropas, muebles u objetos en tal forma que puedan causar graves daños personales.

III.- Archivos públicos o notariales.

IV.- Bibliotecas, museos, templos, escuelas o edificios y monumentos públicos.

Art. 309.- Cuando por cualquier medio se causen daño destrucción o deterioro de cosa ajena o de cosa propia en perjuicio del tercero, se aplicaran las sanciones de robo simple.

Esto lo podemos tener de la siguiente forma con respecto de nuestra obra. Se puede causar daño al vecino cuando se va a construir por medio de la excavación, en el banco, en la cimentación. En el caso del sismo, tenemos por choque de edificio si no se tuvo la distancia requerida, por oscilamiento de nuestros edificios, por derrumbe y más adelante por demolición.

Para choque entre edificios se tiene del reglamento de construcción para el D. F., los siguientes artículos.

Art. 232.- Protección de colindancias de la vía pública y de instalaciones. Durante la ejecución de una obra deberá tomarse las medidas necesarias para no alterar el comportamiento ni el funcionamiento de las construcciones e instala-

ciones en predios colindantes o en la vía pública, ejecutado, bajo la responsabilidad del Director Responsable de obra los procedimientos especificados en los planos estructurales y en las memorias de cálculo.

En nuestro caso, para la reparación o para la demolición de edificios necesitamos tomar las medidas de seguridad necesarias para no afectar a la vía pública ni a nuestros colindantes por otra parte con respecto de los edificios derrumbados también es necesario tomar medidas de seguridad para quitar los escombros y el cascajo del terreno.

Sin afectar o alterar la vía pública. O dañar a nuestros colindantes.

Art. 244.- Estados límite por choque contra estructuras adyacentes cada construcción deberá separarse de sus linderos con los predios vecinos, una distancia igual al desplazamiento horizontal acumulado, calculando en cada nivel, aumentando 0.001, 0.0015 y 0.002 en las zonas I, II y III respectivamente.

Lo anterior fue, una causa por la cual hubo muchos edificios con daños graves y hasta se presentó el colapso en algunos, en esto nos dice que la separación entre edificios debe ser mayor, para evitar el choque y principalmente en la zona del lago.

Por otra parte los asentamientos diferenciales de nuestro edificio, que cause algún daño a colindantes, de simples cuadraduras hasta daños graves, éste también será reparado por

nosotros en caso de que el inmueble éste totalmente dañado, tendrá que demolerse de acuerdo al dueño y al reglamento y en su caso construir otro, pagando el daño.

#### Daños por Demolición.

Esto se lleva a cabo cuando nuestro edificio se encuentra muy dañado y por seguridad se tendrá que demoler, tomando cuenta de los daños en nuestro edificio que pueden ser - - fallas en elementos principales fallas en la cimentación y por encontrarse con un grado mayor al del reglamento de desnivelación.

Con respecto a la demolición tenemos los siguientes artículos del reglamento de construcción para el D. F.

Art. 300.- Programa de Demolición. Con la solicitud de la licencia de demolición a que se refiere el artículo 55 de este reglamento se acompañará un programa detallado de demolición, en que se indicará el orden en que se demolerá cada uno de los elementos de la construcción así como los mecanismos que se emplearán en la maniobra. Igualmente con base en el diseño estructural de la edificación, se señalarán las medidas de seguridad que deberán observar los trabajadores.

Art. 55.- Obras de Instalaciones que requieren licencia de construcciones específicas. Las obras e instalaciones que a continuación se indican requiere de licencia de construcción

específicas: entre otros puntos tener:

I. Las obras de reparación, mejoramiento o demoliciones. A la solicitud relativa se acompaña una memoria en que se especifique el procedimiento que se vaya a emplear.

Para demoler inmuebles clasificados y catalogados por el departamento como parte del patrimonio cultural de la ciudad de México, se requerirá autorización expresa del Jefe del Departamento.

Art. 301.- Precauciones, durante el proceso de demolición se tomarán las precauciones necesarias para evitar que se causen daños o molestias a personas, a construcciones vecinas, a la vía pública o a otros bienes, si se emplean puntales, vigas, arandales, estructuras o cualquier otro medio para protección de las construcciones colindantes o de las propias obras de demolición, se tendrá cuidado de que estos elementos no causen daño o provoquen esfuerzos que puedan perjudicar a las construcciones o a la vía pública.

Art. 303.- Uso de explosivos, se prohíbe el uso de explosivos para llevar a cabo demoliciones en la zona urbana así como en la zona rural cuando en esta última existan construcciones dentro de un radio menor de cincuenta metros.

Excepto con previa justificación técnica de la necesidad de su uso el departamento podrá autorizar el empleo de explosivos en las demoliciones bajo la exclusiva responsabilidad del director responsable de obra, siempre que se tomen las

medidas necesarias para evitar daño.

Como nos dice lo anterior al utilizar explosivos en la demolición se corre mucho riesgo si no se tiene una buena - protección en el cual nos brinde seguridad. En la zona urbana las demoliciones la mayoría de ellas se ha hecho manual utilizando los equipos necesarios para ello.

Se tiene que tomar en cuenta, en la demolición que quede completamente tapado todo es decir y el edificio tenía sotano tiene que quedar completamente tapado para que no existan -- empujes laterales y pueda haber un desplazamiento del suelo dañando, los edificios colindantes.

Esperando que todo lo anterior se halla estudiado y que en el nuevo reglamento se amplie dando una mejor seguridad. O la población en general y recordando que el grado del sismo fué mayor al estipulado en reglamentos anteriores. No se puede culpar a nadie, si no a un efecto natural en el cual el hombre no puede ni podrá dominar, en bastante tiempo.

Con respecto a los Artículos de prescripción antes mencionados del Código Civil. No se han profundizado en su estudio últimamente por lo cual no se encuentran actualizados y únicamente se mencionan para dar un punto de vista.

#### IV. RECOMENDACIONES PARA LA RESTRUCTURACION DE EDIFICIOS.

Para la reparación de un edificio, casa, escuela, etc., lo primero que hay que hacer, es ver la localización del inmueble y catalogarlo dentro de alguna de las tres zonas ya sea:

- I. ZONA DE LOMAS.
- II. ZONA DE TRANSICION.
- III. ZONA DEL LAGO.

Y tomar una decisión que a continuación observaremos.

Para la reparación de casas y viviendas es mas sencillo ya que como su estructura es pequeña y cuando los daños no sean graves como por ejemplo. Un muro cuartiado, pequeñas grietas en columnas o en traves. Se puede hacer la reparación sin mayor problema, poniendo nuevas columnas en los muros cuartidados, reforzando traves o columnas, cerrando grietas -- ésto se pueda hacer con los diferentes métodos conocidos, pero ésto dependiendo del tipo de zona sin exceder en el --

peso de la estructura para que no se sobre pase la capacidad de carga del suelo y puedan existir otros tipos de problemas con los asentamientos. Cuando los daños son graves a simple vista es mejor la demolición, para no correr riesgos con la seguridad.

Para la reparación de un edificio en donde su estructura es muy complicada tenemos lo siguiente.

Se pueden reparar los edificios cuando los daños son muy leves y con un estudio previo. Por ejemplo cuando tenemos que toda la estructura esta bien y lo único que falló fueron los elementos no estructurales, como los muros de relleno que en cierta forma fallaron al estar pegados totalmente a los elementos estructurales importantes en donde sus rigideces fueron distintas y por lo tanto trabajaron diferente, aunque en algunos casos estos elementos no estructurales ayudaron a toda la estructura a tener una mayor rigidez y a que no fallaran los demás elementos.

Por lo regular los muros de relleno o muros no estructurales fallaron a cortante, estos elementos se pueden reparar, pero antes habría que hacer un estudio profundo de los demás elementos estructurales, para no demoler que es costoso, si los elementos no estructurales son los únicos que fallaron. Y la reparación se puede hacer cambiando el muro y desligarlo de los elementos estructurales, con los diferentes métodos que existen.

Para tomar una decisión tan importante como es la de reparar la estructura o demoler. En la demolición de la estructura en donde nos sale costoso, el volver a construir pero teniendo más factores de seguridad. O en la reconstrucción en donde también saldra costoso por el proceso de estudios y pruebas y no se tendrá una seguridad, como si se construyera nueva.

Para tomar la decisión de reparar la estructura de que no se debería reparar la estructura. Se mencionaran criterios en donde se tomara las siguientes decisiones de reparar la estructura ó no repararla.

El primero y más importante es clasificar en cual de las tres zonas del sub suelo se localiza la estructura. La primera zona a la que nos vamos a referir a la zona de lomas como su nombre lo indica, su estrato resistente se encuentra a poca distancia del nivel del suelo por lo que una reparación en esta zona si es factible de acuerdo a los estudios que se hagan y encontramos lo siguiente la cimentación tiene contacto directo con el estrato resistente, en esta zona casi no hubo daños debido al cisma y los daños en la estructura son leves cuartaduras en elementos estructurales, la caída de pequeños trozos de aplanado.

En la segunda zona que es la de transición en donde el estrato resistente se encuentra un poco mas profundo que en el caso anterior se podra reparar dependiendo del tipo del

daño, en donde el daño no sea grave y con un estudio amplio de la estructura y de la cimentación.

En la tercera zona que es la del lago, en donde el estrato resistente se encuentra a una profundidad de 30 mm 6 mas, la cimentación es mas complicada, la reparación no es recomendable por que fué, en la zona en donde hubo más daños y en donde las estructuras quedaron dañadas aunque no, aparentemente si de la cimentación o de elementos principales en donde una reparación no tendría mucha seguridad.

Por otra parte la antigüedad del edificio, en donde no es recomendable la reparación a edificios que se hayan construido antes del reglamento de 1976, por lo siguiente: es necesario conocer de que forma fué planeado, calculado y construido el edificio.

En la planeación es necesario saber con que base fue hecho ese edificio, si fue para departamentos o para oficinas, si se hizo un estudio de mecánica de suelos, aunque antes de 1976 no se tenía gran conocimiento del subsuelo de la ciudad de México, que aunque existían problemas de asentamientos no se hacían estudios amplios de los diferentes estratos que conforman lo que antes era el lago de Texcoco. Por lo que no se tenía una solución eficiente o distintos criterios para una cimentación adecuada al suelo y al edificio.

Los cálculos para la cimentación si es que se hicieron son deficientes por no tener toda la información necesaria para el diseño de la cimentación y si tuvieron tener esa información, que tipo de cimentación utilizaron que no fuera muy costosa. Si los estudios antes mencionados se hicieron, es importante hacer un estudio para saber en qué estado se encuentra la cimentación a reparar. Si a sido muy afectada por sismos anteriores, por edificios colindantes y si es posible su reparación, aunque en muchos casos que se han reparado cimentaciones dañadas por sismos han vuelto a fallar, por ejemplo hubo edificios que en el sismo del año de 1976 tuvieron daños en la cimentación y se repararon, y en esta ocasión del sismo de 1985, llegaron a tener fallos graves y hasta hubo edificios en los cuales se presentó el colapso. Por lo que la reparación debe ser con un estudio amplio y una buena supervisión de la construcción o reparación del mismo. Por lo que no es muy recomendable su reparación al no tener una seguridad amplia.

Los materiales utilizados anteriormente no nos garantizan su calidad o su estado en que se encuentran. Y al poner materiales con un control de calidad distinto tendremos diferencia de resistencia y de rigidez, por que los materiales anteriores ya no tienen la misma calidad que ha disminuido por distintos factores de intemperismo o de comportamientos no esperados.-

como su resistencia, su rigidez.

Otro punto a observar es en la estructura, para elementos principales cuando alguno de todos los elementos de la estructura se encuentra dañado y se toma la decisión de repararlo o cambiarlo hay que tener cuidado porque primero es necesario hacer un estudio amplio de toda la estructura para saber cuantos elementos dañados tiene y si es conveniente hacer la reparación, precisar que elementos son los dañados tomando cuenta para su diseño las nuevas normas de emergencia o en su caso el nuevo reglamento que se genere en base a los daños del sismo de 1985.

Esto nos dara nuevos factores sísmicos los cuales serán empleados en nuestros nuevos elementos, cuidando un buen anclaje con los ya existentes y teniendo un buen control de calidad de los materiales a usar, el problema surge cuando nos ponemos a comparar primero el peso de toda la estructura con él o los nuevos elementos para saber si nuestra cimentación y el suelo son excedidos en su capacidad de carga y al incrementar la capacidad de carga teniendo como consecuencia daños graves en la estructura y por lo tal fallara nuestro edificio por asentamientos diferenciales, ésto es por un lado por otro nuestros nuevos elementos sean menos pesados que los anteriores tenemos que nuestra estructura tratar de emerger en algún movimiento sísmico, dando lugar a un volteamiento de nuestro edificio.

Por otra parte que nuestros elementos estructurales que se usaron en la construcción se hicieron en base aún reglamento en el cual tenemos un factor sísmico, y un factor de seguridad menores a los que se van a tener en el nuevo reglamento ó en las normas de emergencia teniendo con estos elementos viejos con unos factores y otros elementos nuevos con otros factores a la hora de unirlos nuestra estructura quedara con factores distintos en los elementos lo cual nos cambiara nuestra rigidez y otro movimiento sísmico al no tener una rigidez igual en nuestros elementos, nuestra estructura no trabaja como una sola teniendo fallas graves y hasta se puede presentar el colapso.

Esto se puede ver mas claro en los edificios que fallaron en sismos anteriores al de 1985, y que se llevaron a la reconstrucción con otros reglamentos se tuvo esta vez en el sismo de 1985 en los mismos edificios fallas graves y se presentó el colapso en algunos de ellos.

Concluyendo no es recomendable la reconstrucción en edificios con antigüedad mayor al reglamento de 1979 en donde no hubo estudios amplios de mecánica de suelos y sin un estudio amplio de la cimentación. Estructuración y de la zona en que se encuentran y si se construye sin tomar conocimiento de muchos factores que existen para su reconstrucción. Se tendran

lamentaciones de ello.

Porque aunque es costoso la demolición pero es preferible si no se cuenta con una buena seguridad del inmueble.

## CONCLUSIONES

Tomando lo ocasionado el 19 de Septiembre de 1985 como una dura experiencia en donde miles de personas perdieron la vida y aunque no hay culpables más que la mismas fuerzas de la naturaleza, servirá para que las próximas construcciones sean analizadas a fondo, supervisadas y con un buen control de calidad de los materiales. En donde los Ingenieros deberán por toda la ética profesional para hacer su trabajo, y tomando los estudios hechos al subsuelo, a las fallas en los edificios, a los materiales para que las edificaciones sean más seguras.

La responsabilidad del ingeniero es muy grande por lo cual necesita el apoyo técnico que esté a su alcance y también debe tener panorama legal en donde pueda ver los daños que puede ocasionar y en que forma puede ayudar a las personas que sufre y que son afectadas o en su caso a defenderse de alguna demanda en donde el no sea el culpable. O como maneja la situación sin que no haya nadie afectado.

## BIBLIOGRAFIA:

1. PALLAS TECNICOS EN LA CONSTRUCCION.  
JACOB FELB, EDITORIAL LITUSA MEXICO.
2. CRITERIOS PARA LA ELECCION DEL TIPO DE CIMENTACION EN  
LA CIUDAD DE MEXICO. "TESIS PROFESIONAL" JORGE - - -  
HUBERTO GONZALEZ H.
3. CIMENTACIONES USUALES EN EL SUELO TIPICO DE LA CIUDAD  
DE MEXICO.  
DAVID ZETUNE HOLJO, "TESIS PROFESIONAL" DIRECTOR ING.  
ALBERTO OGGIA I.
4. CODIGO CIVIL PARA EL DISTRITO FEDERAL.
5. CODIGO PENAL PARA EL DISTRITO FEDERAL.
6. SEGUNDO INFORME DEL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.
7. REGLAMENTO DE CONSTRUCCION DE 1976 Y A LAS NORMAS DE  
EMERGENCIA PARA LE D. F.