

72  
/ eg



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

RECONSTRUCCION DE  
ESCUELAS POR DAÑOS  
OCASIONADOS POR LOS  
SISMOS DEL 19 Y 20 DE  
SEPTIEMBRE DE 1985 EN  
LA CIUDAD DE MEXICO.

T E S I S

Que para obtener el título de:

**INGENIERO CIVIL**

P r e s e n t a :

Miguel Angel Fuentes Orrala



## **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.

# I N D I C E

## INTRODUCCION

- I. MARCO TEORICO
  
- II. TIPOS DE ESTRUCTURAS EN ESCUELAS DE LA CIUDAD DE MEXICO.
  
- III. DAÑOS OCASIONADOS POR LOS SISMOS DEL 19 Y 20 DE SEPTIEMBRE DE 1985 A LAS ESTRUCTURAS DE ESCUELAS DE LA CIUDAD DE MEXICO.
  
- IV. PROCEDIMIENTOS DE RECONSTRUCCION.
  
- V. ANALISIS ECONOMICO.
  
- VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

## INTRODUCCION

En esta parte sólo se describe el contenido de cada uno de los capítulos de que consta el presente estudio. Iniciando con los objetivos a alcanzar, se tiene:

- a) Describir en forma general el panorama de daños a estructuras de edificios de escuelas más comunes, que se presentaron a raíz de los movimientos telúricos del 19 y 20 de septiembre de 1985, en la Ciudad de México.
- b) Describir los procedimientos de reconstrucción de estructuras para los diferentes tipos de daños.

- c) Realizar de acuerdo a la problemática que se vive en el país, un análisis económico de todas las alternativas de reconstrucción.
- d) Dar algunas alternativas de solución para aquellas estructuras que quedaron sentidas con los sismos y que pueden desplomarse con la presencia de otro sismo similar o de mayor magnitud.

En el capítulo uno, se describe el origen de los sismos, magnitudes de los que se presentaron el 19 y 20 de septiembre de 1985, además un poco de estadística de sismos presentados en la Ciudad de México.

En el capítulo dos, se describen algunos tipos de estructuras de escuelas existentes en el Valle de México.

En el capítulo tres, se mencionan algunos tipos de daños a las estructuras de escuelas, que van desde pequeños agrietamientos hasta el colapso de las estructuras o daños muy severos.

En el siguiente capítulo, se describen los procedimientos de reconstrucción de cada tipo de daño.

En el capítulo cinco, se analiza el costo de todos los tipos de daños que son de menores a mayores.

Al final del estudio se concluye y se recomiendan algunas soluciones preventivas, para aquellas estructuras que quedaron en pie, un poco sentidas por los sismos y que pueden desplomarse o llegar a tener fuertes daños estructurales, ante la presencia de otro u otros movimientos telúricos de la magnitud e intensidad de los sismos del 19 y 20 de septiembre de 1985, que ponen en peligro la vida de la población que utiliza los inmuebles para realizar sus actividades cotidianas.

## I. MARCO TEORICO.

En este marco teórico se describe el origen de los movimientos telúricos, que son causa para que una estructura de concreto, metálica, de elementos prefabricados o mixta, llegue al colapso y desplome de la misma. Se menciona también la estadística de la presencia de movimientos telúricos en la República Mexicana.

Los sismos son movimientos de la corteza terrestre o sacudida de la tierra producidos por causas internas. La tierra tiene en su constitución, regiones aproximadamente concéntricas, cuya región más externa, llamada litósfera, tiene un espesor de aproximadamente 100 Kms. La litósfera, no es continua sino que está dividida en varias regiones o placas tectónicas que se mueven en direcciones diferentes. El movimiento de las placas es de algunos centímetros por año..



Cuando una placa queda debajo de otra contigua, se forma lo que se conoce como subducción. El movimiento de una placa bajo la otra, no es continuo, pues la fricción entre ambas evita que este desplazamiento sea un proceso continuo. Se va acumulando así, un esfuerzo hasta que alcanza un límite en que es mayor que la fuerza de fricción, entre las placas y se produce un deslizamiento súbito que produce las ondas sísmicas o vibraciones del terreno que constituyen el temblor o terremoto. Este mecanismo se da entre placas que tienen un movimiento relativo o perpendicular entre sí.

El origen de los movimientos de placa aún no se determinan, sólo se tienen hipótesis que se deben a lentas corrientes de convección que afectarían al interior de la tierra y también a su corteza externa.

Cada celda de convección arrastraría un segmento de la superficie, de ahí que diferentes placas tengan movimientos a veces encontrados.

Los temblores pueden tener entre otros, un origen tectónico o volcánico. Según las teorías más razonables, los temblores tectónicos se deben a una acumulación de energía de deformación en los grandes bloques del interior de la corteza terrestre, provocada por distintas causas, tales como contracción térmica, desplazamientos, etc.

Cuando esta acumulación de esfuerzos alcanza intensidades grandes, se producen deslizamientos a lo largo de fracturas preexistentes.

La corteza terrestre falla y los grandes bloques se acomodan hasta aliviar los esfuerzos y deformaciones que existían.

En este proceso, se desarrollan ondas que se propagan en distintas direcciones, algunas a grandes distancias, dependiendo de la energía disipada. La acumulación de energía puede ser un proceso lento y puede existir un largo período que terminará abruptamente cuando se alcance un estado crítico de esfuerzos, que provocará el movimiento telúrico.

Un sismo no libera energía en un punto determinado, que es la consecuencia de un sismo, sino más bien a lo largo de una falla geológica en una zona más o menos extensa. Generalmente se origina a profundidades de 10 a 50 Km. de la superficie, aunque algunos se han originado a una profundidad de 600 Km. El punto o zona donde se origina el sismo recibe el nombre de foco y el punto sobre la superficie terrestre directamente encima del foco se designa por epicentro. Por la misma explicación que se ha citado, se entiende que los macrosismos o temblores de gran magnitud necesitarán de un lapso mayor de tiempo para producirse, ya que requieren de una acumulación mayor de energía.

También, se entiende que en los lugares en que existen fallas geológicas, la frecuencia de sismos será mayor.

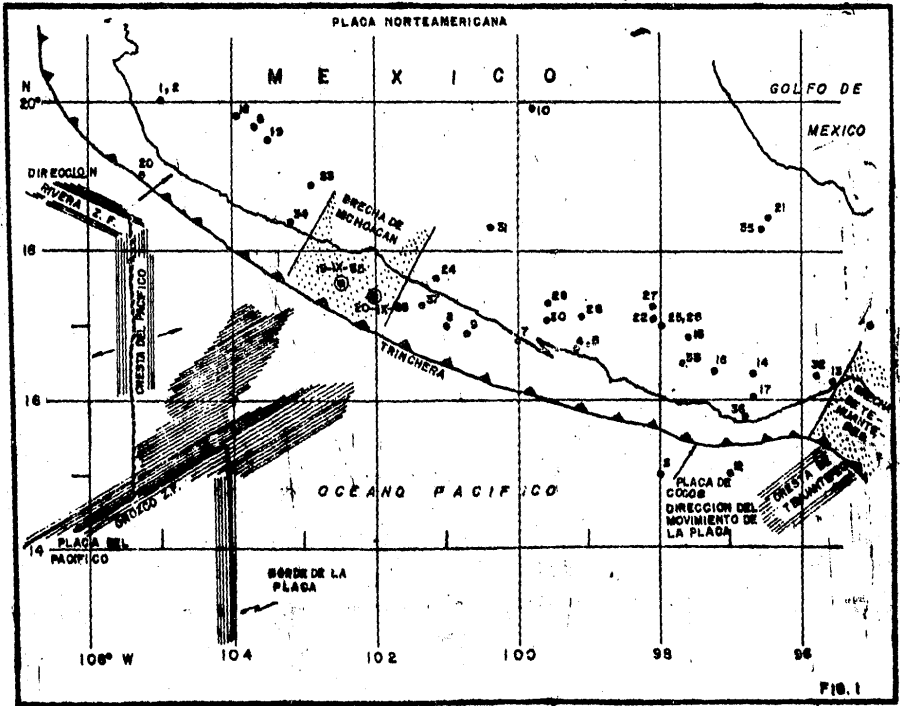
Las erupciones volcánicas pueden producir temblores, sin embargo, la energía liberada es menor que en el caso de los de origen tectónico.

En México, son raros los temblores de origen volcánico, pero es un país altamente sísmico, debido a que su costa del Pacífico está en el borde de subducción. En esta región, la placa tectónica de Norteamérica, se mueve sobre la placa de Cocos. En la fig. 1, se indican los epicentros de algunos sismos grandes en la República Mexicana y la dirección relativa de las placas.

La velocidad relativa de la placa de Cocos con respecto a la placa de América del Norte, es de unos 6.4 cm. por año.

En la fig. 1, se muestra como la placa de Cocos se introduce bajo la Norteamericana, a lo largo de la línea dentada que está marcada por una hondonada en la topografía del fondo oceánico llamada trinchera.

EVENTO	FECHA	EPICENTROS		MAGNITUD
		LONG. N.	LAT. W.	
1.	20-ENE-1900	20.0	105.0'	7.9 <sup>3</sup>
2.	16-MAY-1900	20.0	105.0'	7.4 <sup>3</sup>
3.	14-ENE-1903	15.0	98.0'	8.1 <sup>3</sup>
4.	15-ABR-1907	16.7	99.2 <sup>3</sup>	8.0 <sup>4</sup>
5.	26-MAR-1908	16.7	99.2 <sup>3</sup>	8.1 <sup>1</sup>
6.	27-MAR-1908	17.0	101.0'	7.5 <sup>1</sup>
7.	30-JUL-1909	16.8	99.9 <sup>3</sup>	7.4 <sup>4</sup>
8.	07-JUN-1911	19.7	103.7 <sup>3,3</sup>	7.7 <sup>4</sup>
9.	16-DIC-1911	16.9	100.7 <sup>3</sup>	7.5 <sup>6</sup>
10.	19-NOV-1912	19.0	99.8 <sup>3</sup>	7.0 <sup>1</sup>
11.	02-JUN-1916	17.5	95.0'	7.1 <sup>1</sup>
12.	29-DIC-1917	15.0	97.0 <sup>1</sup>	7.7 <sup>1</sup>
13.	22-MAR-1928	16.23	95.45 <sup>1</sup>	7.5 <sup>1</sup>
14.	17-JUN-1928	16.33	96.70 <sup>1</sup>	7.8 <sup>4</sup>
15.	04-AGO-1928	16.83	97.61 <sup>3</sup>	7.4 <sup>1</sup>
16.	09-OCT-1928	16.34	97.29 <sup>7</sup>	7.6 <sup>1</sup>
17.	15-ENE-1931	16.10	96.64 <sup>1</sup>	7.8 <sup>4</sup>
18.	03-JUN-1932	19.84	103.99 <sup>1</sup>	8.2 <sup>4</sup>
19.	18-JUN-1932	19.5	103.5 <sup>1</sup>	7.8 <sup>4</sup>
20.	30-NOV-1934	19.00	105.31 <sup>1</sup>	7.0 <sup>1</sup>
21.	26-JUL-1937	18.45	96.44 <sup>3</sup>	7.3 <sup>1</sup>
22.	23-DIC-1937	17.10	98.07 <sup>1</sup>	7.5 <sup>1</sup>
23.	15-ABR-1941	18.85	102.94 <sup>1</sup>	7.7 <sup>1</sup>
24.	22-FEB-1943	17.62	101.15 <sup>7</sup>	7.5 <sup>1</sup>
25.	06-ENE-1948	17.0	98.0'	7.0 <sup>1</sup>
26.	06-ENE-1948	17.0	98.0'	7.0 <sup>1</sup>
27.	14-DIC-1950	17.22	98.12 <sup>1</sup>	7.3 <sup>1</sup>
28.	28-JUL-1957	17.11	99.10 <sup>7</sup>	7.5 <sup>4</sup>
29.	11-MAY-1962	17.25	99.58 <sup>1</sup>	7.0 <sup>1</sup>
30.	19-MAY-1962	17.12	99.57 <sup>7</sup>	7.2 <sup>1</sup>
31.	06-JUL-1964	18.3	100.4 <sup>1</sup>	7.4 <sup>1</sup>
32.	23-AGO-1965	16.3	95.8 <sup>10</sup>	7.6 <sup>4</sup>
33.	02-AGO-1968	16.6	97.7 <sup>10</sup>	7.4 <sup>10,11</sup>
34.	30-ENE-1973	18.39	103.21 <sup>10,11</sup>	7.5 <sup>10</sup>
35.	28-AGO-1973	18.30	96.54 <sup>8</sup>	7.1 <sup>10,12</sup>
36.	29-NOV-1978	15.77	96.80 <sup>15</sup>	7.8 <sup>10</sup>
37.	14-MAR-1979	17.31	101.36 <sup>16</sup>	7.6 <sup>10</sup>
38.	19-SEP-1985	17.6	102.5	8.1
39.	20-SEP-1985	17.4	102.0	7.3



El movimiento producido por un temblor origina ondas de cuerpo y ondas de superficie. Las ondas de cuerpo, pueden ser a su vez longitudinales y transversales. Las ondas longitudinales, también designadas como ondas "P" (primarias), son las más rápidas, ya que son las que primero se registran en los sismógrafos. Estas ondas de esfuerzo se producen por el movimiento de partículas en el sentido de propagación de la onda, provocando esfuerzos normales en la roca. Las ondas transversales, también llamadas ondas "S" (secundarias), son más lentas y ocasionan vibraciones en un plano normal a su dirección de propagación, originan oscilaciones y distorsiones, sin cambio de volumen, en las partículas que se encuentran en su trayectoria. Se denominan también de cortante para distinguirlas de las primeras o de compresión.



Debido a las distintas capas del subsuelo, tanto las ondas "P", como las "S", se reflejan o refractan produciendo a su vez ondas de los dos tipos. Una partícula que se encuentre en el camino de una onda transversal, puede oscilar en cualquier dirección en el plano normal al avance de la onda.

Aunque son más lentas que las ondas "P", pueden transmitir más energía, por lo que son las que pueden producir mayor daño a las estructuras.

Existen otros tipos de ondas, pero las más importantes son las citadas.

Cuando las ondas de cuerpo llegan a la superficie, se reflejan y provocan las llamadas ondas de superficie. La velocidad con que se transmiten las ondas a través de la corteza terrestre, depende de las propiedades mecánicas del medio.

Todo sismo está asociado con un gran desprendimiento de energía a lo largo de una superficie de falla. Esta energía bajo la forma de ondas sísmicas, afecta grandes zonas de la superficie terrestre en la que se producen movimientos del suelo. Es importante poder describir en forma cuantitativa el tamaño o magnitud de un temblor.

La magnitud de un sismo se mide por la cantidad de energía cinética liberada por el disparo sísmico. Se mide por medio de la máxima amplitud, expresada en milésimas de milímetros en que las ondas se registrarían en sismómetros standar especialmente diseñados para este objeto, situados en una distancia epifocal de 100 Km. Se han desarrollado factores de conversión que permiten calcular magnitudes cuando la distancia entre el instrumento y el epifoco difiere de 100 Km.

Cuando se tienen registros instrumentales del movimiento del terreno, se puede describir la severidad de un sismo por los efectos en las construcciones que existen en la zona.

Así se define la intensidad de un sismo.

La intensidad de un temblor es la medida de la potencia destructiva de un sismo en un lugar dado. Varía con la distancia al foco, características geológicas de la zona, propiedades mecánicas del suelo y nivel de aguas freáticas, entre otras.

Se han propuesto distintas escalas sísmicas con objeto de medir la intensidad de los temblores. La más usual es la escala de Mercali Modificada (MM), que tiene doce divisiones. Puesto que los grados de intensidad en esta escala no se establecen de manera absoluta, sino con relación al comportamiento de las estructuras, las intensidades que se asignan de acuerdo con ella, se ven también influidas por el tipo y calidad de construcción en el lugar.

Describiendo la escala de intensidad sísmica Mercali Modificada (MM) se tiene:

- I. INSTRUMENTAL                      Se observará únicamente mediante instrumentos especiales.
- II. MUY LIGERO                        Se siente solamente por personas que se encuentran en reposo absoluto. Los objetos suspendidos oscilan ligeramente.
- III. LIGERO                            Sentido por muchas personas, especialmente en los pisos altos de los edificios. Se sienten vibraciones semejantes a las de un camión. Puede estimarse la duración.

IV. MEDIO FUERTE

Sentido por muchas personas en el interior de los edificios y por algunas personas en el exterior. No causa pánico.

V. FUERTE

Se siente en las habitaciones por todos y por muchos en el exterior de los edificios. Se rompen algunos vidrios y aparecen grietas en algunos recubrimientos.

VI. MUY FUERTE

Se siente por todos. Produce daños ligeros en edificios pobremente contruidos.

VII. MUY VIOLENTO

Daños insignificantes en edificios bien diseñados y construidos. Daños moderados en edificios ordinarios bien construidos. Daños considerables en edificios pobremente construidos o mal diseñados.

VIII. RUINOSO

Daño ligero en estructuras construidas especialmente para soportar sismos. Daños considerables en edificios ordinarios. Tableros muros y recubrimiento, pueden ser expulsados de estructuras reticulares.

IX. DESASTROSO

Considerable daño en estructuras especialmente construidas para soportar temblores. Estructuras bien diseñadas se inclinan por daños en la cimentación.

La tierra se agrieta notablemente. Desplazamiento de vías férreas y caminos.

X. CATASTROFICO

Destruídas muchas estructuras especialmente diseñadas. Grandes grietas en la tierra y desplazamientos de montañas. Edificios destruidos incluyendo sus cimentaciones.

XI. CATASTROFICO

Pocas estructuras o ninguna permanece en pie.

XII, CATASTROFICO

Destrucción completa.

El terremoto del 19 de septiembre de 1985, ocurrió a las 07:17:48.5 horas, localizado por el Servicio Sismológico Nacional, teniendo como coordenadas epicentrales a 17.6 N. Y 102.5 W., en el Océano Pacífico frente a la desembocadura del Río Balsas. Este sismo originó un maremoto, que es el primero que se haya observado y registrado científicamente en México. Se generó una ola en Lázaro Cárdenas, que alcanzó una altura de dos metros y centímetros. En la escala de Richter tuvo una magnitud de 8.1, que es el valor más significativo puesto que se refiere a la energía contenida en las ondas de período largo del espectro.

El sismo se inició en forma leve (intensidad II a III) gradualmente se incrementó a un movimiento oscilatorio casi monocromático, con períodos del orden de 2 segundos, que duró más de dos minutos.



En algunas zonas se observaron deformaciones de pavimento, que sugieren la presencia de ondas estacionarias con amplitudes de hasta 30 cm.

Las zonas más afectadas se sitúan en el centro del Valle de México. En las zonas alledañas al centro fueron menos afectadas.

Las intensidades localizadas en otras ciudades de la República Mexicana, fueron las siguientes: En Lázaro Cárdenas, Mich., la intensidad fue de VIII, en la escala de Richter; En Playa Azul, Mich., la intensidad fue de IX; En Zihuatanejo, Gro. de VII; En Ixtapa, Gro. de VII; En Acapulco, Gro. fue de VI; En Manzanillo, Col.; fue de VI; en Ciudad Guzmán, Jal. fue de VIII, entre otras.

De acuerdo a las intensidades mencionadas, las ciudades más afectadas fueron: Playa Azul, Lázaro Cárdenas, Ciudad Guzmán y México, D.F., En Zihuatanejo, Ixtapa y Acapulco, Gro. además, Manzanillo, Col. resultaron menos dañadas con respecto a las otras ciudades citadas.

El sismo del 19 de septiembre de 1985, se produjo como resultado del movimiento relativo de la placa tectónica de Cocos con respecto a la de Norteamérica. Su epicentro, se ubicó, en una zona de quietud, que había acumulado una cantidad de energía considerable. Esta zona continuó liberando energía a través de réplicas de las cuales la más importante fue la que ocurrió el 20 de septiembre y que causó gran alarma, pero pocos daños materiales, todos ellos asociados a construcciones falladas previamente como consecuencia del sismo del 19.

El sismo del día 20 de septiembre, ocurrió a las 19:38 horas, con una magnitud de 7.3 en la escala de Richter, teniendo como coordenadas epicentrales de 17.4 latitud norte y 102.0 longitud oeste. En México, D. F. se sintió con una intensidad de VI de la escala de Richter. Causó daños materiales sobre construcciones falladas previamente por efecto del primer sismo.

De acuerdo a la estadística que se tiene, el primer registro de temblor en un instrumento adecuado para movimientos intensos en la República Mexicana se obtuvo en 1959. Desde entonces, se han registrado todos los temblores significativos que han afectado la Ciudad de México. En 1957 sólo se disponía de los instrumentos con mecanismos de reloj, para medición de desplazamiento relativo entre pisos consecutivos de la Torre Latino Americana. A partir de lo registrado por estos dispositivos y de las características dinámicas de la Torre, se calculó la aceleración máxima, que debió de haber experimentado la base de la estructura. Se llegó a una aceleración horizontal de 6 % de la gravedad.

En todos los temblores registrados, a excepción del 19 de septiembre de 1985, la máxima aceleración registrada en cualquier tipo de terreno de la Ciudad de México ha sido de 6 % de la gravedad.

De sismos anteriores a 1957, ocurridos durante el presente siglo, solamente los de 1911 (El Temblor de Madero) y el de 1941 (El de Jalisco), pudieron haber tenido intensidades comparables al del 19 de septiembre de 1985. El de Jalisco de 1932, tuvo una magnitud de 8.1 pero la intensidad en la capital fue menor; sólo el de 1911, fue comparable al del 19 de septiembre en intensidad.

Con respecto a los daños ocasionados en el temblor del año 1911, no son comparables con los daños ocurridos por el del 19 de septiembre, ya que éstos últimos, fueron mayores.

Los tipos de daños observados en los sismos del 19 y 20 de septiembre de 1985 pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- a) Colapso total o parcial de estructuras.
- b) Daños estructurales muy severos.
- c) Daños estructurales severos.
- d) Daños menores.

Los daños ocurridos en estructuras de escuelas fueron de todos los tipos antes mencionados, en los siguientes capítulos, se describen algunos tipos de daños y procedimientos de reconstrucción, así como el análisis económico de los mismos.

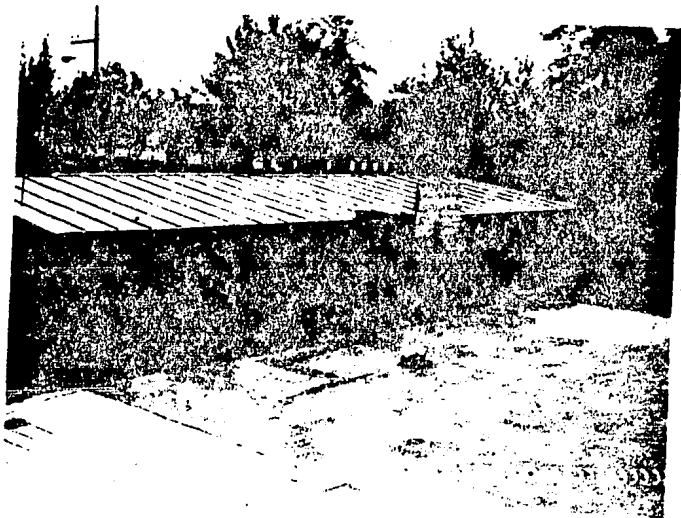
## II. TIPOS DE ESTRUCTURAS EN ESCUELAS DE LA CIUDAD DE MEXICO.

En la Ciudad de México, existen diferentes tipos de estructuras en escuelas, de las cuales son algunas de concreto reforzado, otras metálicas, de concreto preesforzado y mixtas que tienen de uno a cinco niveles. Describiendo algunas de ellas, se tienen las siguientes:

Estructuras de un nivel, que pueden ser de concreto reforzado, metálicas, de concreto preesforzado y mixtas.

Las estructuras de concreto reforzado son con:

- \* Losa de Concreto reforzado.
- \* Trabes de concreto reforzado.
- \* Castillos o columnas de concreto reforzado.
- \* Muros de block o tabique macizo.
- \* Cimentación de mampostería con contratraves y trabes de liga o con zapatas aisladas.



ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO EN UN NIVEL



Las estructuras metálicas son con:

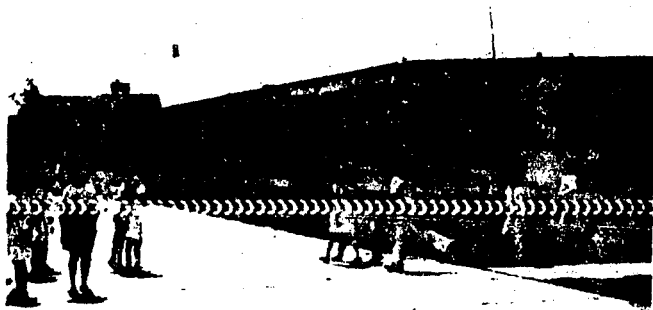
- \* Losa de Multipanel.
- \* Trabes y columnas de estructura metálica.
- \* Muros de block hueco o muros de piezas macizas.
- \* Cimentación con dados de concreto y zapatas aisladas y también mampostería de piedra.

Las estructuras de concreto preesforzado son con:

- \* Vigas "T" y doble "T".
- \* Trabes de concreto reforzado, en las cuales se apoyan las vigas "T" y doble "T".
- \* Columnas de concreto reforzado.
- \* Cimentación a base de dados y zapatas aisladas.
- \* Muros de block hueco o de piezas macizas.

Las estructuras consideradas mixtas, se pueden considerar como las estructuras metálicas o de concreto preesforzado, ya que las dos contienen en sus diferentes elementos estructurales, dos tipos de materiales en su estructura.





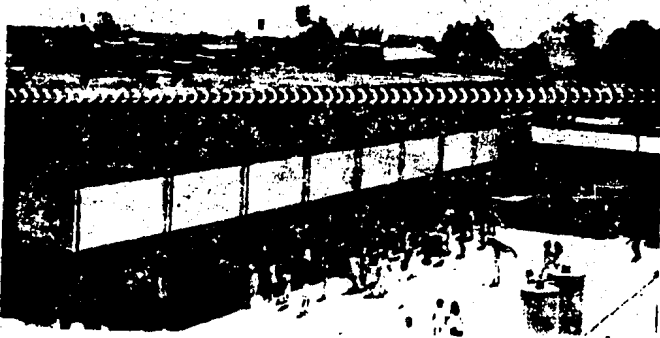
ESTRUCTURA METALICA DE UN NIVEL

Estructuras de dos niveles, que al igual de las estructuras de un nivel, éstas pueden ser: de concreto reforzado, metálicas, de concreto preesforzado y mixtas.

Las primeras, que son de concreto reforzado, contienen en su estructura lo siguiente:

- \* Losa de entrepiso y azotea de concreto reforzado.
- \* Traveses y columnas de concreto reforzado.
- \* Muros de piezas macizas, considerados como muros de carga y muros de relleno o divisorios de piezas huecas, para aliviar la carga muerta de la estructura.
- \* Cimentación de concreto reforzado (zapatas corridas con traveses de liga).

Dentro de esta clasificación de estructuras de concreto reforzado, existen las estructuras que contienen losas planas o reticulares, con traveses y columnas de concreto reforzado y muros de relleno, además, con la misma cimentación.



ESTRUTURA DE CONCRETO DE  
DOS NIVEIS

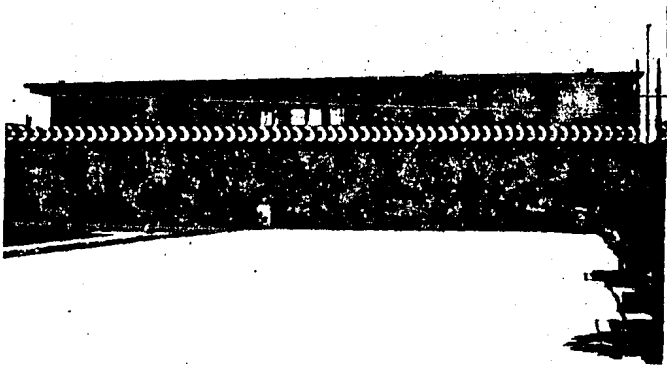
Las estructuras de dos niveles metálicas, son prácticamente iguales a las estructuras de un nivel; las de dos niveles contienen lo siguiente:

- \* Losa de multipanel o de lámina ROMSA.
- \* Trabes y columnas de estructura metálica.
- \* Muros de block hueco.
- \* Cimentación con dados de concreto y zapatas aisladas.

Con respecto a las de un nivel, lo único que varía, son las dimensiones en los elementos estructurales y en la cimentación.

Las estructuras de dos niveles de concreto pretensado, también al igual que las de un nivel, varían en dimensiones, pero prácticamente, en su estructura contienen los mismos materiales.

Las mixtas se consideran al igual que en las de un nivel, de las combinaciones que se pueden realizar con estructuras metálicas, de concreto reforzado y concreto pretensado, lo que cambia en las distintas combinaciones es el anclaje para cada una de ellas.



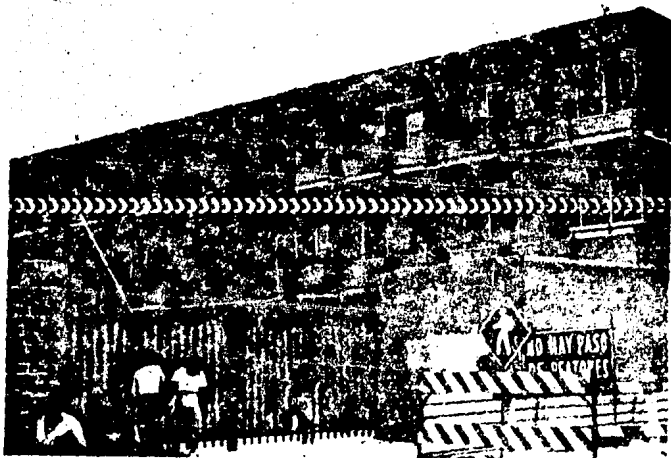
ESTRUCTURA MIXTA DE DOS NIVELES

En este caso, para estructuras mixtas de dos niveles sólo se tienen mayores dimensiones en todos los elementos estructurales.

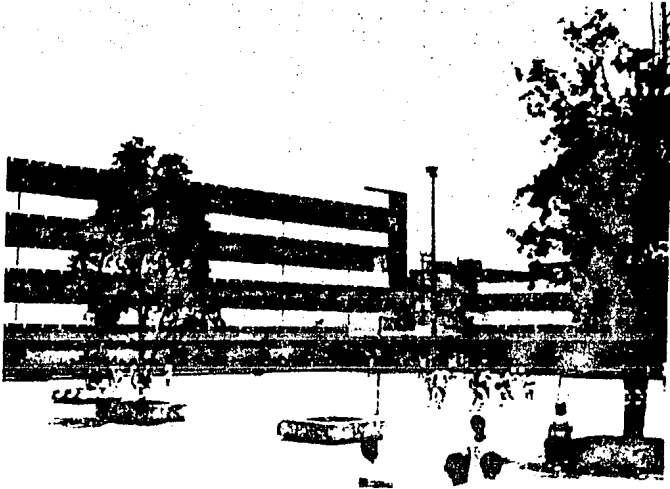
En estructuras de más de 2 niveles, se tiene en la Ciudad de México, la clasificación similar a las de uno o dos niveles, sólo lo que varía es el tipo de cimentación, ya que la carga que soporta es mucho mayor que la de uno o dos niveles.

Dentro de los diferentes tipos de cimentaciones, se pueden enunciar las siguientes:

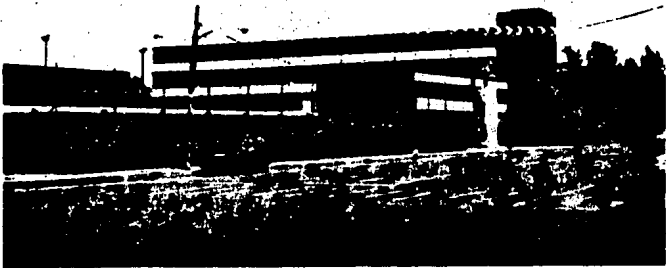
- \* Cimentaciones compensadas, a base de cajón de cimentación.
- \* Cimentación subcompensada, a base de cajón de cimentación y con un nivel de agua inyectada en el cajón.
- \* Cimentación subcompensada, a base de cajón de cimentación y pilotes de fricción.
- \* Cimentación con zapatas corridas y dados de cimentación en donde la resistencia del suelo es mayor.



ESTRUCTURA METALICA DE  
TRES NIVELES



INDUSTRIAL BUILDING  
REPRESENTED AS A TIMES





- \* Cimentación a base de pilotes de fricción, localizados en cada columna de la estructura.
- \* Cimentación a base de pilotes de control, también localizados bajo cada columna de la estructura.

Como se puede apreciar en los párrafos anteriores, sólo se menciona en una forma muy general, los diferentes tipos de estructuras de escuelas que se tienen en la Ciudad de México, ya que los alcances de este trabajo, no llegan hasta la descripción exacta de las diferentes combinaciones en estructuras.

### III. DAÑOS OCASIONADOS POR LOS SISMOS DEL 19 Y 20 DE SEPTIEMBRE DE 1985 A LAS ESTRUCTURAS DE ESCUELAS DE LA CIUDAD DE MEXICO.

Los sismos del 19 y 20 de septiembre de 1985, provocaron graves daños a los diferentes tipos de estructuras de la Ciudad de México, como son: Edificios de diferentes niveles, de departamentos de oficinas, de bibliotecas, de escuelas, casas habitación, cines y teatros, centros comerciales, naves industriales, obras hidráulicas. Los daños en estas estructuras fueron desde pequeñas fisuras en muros y elementos estructurales hasta el colapso parcial y total de dichas estructuras.

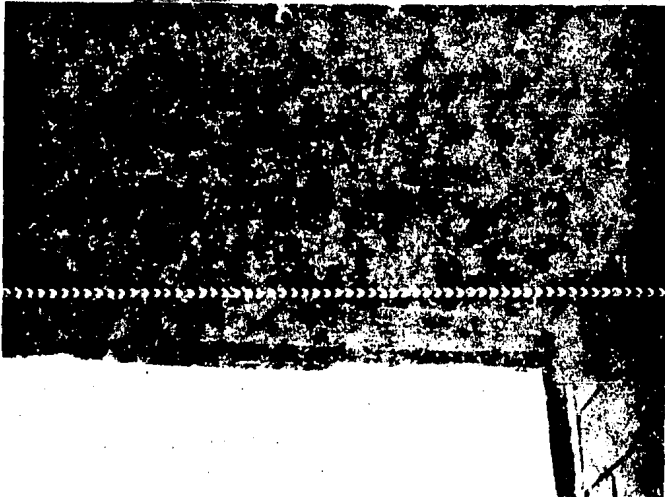
En este capítulo sólo se describen los daños a las estructuras de escuelas de diferentes niveles, que son de educación básica y media básica inferior.

Los daños en este tipo de estructuras fueron muy diversos, como se menciona en los párrafos anteriores. Algunos daños que se presentaron son los siguientes:

- a) Agrietamiento de columna localizado en la parte superior y sólo se presenta en una zona pequeña.
- b) Agrietamiento de columna que abarca una longitud mayor que una tercera parte de su altura, en la que se detecta que no se ha interesado el núcleo de la misma.
- c) Agrietamiento severo de toda la columna y se impone la sustitución total de la misma.
- d) Grietas en trabe por tensión diagonal.
- e) Fisuras y grietas pequeñas en trabes, columnas y losas.
- f) Muros agrietados de tabique y tabicón.
- g) Muros agrietados localizados bajo ventana de la estructura.



TRIEBAS EN PACE OR MICHON  
DIAGONAL



h) Muros sueltos desligados de la estructura de concreto y acero.

Aparte de los daños antes mencionados existieron muchos más, como son: hundimientos diferenciales de las estructuras, en instalaciones hidráulicas y sanitarias, hubo fractura de tuberías, provocando fugas de agua; en instalaciones eléctricas, en algunos casos se quemó parcialmente la instalación; en herrería se descuadraron marcos de ventanas y puertas provocando la rotura de vidrios y desplome de estructuras, entre otros.

La causa por la cual se presentaron los daños antes mencionados, no son del alcance de este trabajo, ya que se requiere de un estudio más profundo. Sólo se describe la reconstrucción de los daños mencionados de la letra "a" a la "h". En el siguiente capítulo se describe el procedimiento de reconstrucción de cada caso específico.

Por otro lado, la estadística de daños en edificios de todo tipo, que fueron causados por los sismos del 19 y 20 de septiembre de 1985, se pueden apreciar en la tabla 1, en la cual se observa, el tipo de estructuración del edificio, tipo de daño, año de construcción, número de pisos y colapsos, o daños muy severos.

TABLA 1. ESTADISTICA DE DAÑOS EN EDIFICIOS

TIPO DE ESTRUCTURACION	DAÑO	AÑO DE CONSTRUCCION			Nº DE PISOS				TOTAL COLAPSOS O MUY SEVEROS
		1957	57-76	1976-	5	6-10	11-15	15	
MARCOS DE CONCRETO	COLAPSO	35	59	13	36	62	9	0	107
	MUY SEVERO	9	19	7	8	23	4	1	36
MARCOS DE ACERO	COLAPSO	5	4	0	4	2	1	2	9
	MUY SEVERO	1	0	0	0	0	1	0	1
LOSA PLANA	COLAPSO	3	35	12	23	23	4	0	50
	MUY SEVERO	5	20	11	9	18	8	0	35
MAMPOSTERIA	COLAPSO	7	4	1	10	2	0	0	12
	MUY SEVERO	2	3	0	4	1	0	0	5
OTROS	COLAPSO	0	1	1	1	1	0	0	2
	MUY SEVERO	2	4	2	6	2	0	0	8
S U M A	COLAPSOS Y MUY SEVEROS	69	149	47	101	134	27	3	265

#### IV. PROCEDIMIENTOS DE RECONSTRUCCION.

De acuerdo a los daños mencionados en el capítulo anterior, los procedimientos de reconstrucción de cada caso específico, se describe en los siguientes párrafos.

##### IV.I AGRIETAMIENTO DE COLUMNA LOCALIZADO EN LA PARTE SUPERIOR Y SOLO SE PRESENTA EN UNA ZONA PEQUEÑA.

El procedimiento de reconstrucción para este tipo de falla es el siguiente:

- \* Demoler perimetralmente hasta un espesor aproximado de  $3/4$ ", empleando cincel y mazo. La superficie deberá quedar rugosa.
- \* Habilitar las placas que ocuparán el espacio demolido en las columnas de concreto, dejando una holgura interior para el inyectado de la resina.



Los taladros para los rawl-volts (fig.2), sólo servirán para la fijación provisional de las mismas.

\* Efectuar los taladros en el concreto con la posición y diámetro que se especifican en la fig. 2, y colocar los taquetes metálicos tipo rawl-volt, cuidar de no dañar un estribo al efectuar estos taladros.

\* Limpiar la superficie rugosa del concreto con cepillo de cerda metálica.

\* Sopletear la superficie hasta eliminar toda partícula de polvo.

\* Limpiar las superficies interiores de las placas, eliminando cualquier indicio de oxidación, costras, escamas de laminación, gotas de soldadura, grasas, productos químicos o pinturas anteriores. Podrá emplearse cualquier método de acuerdo al estado de la placa (chorro de arena, cuando se requiera; limpieza mecánica y/o limpieza con disolvente).

TALADROS DE 5/16" PARA PERNOS DE RAWL-BOLTS DE 1/4" 6

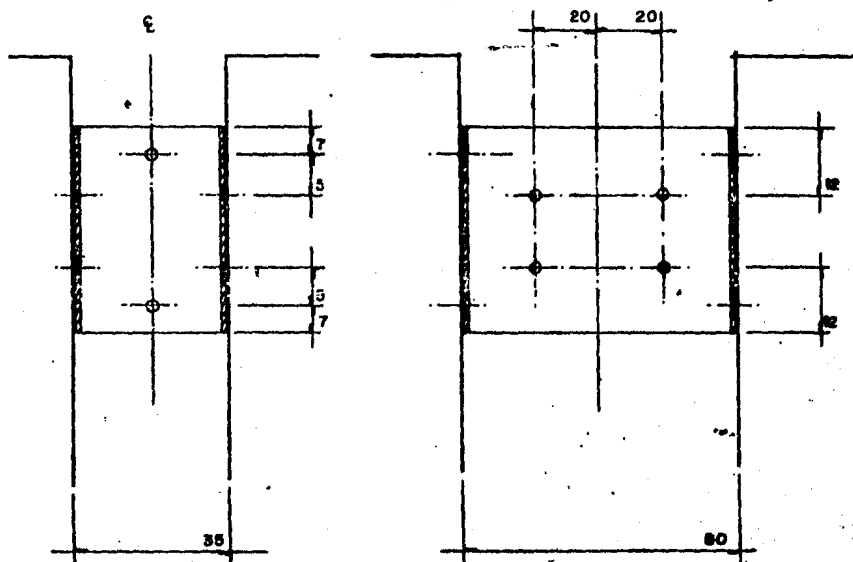


FIGURA - 2

DISPOSICION DE RAWL-BOLTS PARA FIJACION DE LAS PLACAS DE REFUERZO.

\* Colocar las placas cuidadosamente empleando los pernos de rawl-volt. Posteriormente se soldarán las uniones presentadas (figs. 2, 3 y 4).

\* Sellar las aberturas inferiores y superiores, dejando en estas últimas, un orificio para la introducción de la boquilla de inyección. En caras de menor dimensión de columnas bastará un solo orificio.

En las otras se sugiere el empleo de dos orificios.

\* Preparar la resina de acuerdo a las instrucciones que marca el fabricante.

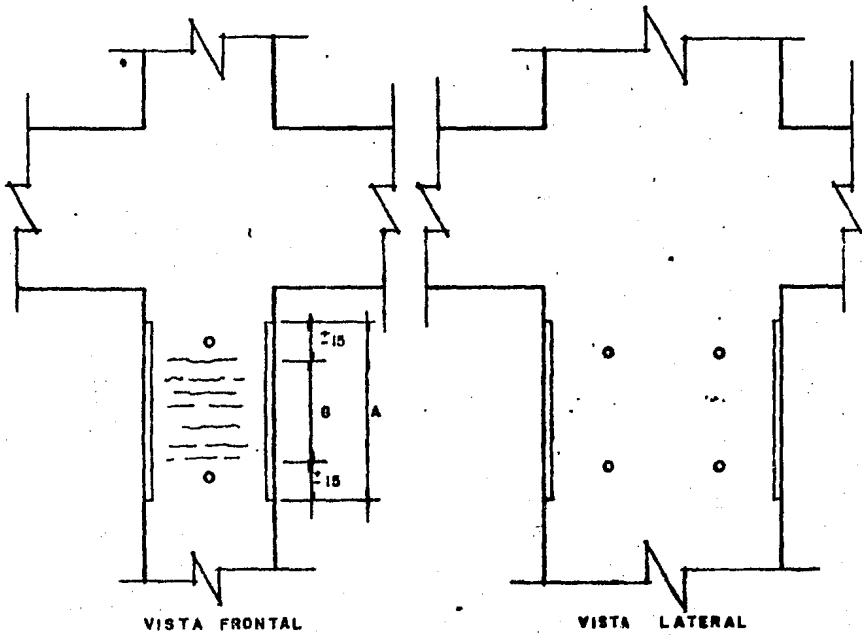
\* Inyección de la resina.

El tiempo requerido para la inyección de cierta cantidad de resina preparada, no deberá ser mayor de 35 minutos.

No preparar el total de resina para el inyectado de una columna hasta comprobar los rendimientos.



FALLAS CERCANAS A NIVEL SUPERIOR DE COLUMNAS.  
REFUEZO TIPO 1



B = ALTURA QUE ABARCA LA ZONA AGRIETADA DE LA COLUMNA.  
A = FRANJA POR REFORZAR DE LA COLUMNA =  $B + 30$  cms.

FIGURA - 4

La resina preparada se considerará inservible cuando cumpla 60 minutos a una temperatura ambiente de hasta 20° C, o cuando cumpla 45 minutos para una temperatura de hasta 25° C. Deberán realizar estas acciones de preferencia en horas de menor temperatura (18:30 Hrs. a 8:00 Hrs. del día siguiente). Debe evitarse la presencia de agua o humedad con las resinas, durante su endurecimiento.

\* Eliminar el sellado 48 horas después de la inyección y resanar las uniones superior e inferior de las placas para tener el aspecto continuo de la columna.

Aplicar pintura anticorrosiva en la superficie expuesta de las placas (dos manos).

\* Aplicar la pintura de acabado a la superficie completa de la columna.

\* No soldar ningún elemento de puertas o ventanas a las placas de refuerzo.

IV.2 AGRIETAMIENTO DE COLUMNA QUE ABARCA UNA LONGITUD MAYOR QUE UNA TERCERA PARTE DE SU ALTURA, EN LA QUE SE DETECTA QUE NO SE HA INTERESADO EL NUCLEO.

Para reforzar la columna con este tipo de falla, se reconstruye de la siguiente manera:

- \* Demoler perimetralmente todo el recubrimiento de la columna, dejando una textura rugosa.
- \* Perforar el macizo de las losas en zonas adyacentes a columnas (ver fig.5), para el colado de la ampliación y el anclaje del refuerzo, cuidando de no dañar el refuerzo existente en las nervaduras.
- \* Excavar en zona perimetral a la base de la columna para descubrir el dado de cimentación.
- \* Demoler las esquinas del dado de cimentación en toda su altura, hasta el lecho superior de la zapata (ver figura 6).

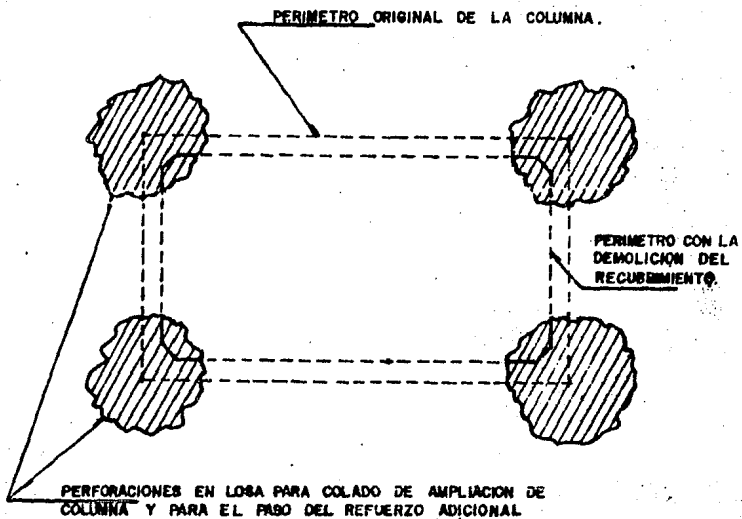


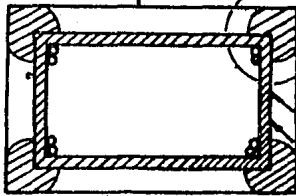
FIGURA - 8



- \* Colocar el refuerzo adicional de la columna, de acuerdo a lo señalado por el diseño estructural.
- \* Limpiar con cepillo de alambre humedeciendo en forma continua hasta eliminar cualquier indicio de polvo.
- \* Soldar el refuerzo principal de la ampliación de columna a las varillas (ver fig. 5).
- \* Colocar la cimbra que deberá llevar "ventanas" para el colado parcial de la ampliación de columna.
- \* Colado de la ampliación de columna previa saturación con agua de la superficie de la misma, picando con varillas la revoltura para lograr la mejor distribución del concreto que deberá tener la fluidez necesaria para el caso, empleando agregados gruesos de 1/2" máximo, se tendrá que emplear un aditivo estabilizador de volumen.

DADO DE ORIENTACION

DETALLE 2



DEMOLICION PARCIAL DEL DADO PARA ANCLAJE DEL REFUERZO DE COLUMNAS

PAÑO DE COLUMNA EXISTENTE

PAÑO DE COLUMNA CON SU RECUBRIMIENTO DEMOLIDO

ESTRIBOS EXISTENTES

REFUERZO ADICIONAL SEGUN DISEÑO ESTRUCTURAL

REFUERZO EXISTENTE

TRAMOS DE VARILLAS ENTRE ESTRIBOS SOLDADAS AL REFUERZO ADICIONAL Y AL REFUERZO EXISTENTE LONGITUD MINIMA SEGUN REQUERIMIENTO DE DISEÑO ESTRUCTURAL

D E T A L L E 2

N O T A  
UNA VEZ TERMINADAS LAS SOLDADURAS SE DEMOLERA EL CONCRETO ADYACENTE A LAS ZONAS DONDE SE APLICO DICHA SOLDADURA

FIGURA NO. 6

En esta operación se colarán también las cuatro perforaciones para anclaje del refuerzo y las ranuras abiertas del dado de cimentación.

\* Descimbrar hasta que el concreto haya alcanzado cuando menos el 65% de su resistencia nominal (siete días mínimo).

\* Curado a base de una membrana aplicada a la superficie del concreto recién colado, que evite la evaporación del agua.

IV.3 AGRIETAMIENTO SEVERO EN TODA LA COLUMNA Y SE  
IMPONE LA SUSTITUCION TOTAL DE LA MISMA.

La falla de este tipo es mayor que los dos casos anteriores, ya que la falla se presenta en toda la altura de la columna o por lo menos en un 70% de la misma, por lo tanto el procedimiento de reconstrucción es el siguiente:

- \* Apuntalamiento adyacente a la columna para la carga total del entrepiso o de toda la estructura, con una distancia de apuntalamiento menor a un tercio de la altura de la columna y no mayor de un metro (ver fig. 7).
- \* Demoler el concreto fracturado hasta descubrir el refuerzo existente de la columna dañada.
- \* Demoler el recubrimiento del tramo de columna sana hasta el refuerzo de la misma (ver fig. 7).
- \* Perforar el macizo de las losas en zona de columna para el colado de la nueva.

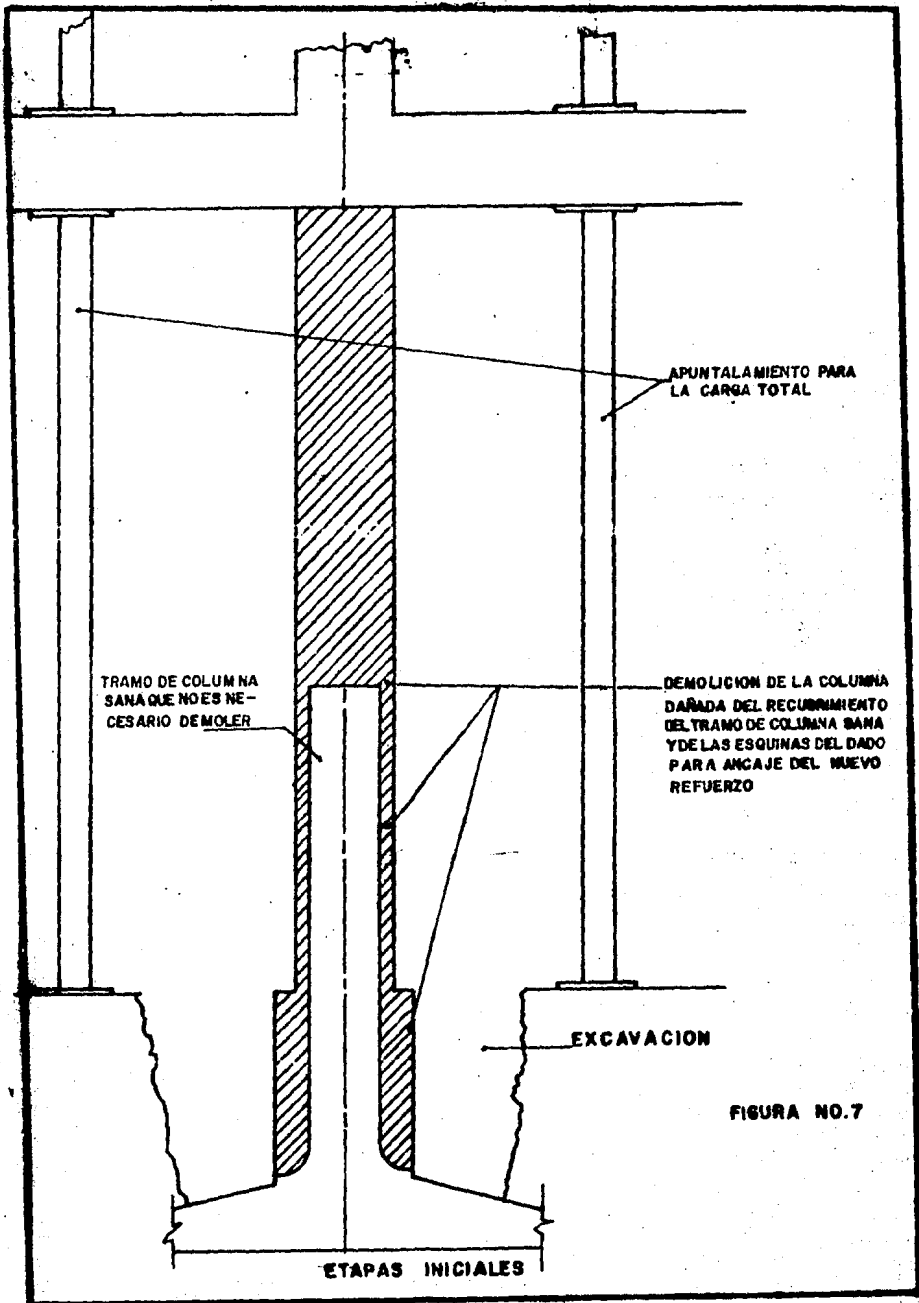


FIGURA NO.7

- \* Demoler las esquinas del dado de cimentación en toda su altura hasta el lechó superior de la zapata (fig. 7).
- \* Colocar el refuerzo adicional de la columna, de acuerdo a lo señalado por el diseño estructural.
- \* Limpiar con cepillo de alambre humedeciendo en forma continua hasta eliminar cualquier indicio de polvo.
- \* Soldar el refuerzo principal de la ampliación de columna a las varillas. (fig. 6).
- \* Colocar la cimbra que deberá llevar "ventanas" para el colado de la nueva columna.
- \* Colado de la nueva columna previa saturación con agua de la superficie de la misma, vibrando el concreto con un vibrador neumático para lograr la mejor distribución del concreto que deberá tener la fluidez necesaria para el caso, empleando agregados



CEBRA E' COMUNITA PER RECONSTRUZIONE  
CORA DI LA NISIA

gruesos de 1/2" máximo, se tendrá que emplear un aditivo para quitar las burbujas de aire que tiene la mezcla de concreto. En esta operación, se colarán también las perforaciones para anclaje del refuerzo y las ranuras abiertas del dado de cimentación.

- \* Descimbrar hasta que el concreto haya alcanzado cuando menos el 65% de su resistencia nominal (siete días mínimo.).
- \* Curado a base de una membrana aplicada a la superficie del concreto recién colado, que evite la evaporación del agua.
- \* Quitar el apuntalamiento adyacente de la columna.
- \* Rellenar la parte demolida de la cimentación y resanar el firme de concreto, con su acabado final.
- \* Aplicar el acabado de la columna.

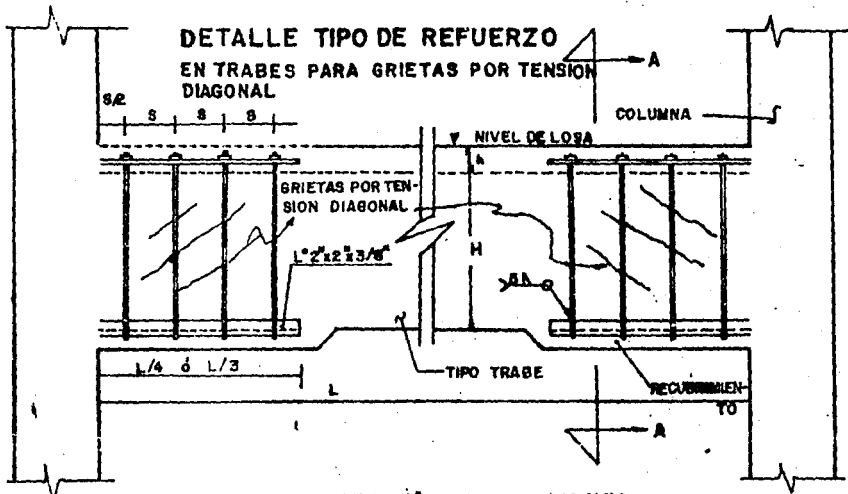


#### IV.4 GRIETAS EN TRABE POR TENSION DIAGONAL.

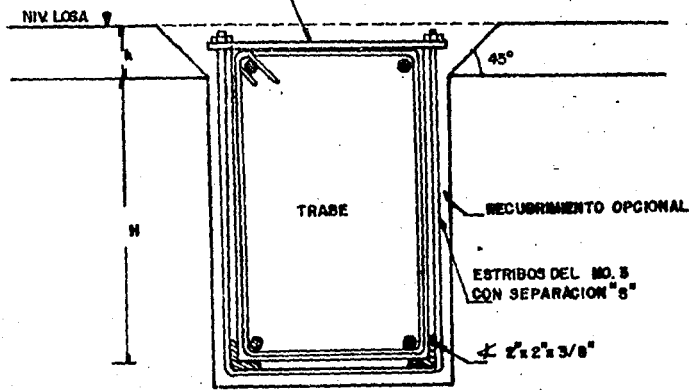
Este tipo de fallas por tensión diagonal es considerado como daño mayor en las estructuras de escuelas, ya que hay que colocar un refuerzo adicional al existente para poder absorber ese tipo de grietas y dar a la estructura su vida útil. El procedimiento de reconstrucción para este tipo de falla de tensión diagonal es el siguiente:

- \* Demoler el piso hasta descubrir el refuerzo existente en losa (ver fig.8).
- \* Demoler el recubrimiento de trabe hasta el refuerzo existente (fig. 8), en una longitud de  $L/4$  ó  $L/3$  según el caso en donde se presente la falla por tensión diagonal.
- \* Taladro para el paso de varillas lisas con rosca en su extremo superior (estribos), procurando no dañar el refuerzo existente.

**DETALLE TIPO DE REFUERZO  
EN TRABES PARA GRIETAS POR TENSION  
DIAGONAL**



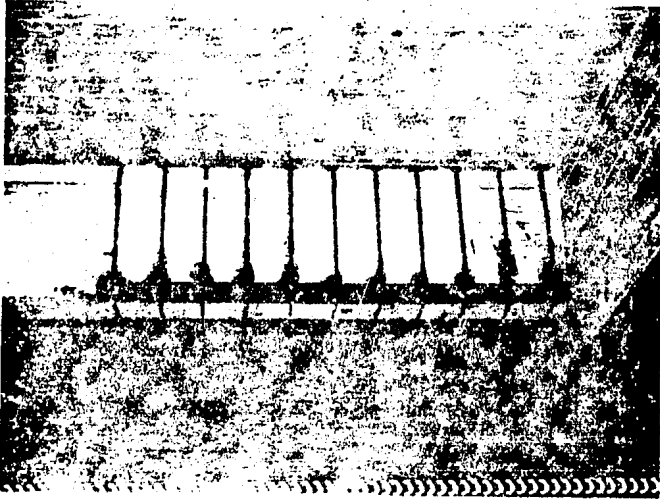
PLACA DE  $1/2$ " APOYADA EN LECHO ALTO  
DEL ACERO DE REFUERZO DE LA TRABE



**CORTE A-A**

**FIGURA NO. 6**

- \* Habilitación de placas perforadas y de varillas lisas con cabeza de tornillo y rosca para arandela y tuerca (ver fig. 8).
- \* Limpiar con cepillo de alambre humedeciendo en forma continua hasta eliminar cualquier indicio de polvo.
- \* Soldar los ángulos (refuerzo adicional) al refuerzo existente (ver fig. 8).
- \* Colocación de placas y varillas lisas. Pintar con pintura anticorrosiva (2 manos) las placas y varillas previamente.
- \* Colocar la cimbra que deberá llevar ventanas para el colado parcial de la ampliación de la trabe.
- \* Colado de la ampliación de trabe previa saturación con agua de la superficie de la misma, picando con varillas la revoltura para lograr la mejor distribución del concreto que deberá tener la fluidez necesaria para el caso, empleando agregados menores a  $1/4''$  máximo, se



VISTA INTERIOR DE RECONSTRUCCION DE  
TRABE POR FRIETAS DE TENSION DIAGONAL.



VISTA SUPERIOR DE RECONSTRUCCION DE  
TRABE POR FRIETAS DE TENSION DIAGONAL.

tendrá que emplear un aditivo estabilizador de volumen. En esta operación se colarán también los tramos de losa que hayan sido demolidos.

- \* Descimbrar hasta que el concreto haya alcanzado cuando menos el 65% de su resistencia nominal (siete días mínimo).
- \* Curado a base de una membrana aplicada a la superficie del concreto recién colado, que evite la evaporación del agua.

#### IV.5 FISURAS Y GRIETAS PEQUEÑAS EN TRABES, COLUMNAS Y LOSAS.

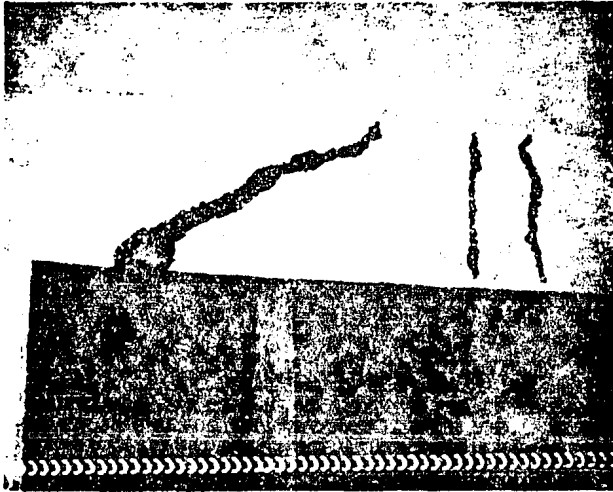
Para este tipo de daños el procedimiento de reconstrucción se divide en dos. Uno es para fisuras y el otro es para grietas que pasan de lado a lado del elemento estructural.

El primer procedimiento de reconstrucción es como sigue:

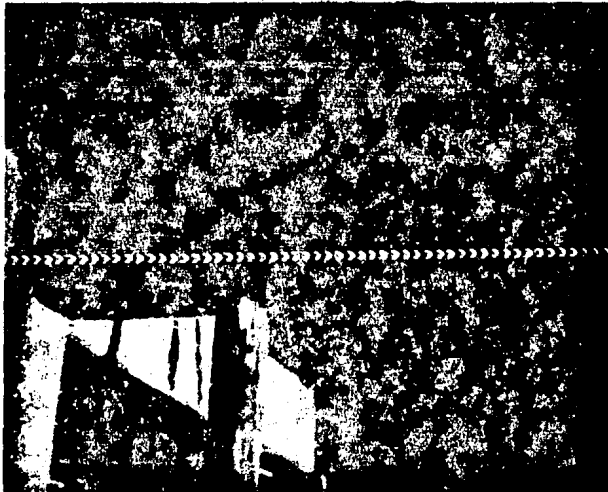
- \* Abrir la fisura en forma de "V" penetrando hasta el refuerzo y retirando todas las partículas sueltas.
- \* Aplicar Colma Dur liquido con brocha y posteriormente con espátula aplicar Colma Dur Pasta.

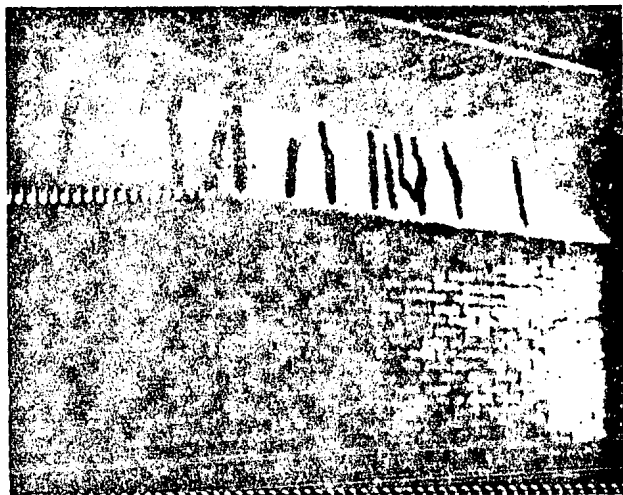
El segundo procedimiento de reconstrucción para grietas que pasan de lado a lado del elemento estructural consiste en:

- \* Sellar con yeso toda la grieta dejando cada 15 ó 20 cm. un trozo de manguera de hule de 1/4" que debe dar libre acceso al líquido hasta la grieta.



RATURADO EN FORMA DE "V" EN TRASE  
PARA REPARAR FISURAS





APLICACION DE COLMAJOR PASTA EN FISURAS  
FISURAS, DESPUES DEL RANURADO  
DE LAS PISAS





- \* Inyectar con una pistola de calafateo con boquilla que ajuste perfectamente con las mangueras que se ahogaron en el yeso.
- \* Empezar inyectando por la manguera más baja y cuando el material comience a fluir por la siguiente, taponeese la primera e inyectese por la segunda y así hasta haberlo hecho a través de todas. A las 24 horas retirese el yeso.
- \* Cuando sea necesario háganse taladros horizontales en todo el ancho de la grieta y que coincidan con las mangueras para lograr una mejor penetración del líquido y sigase el mismo procedimiento descrito anteriormente.

NOTAS: Evítese la presencia de agua o humedad en contacto con el Colma Dur durante su endurecimiento.

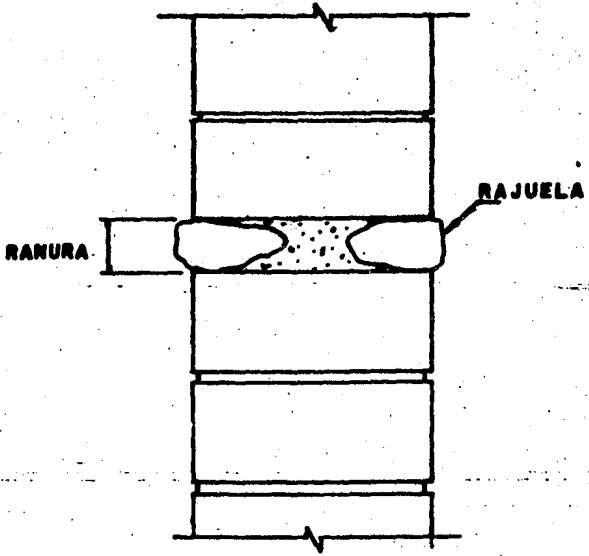
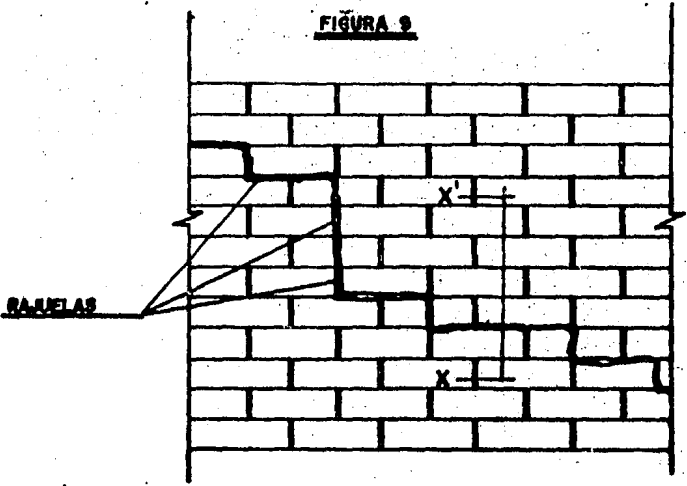
Utilícese Colma Dur Líquido o similares para los dos casos antes descritos.

#### IV.6 MUROS AGRIETADOS DE TABIQUE Y TABICON.

Este tipo de falla es muy común en muros, ya que éstos no tienen elementos de unión que los hagan rígidos, se considera el agrietamiento como una falla de poca importancia, el procedimiento para reparar este tipo de daño es el siguiente:

- \* Limpiar el muro descubriendo o eliminando el aplanado existente.
- \* Abrir la grieta aproximadamente 3 a 4 cms., con cincel y mazo cuidando de no dañar el resto del muro.
- \* Saturar con agua toda la longitud de la ranura.
- \* Rellenar la ranura con mortero cemento-arena proporción 1:3 por ambos lados de la misma.
- \* Retacar las rajuelas entre el mortero en ambas caras del muro empleando mazo hasta lograr su penetración completa. (ver fig. 9).
- \* Reponer el acabado original.

**FIGURA 9**



**FIGURA - 9**

**CORTE X - X'**

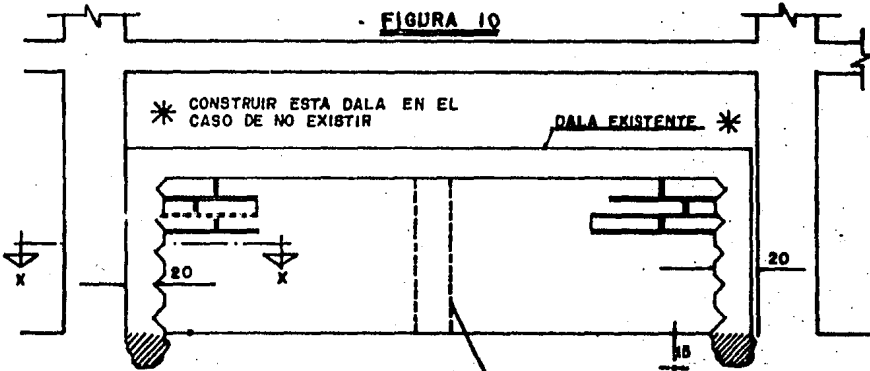
#### IV.7 MUROS AGRIETADOS LOCALIZADOS BAJO VENTANA DE LA ESTRUCTURA.

Para reparar estos muros bajo ventana de la estructura se consideran dos casos, los cuales son: muros de piezas macizas y muros de piezas huecas.

La reparación del primero es como se describe a continuación:

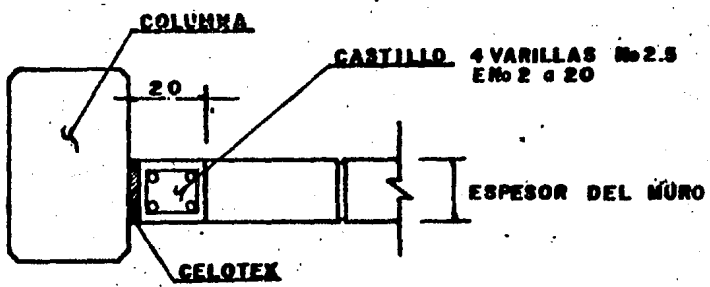
- \* Demoler los extremos de cada muro en un ancho de 20 cm. aproximadamente, dejando "dentellones" para recibir castillo.
- \* Demoler la losa o trabe en la zona de castillos para el anclaje del refuerzo de los mismos, cuidando de no dañar el refuerzo existente.
- \* Habilitar el refuerzo de castillo, colocar el mismo en su posición final, amarrándolo con varillas descubiertas de la trabe o losa en su parte inferior y con las correspondientes de la superior. (ver fig. 10)

**FIGURA 10**

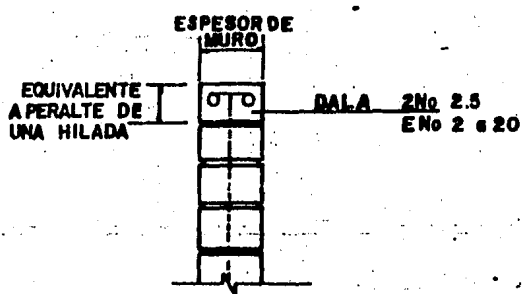


CONSTRUIR CASTILLO INTERMEDIO EN CASO DE NO EXISTIR CUANDO EL CLARO SEA MAYOR DE 4.00m.

**FIGURA 10A**



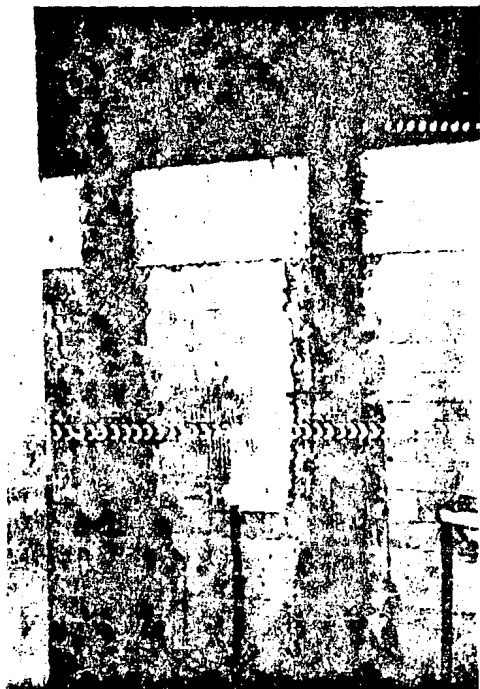
**FIGURA 10B**



- \* Colocar una banda de celotex con un espesor mínimo de una pulgada en el pefo de la columna. Dicha banda servirá como cimbra del castillo para colar.
- \* Colado del castillo, previa saturación con agua del muro y trabe o losa.
- \* Cuando exista una separación de castillos mayor a los 4 M. construir un castillo intermedio (ver fig. 10)
- \* Cuando no exista dala en muro bajo ventana de la estructura, construir una dala que confine el muro.

Para el segundo caso de muros de piezas huecas, el procedimiento de reconstrucción es el siguiente:

- \* Cortar los extremos de los muros haciendo coincidir el corte con la junta de la primera pieza completa (aproximadamente 20 cms.).
- \* Demoler la losa o trabe en la zona de castillos para el anclaje del refuerzo de los mismos, cuidando de no dañar el refuerzo existente.



CONSERUCCION DE CAS-  
TILLOS EN MURO



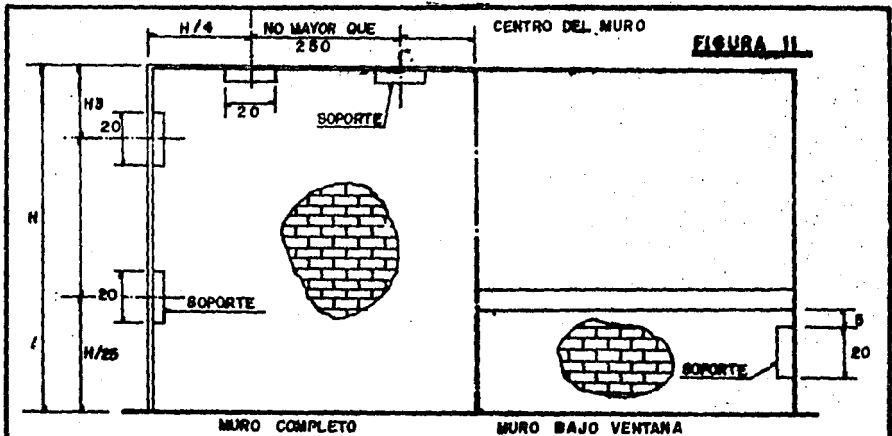
- \* Habilitar el refuerzo de castillos, colocar el mismo en su posición final, amarrándolo con varillas descubiertas de la trabe o losa en su parte inferior y con las correspondientes de la dala superior (ver fig. 10).
- \* Colocar una banda de celotex con un espesor mínimo de una pulgada en el paño de la columna. Dicha banda servirá como cimbra del castillo por colar. (fig. 10a).
- \* Colado del castillo, previa saturación con agua del muro y trabe o losa.
- \* Los castillos se colarán espaciados aproximadamente 2.40 m. a ejes.
- \* En los enraques de muros se colarán dalas para confinamiento de muro, con un peralte equivalente al de una hilada de piezas huecas. (ver. fig. 10b).



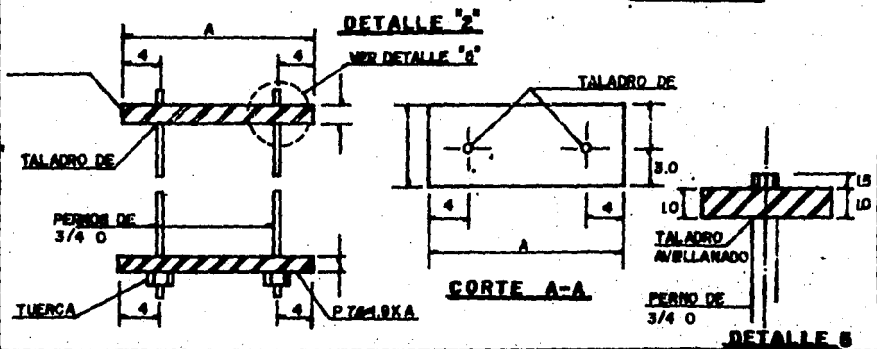
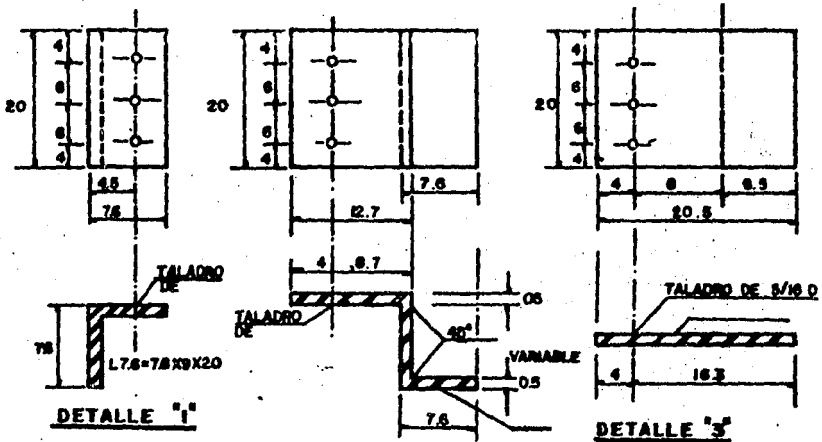
#### IV.8 MUROS SUELTOS DESLIGADOS DE LA ESTRUCTURA DE CONCRETO O DE ACERO.

La falla de este tipo es porque el muro sólo es para separar un espacio y se tiene solo de relleno, ya que este no es de carga, se desligó de la estructura cuando se presentaron los movimientos telúricos. El procedimiento para que el muro suelto desligado de la estructura, ya sea de concreto o metálica quede fijo y no llegue a desplomarse por estar suelto de la estructura, es el siguiente:

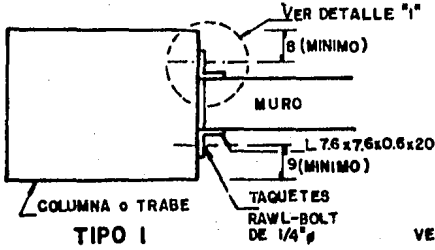
- \* Habilitar los ángulos, placas o perfiles en "Z" con taladros de 5/16" de diámetro.
- \* Efectuar los taladros en el concreto de 5/16" de diámetro después de presentado el soporte y cuidado de no dañar el refuerzo del elemento. (figs. 11 y 12).
- \* Colocar los taquetes metálicos tipo rawl-volt de 1/4" de diámetro, cuidando que el muro quede perfectamente empacado entre los soportes. (fig. 11 y 12).



**DISTRIBUCION DE SOPORTES PARA ALTERNATIVAS A Y B**

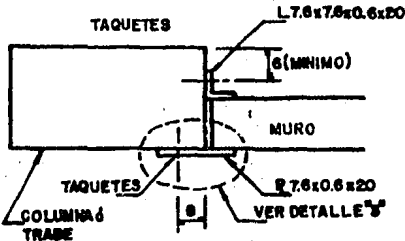


**ALTERNATIVA A**

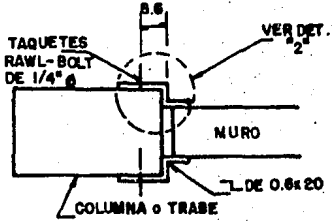


**TIPO 1**

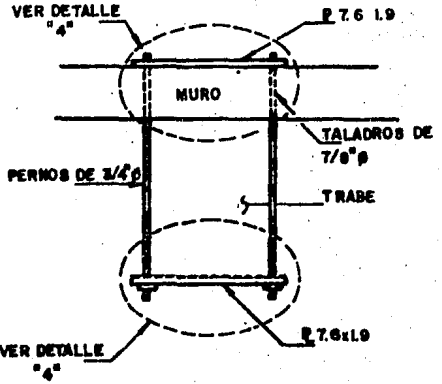
SI NO SE CUMPLE ESTA DISTANCIA  
PONERSE LA SOLUCION DEL DETALLE "2"



**TIPO 3**

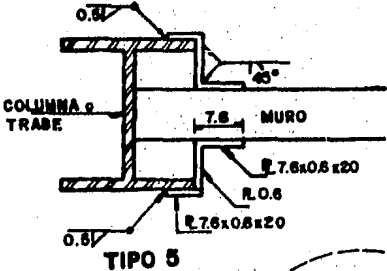


**TIPO 2**

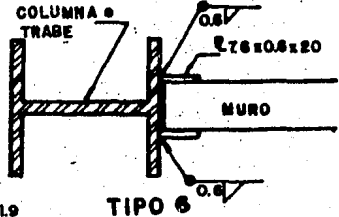


**TIPO 4**

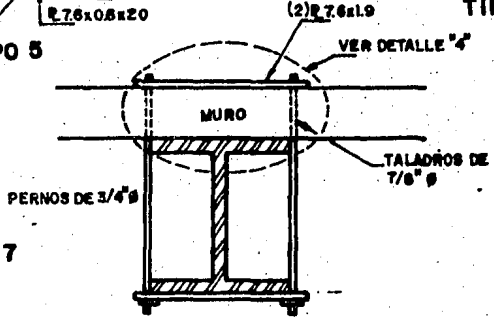
**ALTERNATIVA B**



**TIPO 5**



**TIPO 6**



**TIPO 7**

NOTAS:  
ACOT: EN CM Y MT.  
ACERO A-36  
SOLDADURA 5-70 DE  
PENETRACION COMPLE  
TA

**FIGURA 12**

\* Colocar el soporte tipo "Z". (fig. 11 y 12)

En el caso de estructura metálica se hace lo siguiente:

\* Habilitar los ángulos, placas o perfiles.

\* Limpiar las superficies metálicas, eliminando cualquier indicio de oxidación, costras, escamas de laminación, gotas de soldadura, grasas, productos químicos o pinturas anteriores.

\* Soldar los ángulos, placas o perfiles, cuidando que el muro quede empacado entre los soportes y dejando un espacio libre entre el soporte y el muro, para que tenga un pequeño juego. (fig. 12).

## V. ANALISIS ECONOMICO.

De acuerdo a los daños mencionados en los capítulos anteriores, se han clasificado como daños menores y daños mayores. Con esta clasificación se ha podido determinar el costo aproximado de la reconstrucción de cada tipo de daño.

Para daños menores, en los cuales no interviene la colocación de algún tipo de refuerzo adicional, como en los casos de fisuras y grietas pequeñas en trabes, columnas y losas; muros agrietados y muros sueltos desligados de la estructura. El costo aproximado varía de \$500,000.00 hasta \$5'000,000.00 de pesos por cada estructura de escuela y el tiempo de realización de los trabajos de reconstrucción de 1 mes hasta 3 meses aproximadamente.

Con respecto a los daños mayores se tienen clasificados dos tipos: menores y mayores. Esta clasificación se hizo por el tipo de refuerzo a la estructura.

Los primeros son aquéllos en los que solamente se le coloca un refuerzo adicional a los elementos estructurales; como en los casos de agrietamiento de columna y grietas por tensión diagonal en trabes, que fueron mencionados en el capítulo anterior. El costo de estos daños varía de \$5'000,000.00 hasta \$15'000,000.00 de pesos aproximadamente; con una duración de obra de 3 a 5 meses.

Por último los daños mayores de la última clasificación son aquéllos en los que se tiene que reforzar la estructura de la escuela en conjunto. El costo aproximado de este tipo de daño varía de \$15'000,000.00 a \$30'000,000.00, con una duración de 4 a 6 meses de obra.

Como se puede apreciar en los párrafos anteriores el costo de los daños producidos por los sismos del 19 y 20 de septiembre de 1985, varían de \$500,000.00 a \$30'000,000.00 de pesos, dependiendo del tipo de daño que se haya suscitado en la estructura.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

De acuerdo a lo mencionado en los capitulos anteriores , podemos observar que los daños en estructuras de escuelas de la Cd. de México, son muy variados y no se puede de una manera fácil describir detalladamente todos los tipos de daños.

Lo que se puede concluir es que, debido a cada problema específico, se puede utilizar el procedimiento de reconstrucción adecuado, en la ejecución de la obra; ya que durante el proceso de reconstrucción se presentan diversos problemas que no se pueden marcar antes de la ejecución; solo se debe tener el cuidado de revisar cada etapa del proceso de reconstrucción , teniendo así un control de calidad que dará un margen de seguridad a la estructura y se pueda utilizar la misma durante toda su vida útil.

Con respecto a las estructuras que han quedado fuertemente dañadas con los sismos del 19 y 20 de septiembre de 1985; se debe hacer una revisión a profundidad, tomando como base el proyecto con el cual se construyó inicialmente y las ampliaciones o modificaciones al proyecto original, que se hicieron después de la construcción de las mismas.

Una vez teniendo esa revisión, marcar los tipos de daños y hacer un diseño estructural nuevo; que ayude a la estructura para poderla utilizar y prevenir algún daño severo o tipo de colapso (parcial o total), que se de ante la presencia de otro sismo de mayor magnitud.

En el caso de que una estructura se tenga que demoler parcialmente a añadir refuerzo adicional; se tiene que analizar la factibi-



lidad de demolerla completamente y hacer obra nueva; o solamente demoler parcialmente y añadir el refuerzo adicional; ya que todo esto va acompañado del riesgo en el tipo de solución que se tome y del costo que tiene cada tipo de procedimiento reconstructivo.

## BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Especificaciones de Emergencia del Programa de Reconstrucción de Escuelas de la Cd. de México.
- 2.- Apuntes de Diseño Estructural.  
Facultad de Ingeniería.
- 3.- Revista Ingeniería.  
Tomo 3 .1985.