

INFORME DE LA DELEGACION DE LA
COMISION NAC. DE EMERGENCIA*QUE
VISITO CIUDAD DE MEXICO.-

Con el fin de recabar la informacion y la percepcion de primera mano, la Comision Nacional de Emergencias decidio enviar en viaje de estudio y observacion a la Ciudad de Mexico, una delegacion compuesta por los siguientes miembros de la Comision Dr. Manuel Benavides, economista del Banco Central, Ing. Mario Velasquez, Gerente del INVU. Ing. Juan Guillermo Vargas de Defensa Civil y el Dr. Fernando Urbina.

El viaje se realizo entre las fechas 8 y 12 de Noviembre de 1985. La informacion se recabo a traves de la Observacion de los sitios de mayor impacto sismico, del estudio de la informacion escrita tanto oficial como aquella provenientes de fuentes no gubernamentales. Por medio de entrevista con las autoridades mexicanas que tuvieron la responsabilidad de responder responder a la tragedia y tomar las acciones de rehabilitacion. . Por otro lado fue importante la obtencion de informacion de profesionales medicos, arquitectos e ingenieros de la Empresa Privada asi como la informacion y los comentarios y criticas que durante el lapso post-terremoto han salido profusamente en los medios de informacion publica. Aun con las limitaciones obvias de esta clase de observaciones creemos que el viaje fue de gran valor para poder tener una idea clara de los acontecimientos del 19 de setiembre de 1985 y de sus consecuencias.

Las siguientes fueron las percepciones que tenemos por mas importantes de nuestro viaje:

En primer lugar hemos de analizar el esquema organizativo que la Comision Metropolitana de Emergencia de Mexico, por disposicion Presidencial adopto para hacerle frente a los eventos post-terremoto. Asi dividieron sus acciones en a) ACCIONES INMEDIATAS, dentro de ellas se identificaron las siguientes: Auxilio a la Poblacion Afectada, Prestacion de Servicios Medicos y Proteccion Social a Damnificados. b) ACCIONES COLATERALES, tales como Identificacion de Afectados, Cuantificacion de Danos, Prevencio de Riesgos en Edificaciones, Determinacion de Causas y Efectos de los Sismos, Restablecimientos de

Servicios, Definición de Estrategia sobre Vivienda.

c) ELEMENTOS DE APOYO. Organización Institucional, Participación Social, Cooperación Internacional y Erogaciones. Veamos someramente cuales fueron los principales problemas a resolver en algunos de estos grandes capitulos:

Auxilio a la Población Afectada: Salvamento, Tramite de Defunciones, Localización de Personas e Información de Servicios, Seguridad y Vigilancia, Atención de Siniestros, Suministro de Agua Potable, Abasto de Productos Basicos, Inspección de Precios, Recolección de Basura, Transportación Gratuita, Comunicación Gratuita y Orientación e Información.

Prestación de Servicios Medicos: Atención de Heridos, Asistencia a Afectados y Previsión de la Salud.

Protección Social a Damnificados: Alojamiento, Suministro de Alimentos, Ropas y Enseres.

Identificación de Afectados: En su condición existencial, En su Situación de Dependencia, En su Ingreso.

Cuantificación de Danos: A Edificaciones, a la Vialidad, a la Red Hidraulica.

Prevención de Riesgos en Edificaciones: Investigación preliminar de Danos, Desocupaciones, Retiro de Desprendimientos en Fachadas, Fumigaciones, Demoliciones.

Restablecimiento de Servicios: Educativos, Medicos, de Agua Potable, de Drenaje, de Vialidad, de Transporte, de Electricidad y otras fuentes de Energía, de Comunicaciones.

Seria en extremo extenso el Informe si abarcara los detalles de cada uno de los apartes a que hemos hecho mención, es por ello que apenas los nombramos como guía de un estudio posterior y nos centraremos en algunos temas que estimamos prioritarios.

1) Sobre la Genesis del Terremoto.-

Haremos caso omiso de aspectos puramente científicos y describiremos en un lenguaje general los aspectos

sobre los cuales pareciera haber consenso en la explicación del fenómeno telúrico de México. Hemos de recordar que la Ciudad de México yace sobre una planicie de 7.300 pies, esta circundada por altas montañas de origen volcánico. La lluvia que corría de las pendientes suaves depositó capa tras capa de grava, arena y arcilla en la cuenca sobre la que posteriormente se construiría la ciudad. En la época de la Conquista de los Aztecas, por Cortés, la cuenca estaba parcialmente llena por un lago, que los españoles vaciaron para proporcionar un espacio mayor para la construcción. En los siguientes 400 años surgió la ciudad de México moderna, un centro urbano con más de 18 millones de personas. Gran parte de la ciudad se construyó sobre la tierra alta que rodea al lecho del antiguo lago, pero grandes cantidades del centro de la ciudad se construyó sobre las capas de sedimento que tenían un gran contenido de agua, a más de milla y media sobre el lecho de roca.

A unas 300 millas al occidente de la ciudad, 40 millas costa adentro y muy por debajo de la superficie del Océano Pacífico, una plancha de la corteza terrestre, llamada la Placa de Cocos se mueve en un promedio de tres pulgadas al año, pero con frecuencia se trava. Los sismólogos sospechan que el segmento de la placa que se encuentra en el límite entre los estados de Michoacán y Guerrero en el lugar en que el Río Balsas desemboca en el Océano Pacífico, no se había movido durante, probablemente un siglo.

El movimiento continuo del resto de la corteza terrestre había acumulado una presión enorme sobre la placa inmóvil. Con el tiempo algo tenía que zafarse, liberando décadas de energía acumulada, en la forma de un gran terremoto.

La ruptura empezó a las 17.17 de la mañana del 19 de setiembre. El epicentro se localizó a 30 millas sobre la costa del río Balsas. Veinte segundos más tarde la ruptura se registró a 60 millas al sur. Los sismólogos proporcionaron a las dos rupturas casi simultáneas un valor combinado de 8.1 en la escala de Richter, convirtiéndolo en uno de los terremotos más poderosos de la historia de México. En total la placa de Cocos avanzó entre tres y seis pies.

Durante los días subsiguientes ocurrieron docenas de rupturas más pequeñas a medida que la placa continuaba liberando energía. La más grande

llego 18 horas despues del primer temblor y registro 7.5 grados en la misma escala de Richter.

Dentro de las explicaciones que se dan para entender la mecanica de formacion de los terremotos se explica que "normalmente" un terremoto envia una serie de ondas que varian ampliamente en cuanto a su frecuencia e intensidad. Algunas ondas llegan a unos cuantos de cientos de segundo, otras a intervalos de una decima de segundo, existen otras que tienen intervalos aun mas largos. Los instrumentos localizados cerca del epicentro del terremoto registraron en Mexico, ondas similares, pero cuando las ondas llegaron a la ciudad de Mexico dos minutos mas tarde, las ondas de alta frecuencia habian sido filtradas por las 300 millas de terreno que tuvieron que recorrer. Lo que restaba era un tren fulminante de ondas sismicas de gran intensidad, cada onda llegaba cada dos segundos.

Por otro lado, por lo general, las ondas sismicas mas fuertes de un temblor solo duran unos cuantos segundos, probabemene 15 segundos como maximo, pero las ondas sismicas mas intensas registradas en el terremoto de la ciudad de Mexico duraron casi un minuto. Las ondas mas fuertes llegaron a la mitad de el y duraron casi 30 segundos. El Jefe del Instituto de Ingenieria de la Universidad Autonoma de Mexico Ing. Mario Esteva Maraboto explicaba "...entraban y entraban ondas...eran muy, muy, fuertes..."

En las colinas localizadas alrededor del antiguo lecho del lago se registraron pocos danos, lugar en el que los residentes sintieron el terremoto como una sacudida ritmica y no con un aspecto trepidatorio intenso. En la antigua cama del lago, el resultado fue enormemente distinto. Las ondas sismicas largas o inensas que llegaban a intervalos de dos segundos, las distintas densidades de las varias capas de sedimento y las características de dise;o de ciertos edificios se unieron en contra para crear resultados catastróficos como vamos a analizar mas adelante. Los científicos y los ingenieros creen que cuando las ondas sismicas que viajaron desde 20 millas bajo la linea de la costa del Pacifico llegaron al lecho del antiguo lago en el valle de Mexico, las muchas capas de grava, arena y arcilla produjeron un efecto impactante. Las ondas sismicas viajan a distintas velocidades en la grava, en la arena y en la arcilla. A pesar que no existen suficientes

datos para establecerlo e manera definitiva, existe la creencia general que debido a esto, las ondas del terremoto sufrieron transformaciones importantes a medida que rebotaban entre las distintas capas sedimentarias. A lo anterior se suma el fenomeno de reflejo de las ondas al chocar estas en los limites entre las diferentes capas o inclusive algunas pudieron viajar mas alla del lago y ser reflejadas por el macizo rocoso de los volcanes del Este del Valle. Estas ondas reflejadas chocaron con las entrantes, cancelandose unas, fenomeno que los fisicos denominan interferencia destructiva. Pero, es probable que otras ondas reflejadas se hayan unido con el tren de ondas, entrantes haciendolas sustancialmente mas fuertes, fenomeno llamado interferencia constructiva. Aun otro factor a los que los fisicos le han dado importancia es el que algunas partes del lecho mismo del lago debido a su constitucion unica, vibran naturalmente con un periodo de dos segundos.

2. EL COMPORTAMIENTO DE LOS EDIFICIOS.

La Carpeta Basica de Informacion sobre los sismos ocurridos en la ciudad de Mexico los dias 19 y 20 de setiembre de 1985 y producido por la Secretaria General de Obras del Gobierno Mexicano, nos ofrece los siguientes datos que creemos constituye informacion muy valiosa para la apreciacion de los diferentes aspectos del impacto que produjo el sismo en las edificaciones del Distrito Federal.

Los tipos de danos observados pueden clasificarse asi: 1) Colapso total o parcial de la construccion 2) Danos estructurales extremadamente graves 3) Danos severos y 4) Danos menores. En el primer caso - anota la Informacion del Ministerio de Obras- se incluye los derrumbes debidos a falla estructural, falla de cimentacion o a falla inducida por una construccion vecina. El segundo aquellos danos que han afectado a la estructura en un grado tal que aunque, quizas, fuese tecnicamente reparable razones de economia y de concepcion arquitectonica defectuosa lleven probablemente a la decision de su demolicion. El tercer caso se refiere a construcciones en que el dano en la estructura puede repararse mediante una reestructuracion mayor y el ultimo caso a danos estructurales locales y de poca cuantia y sobre todo a danos en elementos no estructurales.

El area incluida en la zona de alta densidad de colapsos y danos extremadamente severos es de aproximadamente 23 kilometros cuadrados, mientras que la de la segunda zona en que la densidad de estos tipos de danos es significativá, pero menor, se estima en 65 kilometros cuadrados. Al tratar de interpretar la informacion anterior hay que tomar en cuenta que la zonificacion se relaciona con el numero total de construcciones danadas y no toma en cuenta la cantidad y tipo de edificios existentes en la zona. La ausencia o menor densidad de danos en algunas partes de la ciudad puede deberse a que el numero de construcciones del tipo mas afectado por el sismo era reducido y no necesariamente a que la intensidad del fenomeno fuese menor.

Sigue diciendo la informacion oficial del Ministerio de Obras que existe una clara relacion entre la distribucion geografica del dano y el tipo de subsuelo. Asi el area danada se encuentra ubicada totalmente en la zona de terreno compresible de la cuenca del valle de Mexico. Fuera de esta zona solo se ha tenido noticias de danos leves, generalmente no estructurales, en algunos edificios altos. La zona de mas alta gravedad de dano se ubica en el poniente de dicha zona compresible donde la profundidad de la primera capa dura esta entre 26 y 32 m y la profundidad de la segunda capa dura entre 30 y 46 m. El hecho de que en las zonas en que la profundidad de los estratos compresibles es pequena o nula, las edficiaciones sufrieron danos mas leves puede asociarse totalmente con que la amplitud del movimiento fue menor debido a que el periodo de vibracion de estas capas amplificó en menor grado el movimiento transmitido por el terreno firme subyacente. El hecho de que el dano haya sido menor en las zonas en que los estratos son mas profundos se debe en parte a la misma razon, pero tambien es ocasionado por la menor densidad de edificios altos en esa parte de la ciudad.

El Ministerio de Obras comparo los danos producidos en los dos ultimos grandes sismos de la Ciudad de Mexico en relacion con la ubicacion de los de 1985 encontrandose interesantes conclusiones que el Ministerio senala en la carpeta que nos esta sirviendo como fuente de informacion. Vemos asi como los sismos a que nos estamos refiriendo los de 1957 y el de 1979 produjeron danos en una area que se superpone a los ocurridos en 1985. Sinembargo se aprecia ahora la zona de danos severos mas grande en forma

notable en relacion a la de los anos anteriores, extendiendose mas hacia el sur oriente, mientras que al Poniente sigue estando limitada por la frontera con la zona de transicion. La zona de danos mas severos en los sismos de 1985 muestra una coincidencia parcial con la de las anteriores.

CARACTERISTICAS DE LAS CONSTRUCCIONES DANADAS

: Para realizar una evaluacion preliminar del dano se definieron algunas características de las construcciones danadas que tuvieron cierta relevancia y que pudiera ser determinadas con un buen grado de confiabilidad aun en las edificaciones totalmente destruidas. Estas características fueron: el numero de niveles, el sistema estructural y la fecha de construcción.

En lo referente al numero de pisos, se observa que la mayor cantidad de fallas se concentra en las construcciones de entre 6 y 15 pisos. El numero de edificaciones colapsadas de cinco pisos o menos es relativamente bajo, si se considera que en este intervalo se encuentra la gran mayoría de las construcciones existentes. Tambien son muy pocas las edificaciones de mas de 15 pisos que han sufrido dano grave o colapso. Tambien conviene aclarar que fue comun el caso de danos graves que fueron total o parcialmente propiciados por construcciones vecinas que ya sea golpearon o se recargaron en el edificio o materialmente se derrumbaron encima de el. A esto se debe un numero significativo de los casos de dano en los edificios de cinco niveles o menos.

La concentracion de fallas en edificios de 6 a 15 pisos refleja el hecho de que en la zona de terreno compresible el movimiento del terreno tuvo periodos dominantes muy largos que afecto en forma mucho menor las estructuras relativamente rigidas, con periodos naturales cortos, como son en general las construcciones de pocos pisos. El dano se concentro en los edificios de mediana altura cuyo periodo se encuentra cercano al dominante del terreno y ademas se hace cada vez mas proximo a este, a medida que ocurren danos que reducen la rigidez de la construcción. Por otra parte los edificios de gran altura y muy flexibles tenian periodos naturales que excedian a los dominantes del terreno y fueron afectados en grado menor.

Una estimacion porcentual del dano severo, estructural grave, derrumbe o colapso en relacion con el no. de pisos es el siguiente:

Construcciones hasta de 2 pisos	2%
Construcciones entre 3 y 5 pisos	3%
Construcciones de 6 a 8 pisos	16%
Construcciones de 9 a 12 pisos	23%
Construcciones de mas de 12 pisos	22%
Total de construcciones danadas	3%

Estos datos confirman los comentarios anteriores con respecto a la concentracion de danos en edificios de mas de cinco pisos.

En lo que respecta a la edad de las edificaciones se eligieron tres categorias, correspondientes a los periodos de vigencia de distintos reglamentos de Construcciones de la Ciudad de Mexico. Antes de 1957 puede considerarse que no existia una reglamentacion racional relativa al diseno sismico, entre 1958 y 1976 estuvieron vigentes las normas de emergencia y el reglamento subsecuente que contenian requisitos detallados de diseno sismico. En esa ultima fecha entro en vigor el reglamento actual, que contiene modificaciones sustanciales.

La tercera caracteristica analizada es el Sistema estructural. En forma gruesa se distinguieron estructuras de concreto a base de columna y traversas que forman marcos en dos direcciones, estructuras de columnas y losa reticular de concreto, estructuras de columnas de acero y vigas de perfiles laminados o de alma abierta de acero, y estructuras a base de muros de carga de mamposteria. La subdivision es muy burda -dice el Ministerio de Obras- y debe aclararse que las estructuras de las primeras tres categorias tenian en general abundancia de muros de mamposteria de diferentes calidades y que estos contribuyeron significativamente a su rigidez. No fue posible identificar una categoria de construcciones con estructura de marcos rigizados por muros de concreto. El numero de edificios danados con estas caracteristicas fue pequeno, pero tambien es notorio que pocos de los edificios existentes en las zonas afectadas tenian muros de concreto; ademas la identificacion de posible

existencia de estos muros desde el exterior era difícil.

La estadística relativa al sistema estructural revela principalmente la muy baja incidencia de fallas en construcciones a base de muros de mampostería, que son ciertamente las construcciones más abundantes, pero que por su baja altura y su rigidez caen dentro de un intervalo de periodos de vibración para el cual los efectos del movimiento del terreno en la zona compresible fueron menores. Con respecto a los otros tres sistemas estructurales es difícil extraer una conclusión. Probablemente la incidencia relativa de fallas en cada caso refleja la proporción de edificios que había construido con dicho sistema dentro del intervalo de número de pisos que resultó más afectado por el sismo (de 6 a 15 pisos). Así la mayoría de las fallas en estructuras de acero corresponden a construcciones bajas y antiguas que en general no constituían marcos propiamente dichos. La mayoría de los daños en edificios de losa reticular se presenta en años más recientes y para alturas intermedias, reflejando la mayor popularidad de este sistema en dichos casos.

TIPOS DE FALLAS ESTRUCTURALES.- La razón de la falla de un gran número de edificios es en primer término la excepcional intensidad que el sismo alcanzó en una zona de la ciudad donde los movimientos del terreno fueron amplificados en forma extraordinaria por las características de vibración de los estratos de terreno blando que componen el subsuelo de la ciudad, las que los hacía particularmente sensibles a los periodos dominantes del movimiento transmitido por el terreno firme subyacente.

El movimiento del suelo en esa zona fue caracterizado por la repetición de un número elevado de ciclos de gran amplitud y con frecuencias cercanas a los dos segundos.

Las construcciones que tenían periodo de vibración no muy inferior a dos segundos respondieron con vibraciones elevadas que introdujeron en ellas fuerzas de inercia de gran consideración y que muchos casos provocaron daños que, al reducir la rigidez de la estructura, aumentaron su periodo natural y provocaron que se vieran sujetas a sollicitaciones cada vez más elevadas y que en ocasiones las llevaran a la falla.

La evidencia de los registros instrumentales disponibles indica que las construcciones en una zona de la ciudad se vieron sometidas a solicitaciones superiores a las especificadas en el reglamento de construcciones vigente hasta la fecha.

Hay una serie de características estructurales que contribuyen a hacer mas severos los efectos del sismo y que dieron lugar a algunos modos de falla prevalecientes.

a) Comportamiento fragil por falla de columnas. En la gran mayoria de fallas de edificios a base de marcos, el colapso fue originado por la falla de los extremos de las columnas por flexocompresion o por cortante o por una combinacion de ambos efectos. El estado de las vigas, o losas reticulares, hace pensar que no hubo fluencia del refuerzo en estos elementos y que, por lo tanto, no se pudo desarrollar el comportamiento ductil que se requiere para que sean validos los factores de reduccion que por este concepto permite adoptar el reglamento actual. El modo de falla mas comun puede identificarse como la perdida de capacidad de carga vertical del edificio debido al progresivo deterioro del concreto de las columnas por la repeticion de un elevado numero de ciclos de carga laterales que excedieron su resistencia en flexocompresion o en cortante. Lo anterior fue propiciado en diversos casos por la escasez de refuerzo transversal y la excesiva separacion entre el refuerzo longitudinal de la columna, lo que dio lugar al doblar de las barras de refuerzo y a un confinamiento muy pobre del concreto contenido en el nucleo de la columna.

b) Efecto de muros divisorios de mamposteria: Como se ha dicho, la casi totalidad de los edificios de varios pisos en la zona afectada poseian una alta densidad de muros de mamposteria que en la mayoria de los casos se suponía debían tener una funcion solamente de elementos divisorios y no estructurales, mientras que en otros estaban considerados para tener una funcion estructural y estaban reforzados y colocados para que cumplieran con dicho proposito. Se considera que la presencia de dichos muros fue en la mayoria de los casos beneficiosa y evito el colapso de un gran numero de edificios en la zona afectada. Esto ocurrio cuando dichos muros estaban colocados en forma simetrica y regular en todos los pisos. Estos muros absorbieron una porcion mayoritaria de

las cargas laterales debidas al sismo y protegieron a las columnas de su posible falla; aun cuando esto dio lugar en muchos casos a un agrietamiento diagonal de los muros mismos. En otros casos la presencia de los muros de mamposteria contribuyo en forma significativa a la falla, en situaciones como las siguientes:

b1) Distribucion asimetrica en planta Es notable el numero de edificios de esquina que fallaron y que tenian muros de mamposteria en los dos lados de colindancia, y fachadas muy abiertas en los dos restantes. La torsion que provoco esta situacion incremento en forma significativa las fuerzas que se ocasionaron en las columnas de los ejes de fachada y que contribuyeron a ocasionar la falla.

b2) Primer piso flexible. Se suele denominar asi el caso en que en los pisos superiores existe una estructura con mucho mayor resistencia y rigidez a cargas laterales que en el primer entrepiso. Esta situacion se da en una gran cantidad de edificios en que hay abundancia de muros divisorios en los pisos superiores, mientras que las plantas bajas son libres para estacionamiento en los edificios de vivienda o para vestibulos y salones en los hoteles. Esto ocasiona una gran demanda de disipacion de energia concentrada en el primer entrepiso y propicia la falla de las columnas. Este modo de falla fue muy frecuente y en muchos casos asociado al caso anterior.

b3) Asimetrias causadas por la destruccion de muros. En diversos casos se observo que ciertos muros de material debil o mal anclado se destruyeron totalmente por falla por flexion normal a su plano o por cortante; esto hizo que se perdiera la contribucion a la resistencia a cargas laterales de muros que eran vitales para mantener la simetria, lo que incremento notablemente las fuerzas sobre las columnas.

c) Danos previos por Sismos. Era conocido que cierto numero de los edificios fallados habian tenido danos en sismos anteriores, y que en diversos casos no habian sido reparados o lo habian sido en forma insuficiente.

d) Columnas cortas: Se identifica con este termino el caso en que las columnas de algunos ejes se encuentran restringidas a su deformacion lateral por muros de mamposteria o por pretilas de fachadas. Esta situacion las hace mucho mas rigidas que las de los otros ejes por lo que absorben una fraccion mayoritaria de las fuerzas laterales para lo cual no estan

generalmente diseñadas, dando lugar a una falla fragil generalmene por cortante. Esta característica se aprecio al menos en media docena de edificios.

e) Choque entre edificios adyacentes. Se ha ya mencionado este hecho que ocasiono en muchos casos danos locales, pero en otros llego a provocar el colapso de entrepisos enteros. Se esima que estos choques son responsables de cierto numero de casos observados de fallas de edificios en sus pisos superiores. En otros este tipo de falla puede achacarse a reducciones bruscas en la resistencia y rigidez de la estructura en dichos niveles, o a la influencia de modos superiores de vibracion.

f) Sobrecarga excesiva de la construccion. Aunque no puede tomarse como la sola causa de la falla, debe haber tenido una contribucion significativa el hecho de que algunos edificios de varios pisos eran empleados como almacenes de mercancia o como archivo en sus pisos superiores, ocasionando que la masa fuera mayor que la prevista en el diseño.

g) Efecto P-A. Esta denominacion corresponde a los momentos adicionales que las cargas verticales introducen en una estructura cuando esta sufre desplazamientos laterales elevados. No existe evidencia clara al respecto hasta el momento, pero el hecho de que algunos edificios hayan fallado desplazandose lateralmente hace sospechar que los momentos flexionantes en las columnas de sus pisos inferiores se hayan visto incrementados por este efecto.

h) Punzonamiento de losas reticulares. Se han detectado al menos cuatro casos en que el estado de la estructura indica que los esfuerzos cortantes provocados por la suma de los efectos de cargas verticales y del sismo en la periferia de la columna, provocaron la falla por cortante en la losa. En algunos de estos casos es probable que no existiese en la losa una zona de concreto macizo alrededor de la columna.

6. FALLAS DE CIMENTACION.

Este tipo de falla como origen del colapso de una estructura fue raro, pero ocurrio. Se presento en algunos edificios esbeltos con momento de volteo alto, cimentados por contacto o con pilotes de friccion.

Tambien hubo casos, quizas mas frecuentes pero dificiles de precisar, en que la falla incipiente de cimentaciones de los tipos anteriores se presento,

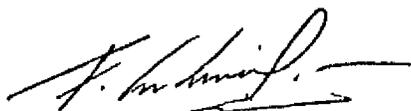
pero esta no fue la determinante del colapso del edificio.

Tambien es concebible en ciertos casos, pero no puede determinarse con certeza, la ocurrencia de efecto p-d en columnas de planta baja por falla inicial incipiente de la cimentacion seguida de doblez, sobre todo en edificios de esbeltez moderada cuya planta baja tenia elementos de carga constituidos solo por columnas. Esta solucion arquitectonica es usual en edificios de departamentos con estacionamiento en planta baja. Tampoco puede descartarse la posibilidad de que cierto numero de edificios hayan colapsado por haber sufrido reduccion de su capacidad estructural a causa de hundimientos diferenciales excesivos antes del sismo. Estos podrian, a su vez subdividirse en dos grupos segun la causa del hundimiento excesivo: carga de la propia estructura o asentamiento regional del Valle. El segundo grupo ocurriria principalmente en sitios de la ciudad con subsuelo muy irregular en estratigrafia o historia de carga, o en casos de edificaciones contiguas con tipo de cimentacion diferente (pilotes vs cimentaciones de contacto, o cimentacion sobrecompensada vs otra con sobrecarga neta). Por otra parte ocurrio, en ciertos casos clasificados en la categoria de danos severos reparables, que la falla incipiente de cimentacion fue le modo de dano dominante. Los tipos de cimentacion involucrados son los mismos que arriba se senalaron y el dano consistio en inclinacion del edificio si este es esbelto o en su hundimiento casi uniforme si no lo es.

Sistematicamene se observa en estos casos que antes del sismo el edificio tenia ya hundimientos excesivos, lo que denota que el fenomeno ocurre solo si la capacidad de carga marginal de la cimentacion es inferior a cierto valor limite. Habra que determinar dicho valor mediante un analisis de casos.

Tambien sera importante determinar de la misma manera en que medida se redujo la capacidad de carga de pilotes de friccion sometidos a carga ciclica.

Otros aspectos a investigarse en detalle del comportamiento de cimentaciones piloteadas es la falla estructural de los pilotes en una seccion proxima a su conexion con la estructura de cimentacion o en secciones en donde el perfil estratigrafico tiene cambios bruscos de rigidez.



Dr. Fernando Urbina Salazar

COORDINADOR.