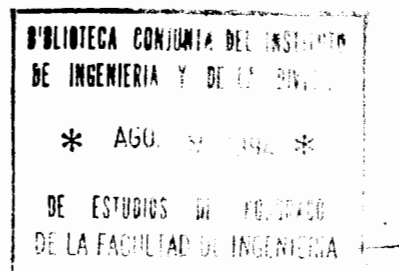


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA.

MAESTRIA : ESTRUCTURAS.



ALUMNO : V I C T O R V A Z Q U E Z R A M O S.

MATERIA : TRABAJO DE INVESTIGACION I.

PROFESOR : DR. ROBERTO STARK FELDAM.

TRABAJO : REPARACION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO.

MARTES 18 DE SEPTIEMBRE DE 1990.

INDICE

REPARACION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO.

TEMA	PAGINA
1.- INTRODUCCION.	4
2.- IDENTIFICACION Y EVALUACION PRELIMINAR DE DAÑOS.	
2.1 <u>OBJETIVOS.</u>	5
2.2 <u>INSPECCION PRELIMINAR.</u>	6
2.3 <u>DAÑOS ESTRUCTURALES.</u>	7
2.4 <u>DAÑOS GENERALES.</u>	9
2.5 <u>CLASIFICACION Y EVALUACION PRELIMINAR DE DAÑOS.</u>	10
3.- BASES PARA UNA DESICION.	
3.1 <u>OBJETIVOS.</u>	13
3.2 <u>INSPECCION FISICA.</u>	13
3.3 <u>CAUSAS DEL DAÑO.</u>	14
3.4 <u>CUANTIFICACION DE DAÑOS.</u>	20
3.5 <u>DIFICULTAD TECNICA.</u>	22
4.- MEDIDAS PRELIMINARES.	
4.1 <u>OBJETIVOS.</u>	24
4.2 <u>ACCIONES.</u>	25
4.3 <u>APUNTALAMIENTOS VERTICALES.</u>	26
4.4 <u>SOPORTES LATERALES.</u>	27
4.5 <u>METODOS DE ACUNAMIENTO.</u>	28
4.6 <u>OTRAS ACCIONES.</u>	29
5.- EVALUACION DEFINITIVA Y REPARACION.	
5.1 <u>OBJETIVOS.</u>	31
5.2 <u>INSPECCION DESARROLLADA.</u>	32
5.3 <u>INFORMACION COMPLEMENTARIA.</u>	34
5.4 <u>VERIFICACION DE LA INFORMACION.</u>	38
5.5 <u>EVALUACION DE LA ESTRUCTURA.</u>	42

6. - PROYECTO DE REPARACION.

<u>6.1</u>	<u>OBJETIVOS.</u>	45
<u>6.2</u>	<u>ALTERNATIVAS.</u>	45
<u>6.3</u>	<u>ANTEPROYECTO.</u>	46
<u>6.4</u>	<u>TOMA DE DESICIONES.</u>	48
<u>6.5</u>	<u>PROYECTO A REALIZAR.</u>	49
<u>6.6</u>	<u>EJECUCION.</u>	50

7. - METODOS DE REPARACION.

<u>7.1</u>	<u>CONSIDERACIONES GENERALES.</u>	52
<u>7.2</u>	<u>METODOS DE INYECCION DE CONCRETOS, LECHADAS O RESINAS EPOXICAS EN AGRIETAMIENTO.</u>	53
<u>7.3</u>	<u>METODO DE ADICION DE ACERO DE REFUERZO Y LA FIJACION DE CONECTORES METALICOS.</u>	55
<u>7.4</u>	<u>ALGUNOS METODOS DE ADICION DE CONCRETO VIEJO CON CONCRETO NUEVO UTILIZADO.</u>	57

8. - RESTAURACION.

<u>8.1</u>	<u>CONSIDERACIONES GENERALES.</u>	67
<u>8.2</u>	<u>MUROS RIGIDOS Y MUROS DE RELLENO.</u>	67
<u>8.3</u>	<u>MARCOS, ARMADURAS, CONTRAVENTEOS Y CONTRAFUERTE.</u>	68
<u>8.4</u>	<u>MUROS DE MAMPOSTERIA.</u>	69

9. - RESTAURACION Y REFUERZO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

<u>9.1</u>	<u>CONSIDERACIONES GENERALES.</u>	71
<u>9.2</u>	<u>RESTAURACION.</u>	71
<u>9.3</u>	<u>REFUERZO DE TRABES.</u>	75
<u>9.4</u>	<u>REFUERZO DE COLUMNAS.</u>	76
<u>9.5</u>	<u>REFUERZO DE UNIONES TRABE - COLUMNA.</u>	77
<u>9.6</u>	<u>REFUERZO DE MUROS DE CONCRETO.</u>	78
<u>9.7</u>	<u>REFUERZO DE MUROS DE MAMPOSTERIA.</u>	79

10. - RESTAURACION Y REFUERZO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES.

<u>10.1</u>	<u>CONSIDERACIONES GENERALES.</u>	81
<u>10.2</u>	<u>MUROS FALSOS Y/O DIVISORIOS.</u>	82
<u>10.3</u>	<u>RECUBRIMIENTOS Y ACABADOS.</u>	83
<u>10.4</u>	<u>VENTANAS Y PLAFONES.</u>	84

11.- SUPERVISION Y VERIFICACION DE LA REPARACION.	
<u>11.1 OBJETIVOS.</u>	86
<u>11.2 SUPERVISION DEL PROYECTO Y CONSTRUCCION.</u>	86
<u>11.3 VERIFICACION DE LA REPARACION.</u>	87
 12.- CONCLUSION GENERAL.	 89
 B I B L I O G R A F I A.	 91

INTRODUCCION.

El deterioro y la conservación de las obras son motivo constante de preocupaciones, que llevan consigo gastos considerables y causas graves, perjuicios a la industria y a los usuarios.

Para el Ingeniero este problema comporta dos aspectos fundamentales; **PREVENIR Y REPARAR**. Dejando a parte la necesidad de conocer en ambos casos la naturaleza de los daños que puedan producirse, estos dos aspectos son diferentes serán tratados, por lo tanto de diferente forma.

De las consideraciones **PREVENIR Y REPARAR**, la primera en determinado momento tiene mayor importancia a lo largo de este documento pone de manifiesto, la necesidad de tener en cuenta, durante las fases del proyecto y de ejecución, el problema de la conservación de una obra.

Los detalles, aunque algo fastidiosos y los procedimientos de construcción que se describen aquí, parecerán a menudo evidentes, pero se encuentran con frecuencia y pueden tener efectos de consecuencias graves, por esta razón, el ingeniero proyectista debe escoger los materiales adecuados a las condiciones atmosféricas y al emplazamiento de la obra, debe estudiar la obra de manera que impida que produzca deterioros graves (al menos para la duración prevista de la misma), y debe también, por intermedio del personal de control, exigir que la ejecución sea correcta.

Es claro que estos tres puntos; calidad de los materiales; calidad de los planos de detalle y calidad de la ejecución, exiga el conocimiento de lo que hay que evitar y de las diversas causas de deterioros posibles y sus causas.

Los datos relativos a las diferentes formas de deterioros posibles se exponen en este trabajo. El Ingeniero encargado del proyecto y del control de una obra nueva prestará especial atención a este tema, junto con los responsables de la conservación de construcciones ya existentes.

Si no se ha podido impedir el deterioro, conviene abandonar, sustituir o reparar la obra; habitualmente, la obra se repara, la ejecución de una reparación de este género necesita una técnica minuciosa.

2. - IDENTIFICACION Y EVALUACION PRELIMINAR DE DAÑOS.

2.1 OBJETIVOS.

Para el ingeniero la manera de abordar el problema de la degradación de una obra y de su conservación, debe ser parecido a la de un médico abordando un caso.

Esto implica la comprobación de la existencia de una enfermedad, el diagnóstico y el remedio, y concede amplia importancia a la necesidad de prevenir el mal.

En su trabajo, el ingeniero debe de conocer las diferentes formas de deterioros cuyas manifestaciones son conocidas (los síntomas), la causa o causas de los diferentes tipos de desperfectos (la enfermedad) y la manera de solucionar el problema (el remedio).

Correlativamente, las obras nuevas o existentes (las que están sanas) deben estar correctamente proyectadas, construidas y conservadas para evitar los deterioros.

Para poder utilizar este trabajo de la manera más práctica posible, el lector debe recordar lo que se acaba de decir, aprenderá primero a conocer los síntomas y las enfermedades y no se preocupará del remedio hasta que haya establecido el diagnóstico.

Por lo tanto el primer paso para poder planear la posible reparación de una estructura es como ya dijimos el reconocimiento de los daños existentes en ella. La información que se pueda reunir, se utilizará para desarrollar la evaluación preliminar de la estructura y la determinación de la estrategia y los detalles de la rehabilitación temporal.

Así en esta primera etapa, se deberá definir si se justifica intentar ésta o si por el peligro de un derrumbe inmediato que pueda afectar a las construcciones o vías de comunicación vecinas es necesaria la demolición.

En casos dudosos, y cuando las consecuencias de un posible derrumbe no sean peligrosas, puede convenir retrasar la decisión de demoler hasta contar con una información complementaria que se nos proporcionará mediante la evaluación preliminar.

Si no se llegará a demoler, la estructura, entonces tendrá que

procederse a tomar medidas de apuntalamiento necesarias que garanticen la seguridad temporal de la estructura. (estabilidad)

También es importante tener nota del sistema de cimentación empleado, zapatas aisladas o corridas, sistemas reticulares parcial o totalmente compensados, pilotes de función o de apoyo directo, o alguna combinación de estos sistemas.

Para localizar los daños y cuantificarlos, durante la inspección será necesario revisar los desplomes (usando palomillas después se explica) y efectuar mediciones sobre los elementos más dañados, lo que implica retirar parte de los acabados. La realización de estas operaciones, requieren del siguiente equipo: martillo, cincel, desarmador, cinta métrica, plomada o nivel, linterna, gietómetro para medir ancho de grietas, binoculares, cámara fotográfica y formas de información.

Las formas para acopio de información deberán incluir los siguientes conceptos:

- a) Identificación del edificio.
- b) Identificación de daños en elementos estructurales y no estructurales.
- c) Identificación de problemas de estructuración.
- d) Identificación de problemas en la cimentación.
- e) Estimación de causas posibles de daños.

Es importante señalar que la experiencia para el ingeniero responsable aquí es fundamental.

2.2 INSPECCION PRELIMINAR.

Los primeros trabajos deben de consistir en un examen ocular de las condiciones de emplazamiento, característica constructiva, planos del edificio, materiales empleados, etc.. Las indagaciones preliminares versarán sobre; la edad del edificio, el sistema de fundación del mismo, la naturaleza del terreno de asiento, en lo que concierne a la edad conviene distinguir los edificios antiguos de los nuevos, entendiendo por tales los que tienen menos de diez años de existencia y por antiguos aquellos cuya edad excede de un decenio.

En cuanto a las fundaciones, debe tenerse en cuenta si son continuas o establecidas sobre arcos o pilotes, procurando indagar

la profundidad de los mismos.

La naturaleza del terreno de asiento, es necesario averiguar si el edificio se apoya sobre un terreno de transporte, o bien sobre un terreno enegadizo, o sobre arcillas impregnadas de aguas freáticas corrientes o mansas, o porque no sobre terrenos socavados por grutas de tobas o puzolanas. En segundo lugar el ingeniero debe elaborar el plano planimétrico de todas las lesiones que encuentra en las estructuras horizontales del edificio para confrontar después con el plano de las lesiones en sentido vertical. En tercer lugar debe procurarse que se establezcan en los sitios oportunos, especialmente en las lesiones de importancia, palomillas espías, para así poder estudiar mejor las causas que motivan las perturbaciones estáticas ordinarias de los edificios, en efecto como se ha dicho antes, sabremos que si la palomilla se rompe la perturbación continúa, en caso contrario, se puede tener la seguridad de que la perturbación es estacionaria.

En los lugares que sufren de los bruscos cambios de temperatura, como son más aparentes las constracciones o dilataciones de las obras, es posible que las palomillas se rompan, no a causa de la perturbación, sino por efecto de la temperatura.

Sin embargo el caso no es muy común, puesto que las palomillas, están construidas según las normas establecidas, por lo tanto como hacen un solo cuerpo con el resto de la obra, se mantienen generalmente al abrigo de los cambios de temperatura.

Deberá por lo tanto investigarse, como se mencionó anteriormente, cual fué el sistema empleado; marcos rígidos con o sin contraventeo, con sistemas de pisos de vigas y losas o de losas planas sin vigas, macizas o aligeradas; muros de concreto reforzado, muros de mampostería, elementos precolados, o alguna combinación de los sistemas anteriores.

2.3 DAÑOS ESTRUCTURALES.

La primera función de una obra es soportar cargas, lógicamente el verdadero criterio para determinar su capacidad de cumplir esta tarea, es una prueba de carga. Hay sin embargo dos complicaciones.

Una prueba de carga no refleja las variaciones debidas al tiempo,

de las características de la obra. Además como el ensayo no puede ser llevado hasta la ruptura, y los resultados de ensayos de cargas sobre obras ya existentes no corroboran casi nunca los resultados de los cálculos, ésta prueba no indica el margen de seguridad ofrecido por la obra, y entonces debe ser conservado un coeficiente de seguridad mínimo.

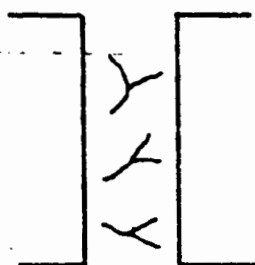
Por consiguiente estimamos que un ensayo de carga no debe de ser considerado como índice válido de resistencia, más que si:

1.- La carga aplicada durante el ensayo es igual o superior al producto de la carga de servicio por un coeficiente de seguridad conveniente.

2.- La carga de prueba permanece aplicada durante un cierto tiempo, para que se pueda tener idea acerca de los efectos de fluencia, etc..

A continuación se resumen los daños estructurales más comunes sobre los que se deberá hacer énfasis, durante la inspección. Los daños se clasificaron por elemento estructural, indicando la causa principal.

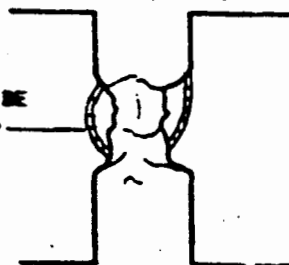
DANOS	CAUSAS
* Grietas diagonales.	Cortante o torsión. (caso 1)
* Grietas verticales.	Flexocompresión. (caso 2)
* Desprendimiento del recubrimiento.	Flexocompresión. (caso 2)
* Aplastamiento de concreto y pandeo de barras	Flexocompresión. (caso 2)
<u>VIGAS O TRABES.</u>	
* Grietas diagonales y rotura de estribos	Cortante o torsión. (caso 3)
* Grietas verticales, rotura del refuerzo, aplastamiento de concreto.	Flexión. (caso 4)
<u>UNIONES.</u>	
* Grietas diagonales.	Cortante. (caso 3)
* Falla por adherencia del refuerzo de vigas.	Flexión. (caso 4)
<u>PISOS (LOSAS PLANAS)</u>	
* Grietas alrededor de columnas en	



GRIETAS DIAGONALES EN
AMBOS SENTIDOS Y COMBI-
NADAS.

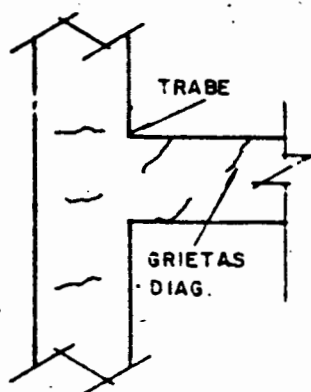
CASO 1

PANDEO DE
BARRAS



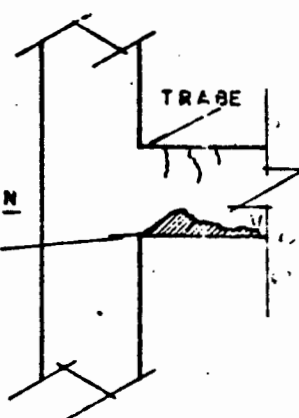
APLASTAMIENTO DEL CONCRETO

CASO 2



CASO 3

APLASTAMIENTO
DE
CONCRETO.



CASO 4

losas o placas planas.	Penetración	(caso 5)
* Grietas longitudinales.	Flexión	(caso 6)

MUROS DE CONCRETO.

* Grietas diagonales	Cortante	(caso 7)
* Grietas horizontales, aplastamiento del concreto y pandeo de barras	Flexocompresión.	(caso 8)

MUROS DE MAMPOSTERIA.

* Grietas diagonales	Cortante.	(caso 9)
* Grietas verticales en esquina-centro	Flexión y volteo.	(caso 10)
* Grietas como placa perimetralmente apoyada	Flexión.	(caso 10)

2.4 DAÑOS GENERALES.

En general si la obra examinada está en servicio. Es preciso determinar tan rapidamente como sea posible si se puede continuar utilizando sin peligro o si conviene reducir su utilización.

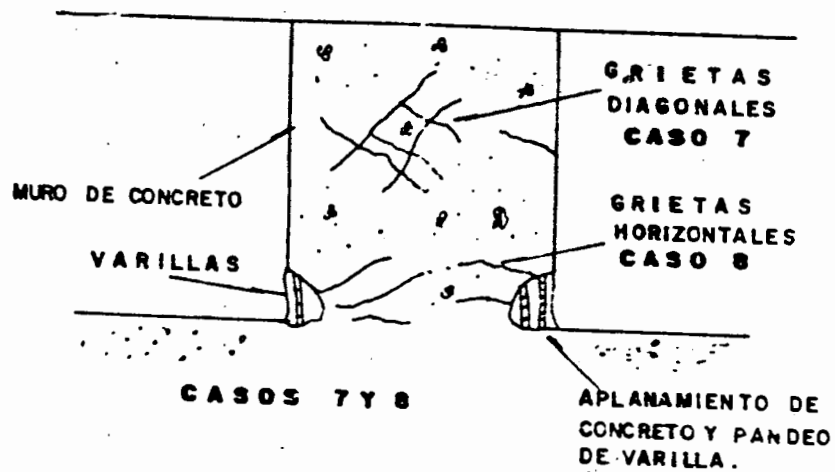
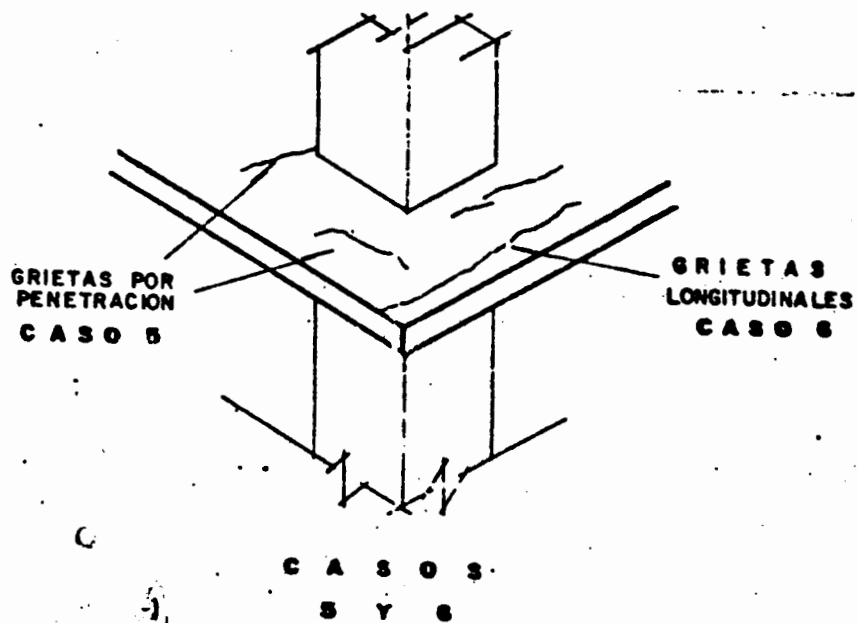
Si la resistencia ha sido fuertemente disminuida se corre peligro, incluso, de estar obligado a abandonarla o instalar apeos provisionales.

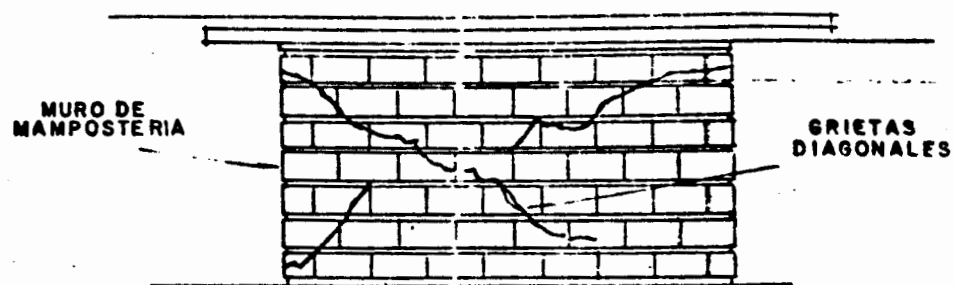
Incluso si la obra no está en servicio es esencial conocer su resistencia y el margen de seguridad que ofrece. La evaluación de la resistencia de una obra dañada, puede ser un problema importante. Sin embargo, no es éste el caso generalmente, y normalmente es claro que la resistencia es aún suficiente.

Por ejemplo, la disgregación del recubrimiento de una base de concreto o de un soporte sunchado no es grave, a menos que las armaduras estén muy corroidas. En efecto este recubrimiento no participa generalmente en la resistencia de la sección y las tensiones de adherencia son débiles.

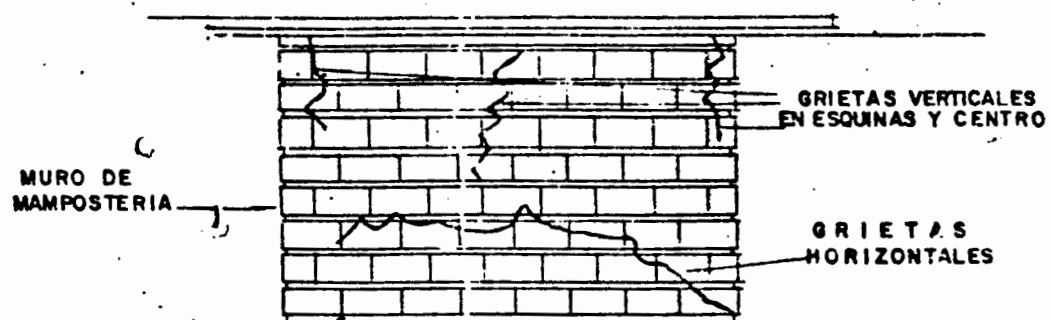
Incluso las juntas de dilatación deterioradas son desperfectos localizados en el concreto que no hacen correr graves riesgos al conjunto de la obra; el deterioro puede también limitarse a losas y placas de revestimiento u otros elementos no resistentes.

Generalmente los daños a elementos no estructurales se deben a la unión inadecuada de estos elementos con la estructura, o a una

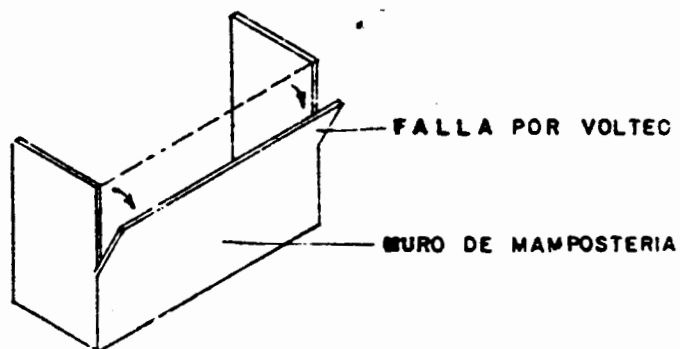




CASO 9



CASO 10



CASO 10

falta de rigidez de la misma. Los daños más comunes no estructurales que se pueden encontrar en una obra de concreto son:

- * Aplastamiento de las uniones entre la estructura y los elementos divisorios.
- * Rotura de vidrios.
- * Desprendimiento de aplanados, recubrimiento y elementos de fachada.
- * Agrietamientos de los elementos divisorios de mampostería.
- * Rotura de tuberías.
- * Rotura de instalaciones divisorias.
- * Desprendimiento de pltones.

2.5 CLASIFICACION Y EVALUACION PRELIMINAR DE DAÑOS.

Esta etapa es, muy importante, no es posible evaluar la importancia de las reparaciones y hacer ni escoger los mejores métodos de reparación si la causa de los daños no es conocida. Lo que significa que la causa específica debe ser destacada.

De hecho, sobre todo para el concreto, es frecuente que no se pueda identificar, sea porque los datos para encontrar el origen del mal sean insuficientes, o porque varios agentes destructores actúan simultáneamente. Se puede sin embargo, eliminar posibilidades hasta que no queden más que unas cuantas, y escoger entonces un método de reparación que mejore el estado presente e impida la extensión de los daños debidos a todos los agentes destructores cuya acción se sospecha.

Conviene señalar que si no se consigue detectar la causa de los daños se puede escoger un método de reparación equivocado, que en determinado momento es más perjudicial que saludable. No hay reglas ni métodos elaborados para determinar la o las causas de los deterioros, cada caso plantea un problema particular y debe ser objeto de un diagnóstico particular. Sin embargo, la experiencia permite establecer un cierto número de esquemas de principio. En general, el diagnóstico es difícil de hacer y es preciso conformarse con saber perfectamente lo que pueda deteriorarse y eliminar las causas posibles de dificultades hasta que aparezca la solución

correcta.

Algunas sugerencias importantes serían, inspeccionar y estudiar la obra, no vacilar en tomar el tiempo que haga falta inspeccionándola. Compararla con otras construcciones próximas y tratar de analizar lo que tiene de anormal, es preciso tener paciencia, los trabajos de reparación no se resuelven por las técnicas del trabajo en cadena.

Estudiar el problema, es preciso llegar al fondo de las cosas y tomarse bastante tiempo. En este campo no hay muchas urgencias reales, por lo que conviene no dejarse empujar a una decisión apresurada. Es igualmente importante estudiar la solución bastante a fondo para descubrir el defecto oculto, y no contentarse con reparar un deterioro superficial que pueda disimular una anomalía más profunda.

A continuación se presentan algunos criterios recomendables para la clasificación y evaluación preliminar de los daños de una estructura. En las medidas recomendadas se distingue entre la simple reparación, y el refuerzo que incrementa la resistencia de los elementos y/o la estructura.

Los criterios más recomendables para la clasificación y evaluación preliminar de los daños en una estructura son:

DANOS NO ESTRUCTURALES.

Concideraremos solo daños en elementos no estructurales, en donde en la evaluación preliminar contemplaremos:

- a) La reparación consistira en la restauración de los elementos estructurales.
- b) No se requiere desocupar.
- c) No existe reducción en la capacidad sismo-resistente.

DANOS ESTRUCTURALES LIGEROS

Concideraremos grietas menores de 0.5 mm. de ancho en elementos de concreto, fisuras y caidas de aplanados en paredes y techo, grietas de menos de 3mm. de ancho en muros de mampostería; por lo tanto en la evaluación preliminar concideraremos:

- a) La no existencia de la reducción en la capacidad sismo-resistente.
- b) No se requiere desocupar.
- c) La reparación consistirá en la restauración de los elementos dañados.

DANOS ESTRUCTURALES FUERTES.

Consideraremos grietas de 0.5 a 1 mm. de ancho en elementos de concreto, grietas de 3 a 10 mm. de ancho en muros de mampostería, en donde en la evaluación preliminar consideraremos:

- a) Se deberá desocuparse y mantenerse el acceso controlado, previa rehabilitación temporal.
- b) Existe una reducción importante en la capacidad sismo resistente
- c) Es necesario realizar un proyecto de reparación para la restauración y el refuerzo de la estructura.

DANOS ESTRUCTURALES GRAVES.

Se conciderarán grietas de más de 1 mm. de ancho en elementos de concreto, desprendimiento del recubrimiento en columnas, aplastamiento del concreto, rotura de estribos y pandeo del refuerzo en columnas y muros, aberturas en muros de mampostería, agrietamiento de losas planas alrededor de las columnas, desplome del edificio en más de 1:100 de su altura; con lo anterior en la evaluación preliminar concideraremos:

- a) Existencia de una reducción importante en la capacidad sismo-resistente.
- b) Es necesario proteger la calle y los edificios vecinos durante la rehabilitación temporal, o proceder a la demolición urgente.
- c) De ser posible deberá recurrirse a una evaluación definitiva que permita decidir si se procede a la demolición o bien el refuerzo generalizado de la estructura.
- d) Debe desocuparse y suprimirse el acceso y la circulación en la vecindad.

3. - BASES PARA UNA DECISION.

3.1 OBJETIVOS.

El objetivo principal de este capítulo es determinar los síntomas de una estructura de concreto, como puede ser, las fisuras, la disgregación y la desagregación (que se puede definir como una pudrición de toda la superficie, con pérdida de cemento y la liberación de áridos).

Cada uno de estos síntomas fundamentales es visible y puede ser fácilmente detectado y diferenciado de los demás. Sin embargo, cada uno se presenta bajo varias formas que tienen, cada una, una significación propia. Además en una obra dada, no solo pueden aparecer juntos los tres síntomas principales de degradación, sino que también son susceptibles de manifestarse al mismo tiempo en sus diferentes formas.

Por lo tanto, diagnosticar la causa de la degradación del concreto es una operación muy delicada que difiere claramente de la misma investigación en una obra de acero o de madera, donde la relación entre los síntomas y la causa es, normalmente muy clara.

Como se vió en el primer capítulo, se resuelve este problema buscando todas las causas posibles del estado observando y procediendo por eliminación. Este procedimiento necesita, en primer lugar, la confección de una lista de los agentes y procesos de degradación y la comparación de su modo de actuar y de afectar a los elementos de concreto.

La siguiente etapa consiste en diagnosticar la causa probable, recurriendo al proceso de eliminación citado, las siguientes etapas son la cuantificación de daños y por último la dificultad técnica para realizar la reparación.

3.2 INSPECCION FISICA.

Quizá sea inútil precisarlo, pero para que una reparación pueda ser efectuada, es preciso que el deterioro haya sido advertido antes de que sea demasiado tarde, es decir, antes de que la obra se hunda.

De hecho, esta precisión que parece simple puede plantear un problema muy delicado. Por ejemplo las vigas y polines de madera pueden ser dañados por insectos y xilófagos marinos hasta puntos cercanos al hundimiento, sin que sea apreciable la menor huella exterior, salvo por un observador especializado.

Inclusive un desperfecto común como la corrosión del acero, puede ser difícil de advertir, ya que tiene lugar, principalmente en las zonas más inaccesibles de la obra. La razón es simple, las partes accesibles se pintan, en tanto que, frecuentemente, no se presta atención a las inaccesibles.

Es frecuente incluso comprobar que gruesas vigas de madera que parecen perfectamente sanas son objeto de una pudrición interna muy avanzada. En este caso la pudrición que es debida a la humedad, comienza y se desarrolla en los puntos de contacto entre la madera y estructura, en el lugar donde la humedad persista. Estas paredes no son visible y es necesario sondear la madera con un martillo para detectar el desperfecto.

Las caras de las vigas que son visibles y pueden ser examinadas sin dificultad por estar expuestas al aire, están secas y en perfecto estado y no se pudrán.

Podrían citarse más ejemplos, pero lo importante es tener presente que el ingeniero responsable de la conservación y reparación debe recibir una información técnica que le permita saber dónde buscar y que buscar para ser capaz de detectar los deterioros.

3.3 CAUSAS DEL DAÑO.

Las causas más frecuentes del deterioro de una obra o estructura de concreto, se mencionan a continuación:

A) CAUSAS DE DEGRADACION QUE SE PRODUCEN DURANTE LA CONSTRUCCION.

La utilización de métodos inadecuados o la negligencia puede afectar, durante una fase cualquiera de la obra, a la calidad del concreto.

Este concreto se dañará más fácilmente que el elaborado con las reglas adecuadas, y deberá ser rechazado. Aunque una mala puesta en

obra puede ser una puerta abierta a los agentes agresivos, raramente es causa directa de deterioros, salvo en los casos siguientes:

- a) Asientos localizados sobre las superficies de colado.
- b) Desplazamientos en las cimbras.
- c) Vibraciones.
- d) Segregación del concreto fresco.
- e) Retracción del fraguado del concreto.
- f) Decimbrado prematuro.

NOTA: VEASE LAS FIGURAS 9.9.1, 9.9.2 Y 9.9.9.

B) RETRACCION DURANTE EL ENDURECIMIENTO.

Las reacciones químicas que se producen durante el endurecimiento del concreto, se prolongan durante mucho tiempo (probablemente varios años), y llevan consigo una disminución de volumen denominada "retracción de endurecimiento". Si la obra no puede deformarse libremente se crean tensiones que pueden fisurar el concreto.

Podemos tomar como medidas preventivas lo que sigue; pueden limitarse los efectos de la retracción empleando mezclas más pobres, de cemento tipo I ó II en lugar del tipo III y Áridos de densidad normal en lugar de Áridos ligeros.

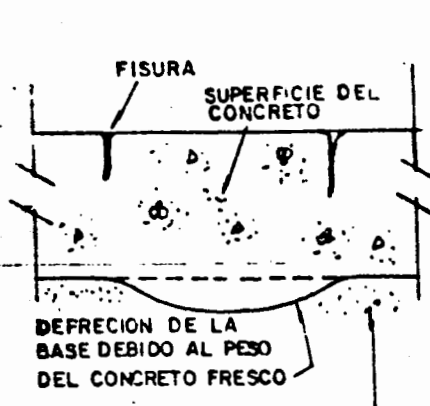
C) EFECTOS TERMICOS.

- a) Variaciones de la temperatura atmosférica.

Las variaciones de temperatura en el concreto endurecido implica cambios de su volumen y de su forma. Si tales cambios son coartados por la estructura de la obra, se producen esfuerzos que pueden producir tracciones en el concreto.

- b) Variaciones de la temperatura interna.

Las variaciones de volumen del concreto pueden deberse también a variaciones de temperatura interna, por ejemplo; el aumento de temperatura del concreto durante el fraguado en presas, losas de cimentación y cimientos de turbinas, que resultan de las reacciones exotérmicas que se producen, es un fenómeno conocido.



SUPERFICIE DEL
COLADO

SUPERFICIE DEL
CONCRETO.

DESPLAZAMIENTO
DE LA CIMBRA

FISURA

CIMBRA

FIG. 3.3.1 FISURA DEBIDO AL ASIENTO DE LA
SUPERFICIE DE COLADO DURANTE
LA CONSTRUCCION.

FIG. 3.3.2

FISURA DEBIDO AL MOVIMIENTO DE
LA CIMBRA, DURANTE EL PASEADO
DEL CONCRETO

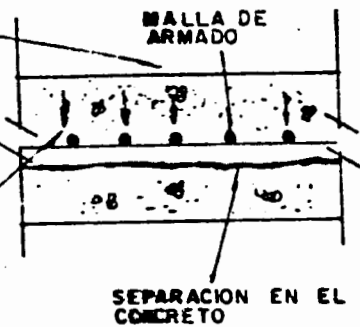
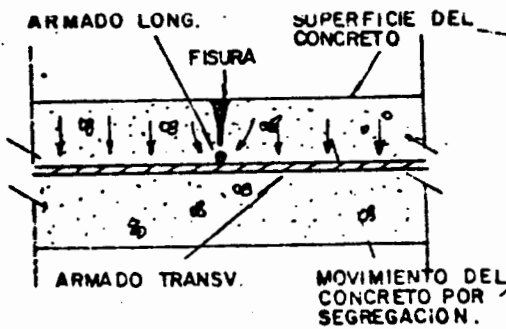


FIG. 3.3.3 FISURAS EN EL CONCRETO A CAUSA
DE LA SEGREGACION.

D) ABSORCION DE AGUA EN EL CONCRETO.

En mayor o menor grado todo el concreto es poroso. De hecho frecuentemente se comprueba que entre las diferentes partes de una misma obra, construida con los mismos materiales, según las mismas normas, con el mismo contratista, algunas están gravemente dañadas mientras que otras están sanas. Esto debe generalmente a las diferentes cantidades de agua absorbidas por el concreto según sus condiciones de utilización y según su porosidad, que es función de la calidad de ejecución.

Cuando la cantidad de agua en el concreto aumenta, éste se endurece y aumenta su volumen.

E) CORROSION DE LOS ARMADOS.

a) Corrosión debido a ataques químicos.

Salvo en los pocos casos de obras de concreto en masa, la construcción de concreto contiene armado de acero.

Estos armados se colocan expresa y casi invariablemente a algunos centímetros, normalmente apenas más de uno, de la superficie. Si el armado está en contacto con el aire o el agua se corroe. El volumen de óxido producido por la corrosión es unas 8 veces el del metal sano de que procede, lo que provoca fisuras y disgregación del concreto.

b) Corrosión debida a efectos electrolíticos.

En contacto con el agua, sobre todo en presencia de sales, el concreto es conductor, las corrientes eléctricas erráticas pueden engendrar un efecto electrolítico sobre el acero y provocar una fuerte corrosión.

Los orígenes de estas corrientes son frecuentemente accidentales, como las tomas de tierra o las fugas; pueden también provocarse, como en el caso de la protección catódica.

Cuando se toman medidas de protección, hay que recordar que los sulfatos, cloruros y carbonatos favorecen la corrosión.

F) REACCIONES QUIMICAS.

a) Materiales defectuosos.

La utilización de materiales defectuosos o sucios provoca variaciones de volumen en el concreto, fisuras y todo tipo de desperfectos imprevisibles.

b) Algunos de los más importantes agentes destructores.

Los cementos comerciales son alcalinas y les atacan los ácidos, los compuestos orgánicos hidrolizables son ácidos y algunos alcoholes.

El agua del terreno, ácida a causa de la presencia de vegetales en descomposición, constituye a veces una fuente de dificultades a este respecto. Los forjados de lechería plantean un problema a causa del ácido láctico de la leche vertida que se agria.

Los forjados de cervecerías, de fábrica de pasta de papel y productos alimenticios, son otros tantos problemas. Las sales que contienen iones amonio y magnesio atacan al concreto, reaccionando con el calcio.

En particular la sustitución del calcio, por magnesio se produce en contacto con el agua de mar. Es uno de los mecanismos por lo que el agua de mar ataca al concreto.

NOTA: OBSERVESE LA FIGURA 9.9.5

G) ALTERACION ATMOSFERICA.

Como se ha indicado anteriormente, todos los concretos son más o menos capaces para absorber agua. Si el agua absorbida se expone a temperaturas menores de 0 grados centigrados, se hiela y aumenta de volumen; la presión resultante fisura la superficie del concreto.

Durante el deshielo, la superficie fisurada se disgrega. La repetición de este proceso lleva consigo la desintegración de la superficie del concreto.

Podemos tomar como medidas preventivas lo que sigue; siendo el problema esencial el de la dilatación del agua absorbida por la masa del concreto al helarse, la mejor precaución es disminuir la porosidad utilizando un concreto compuesto, y de buena calidad.

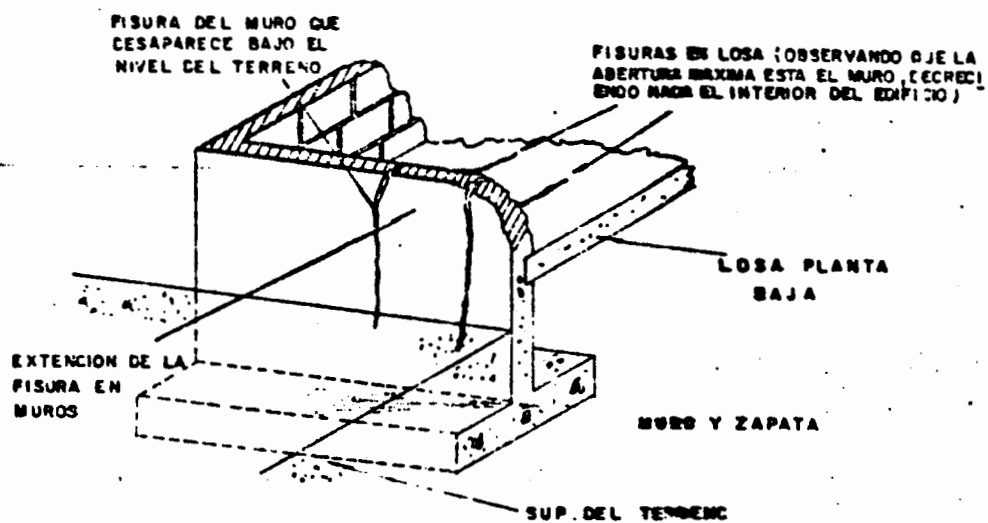


FIG 3.3.4 FISURA DEBIDO A EFECTOS TERMICOS

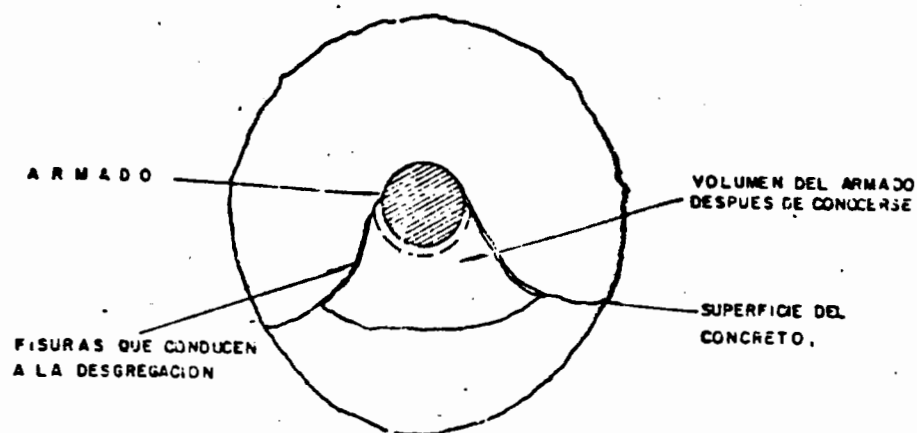


FIG 3.3.5 FISURAS EN EL CONCRETO DEBIDO A LA CORRECCION DEL ARMADO

H) ONDAS DE CHOQUE.

Siendo el concreto un material heterogéneo, es susceptible a disgregarse cuando está sometido a ondas de choque. Esto se debe a las diferentes velocidades y propagaciones de las ondas en los diferentes materiales: áridos, conglomerantes y armados. Los pibotes de concreto son muy sensibles a este fenómeno. Estos elementos necesitan generalmente una hica potente para su colocación.

Los muelles y los espigones son también fuente de problemas en este aspecto. Si no están convenientemente protegidos, pueden ser dañados por los choques durante los ataques, sobre todo en los puntos de concentración de tensiones, tales como ángulos, cornisas, etc.. Lo mismo ocurre en las cimentaciones de máquinas, se han observado también casos de rotura bajo el efecto de ondas de choque debidos al paso de la barrera de sonido.

Medidas preventivas.- la experiencia adquirida en zonas sísmicas ha demostrado que la utilización de secciones muy armadas garantizan una excelente resistencia de las obras de concreto a las ondas de choques. La resistencia a los choques también puede mejorarse por utilización, en la confección del concreto, de áridos angulosos y rugosos en vez de áridos rodados.

I) EROSION (ABRASION)

Los casos que siguen son los casos más frecuentes de erosión del concreto. En todo caso, la protección esencial consiste en utilizar un concreto de buena calidad, compacto y liso en superficie.

a) Losas de pavimentos.

La carga por eje de vehículos con llantas es normalmente fuerte, de 16 a 20 ton.* metro, como el costo de la mano de obra se ha crecido fuertemente, se tiende a ahorrar en el uso de estas máquinas, lo que hacen que la suciedad y los deterioros no se retiren rápidamente, jugando éstos el papel de abrasivos respecto del pavimento. La abrasión de las losas de pavimentos es, un problema corriente.

b) Obras hidráulicas.

Los canales de concreto plantean también un problema, los cuerpos sólidos en suspensión desgastan por abrasión el fondo y los cajeros. Los sólidos más gruesos se desplazan rebotando sobre el fondo. Además a grandes velocidades puede producirse el fenómeno de cavitación (o sea, un tipo de desgaste, que no exige la presencia de sólidos en suspensión).

c) Conducciones.

La abrasión puede plantear un problema grave sobre todo si las conducciones transportan gas de alto contenido de cenizas. Sin embargo lo único que se puede hacer es mejorar el proceso de combustión y utilizar un revestimiento.

d) Obras marítimas en zonas rompientes.

En las zonas rompientes o próximas a ellas, las olas excavan el fondo y erosionan todas las construcciones que alcanzan con las partículas de arena y de lodo que proyectan violentamente.

El ciclo persiste, poco a poco, año tras año, millones de veces, desgastando el concreto más resistente así como el acero por resistente que este sea.

JD MALA CONCEPCION DE LOS DETALLES CONSTRUCTIVOS.

Todo lo anterior visto es preocupante, pero de igual forma es preocupante la presencia de detalles constructivos mal proyectados que, respetando las exigencias del pliego de condiciones, no satisfacen en la práctica.

Si se examina un gran número de obras situadas en lugares diversos se descubre que las degradaciones que se producen con mayor frecuencia están ligadas a ciertos detalles.

Así ocurre que ciertos efectos se producen por no preverlos durante la redacción del proyecto. Un gran número de detalles constructivos defectuosos se describen a continuación. Conviene evitarlos y tenerlos en cuenta durante la realización del proyecto.

a) Angulos entrantes.

b) Variaciones bruscas de sección.

c) Juntas rígidas entre losas prefabricadas.

- d) Deformaciones.
 - e) Fugas en las juntas.
 - f) Goterones mal proyectados.
 - g) Drenaje insuficiente.
 - h) Juegos insuficientes de las juntas de dilatación.
 - i) Tensiones tangenciales no previstas.
 - j) Incompatibilidad de materiales a secciones.
 - k) Efectos de fluencia no previstos.
- etc.

3.4 CUANTIFICACION DE DAÑOS.

Quando se ha determinado la causa del deterioro y se ha comprobado la resistencia de la obra, hay que decir:

- a) Dejar que prosigan los deterioros.
- b) Tomar medidas para conservar la obra en su estado actual sin tratar de reforzarla.
- c) Reforzar la obra.
- d) Si los deterioros son de gran importancia, reconstruir e incluso abandonar la obra. Esta decisión debe tomarse en función de factores de seguridad.

ECONOMIA Y ESTETICA.

Estos factores se rigen por los siguientes principios. Teniendo en cuenta que pueden aplicarse a las diferentes partes de la obra, decisiones y métodos diferentes.

A) Primer caso; El cálculo demuestra que la resistencia de la obra es aún suficiente. Si el aspecto exterior de la obra deja mucho que desear, debe repararse la obra cuanto antes.

En caso contrario:

- 1) Inspeccionar la obra para saber si la degradación está estabilizada ó prosigue.
- 2) Si está estabilizada es inútil reparar sin aplicar un tratamiento preventivo; es mejor no hacer nada.
- 3) Si progresa, ver si es más económico dejarla avanzar y reparar más tarde ó reparar cuando antes.

- 4) Primero hay que ver si es posible diferir la reparación, si la resistencia de la obra es suficiente pero no sobrada, y los deterioros progresan, es evidente que no puede diferirse la reparación.

Suponiendo que sea posible diferir la reparación, estudiar los costos del trabajo ejecutado inmediatamente ó pasado un tiempo. Si se difiere el trabajo, el deterioro se agravará y la reparación será más costosa.

Además, si hay que aplicar a la obra un tratamiento preventivo bajo cualquier forma, para diferir las reparaciones el costo de esta operación se sumará al del trabajo definitivo.

B) Segundo caso: El cálculo revela que la resistencia de la obra es, en conjunto, insuficiente ó lo será rápidamente.

Es preciso, o bien reparar o reconstruir la obra, o bien renunciar a su utilización (parcial o totalmente), conciderar un cambio de utilización. La primera desición se presenta así: La obra (o una parte de ella) deteriorada, es verdaderamente necesaria?.

Es sorprendente comprobar con frecuencia que un propietario descubre que no tiene necesidad de tal o cual dependencia, incluso de un edificio entero, cuando conoce el precio de las reparaciones. Ocurre también que se pone de manifiesto que las cargas aplicadas no son tan grandes como las previstas, y que la estructura puede en adelante preverse para una sobrecarga de uso inferior.

Sin embargo, si la decisión de no reparar o de limitar la reparación implica que la carga útil, debe ser disminuida, es preciso dar a esta decisión caracter de oficial, con el objeto de que los futuros usuarios estén avisados y, si se trata de un inmueble pedir oficialmente un cambio de las condiciones en las cuales está ocupado.

Sin embargo, si se supone que la obra es necesaria un criterio de elección empírico y corriente consiste en reparar, si el costo de la reparación es inferior al 50% de una obra nueva de sustitución y construir esta nueva obra si los gastos sobrepasan ese porcentaje.

Esto supone, evidentemente que, la obra puede ser puesta fuera de servicio durante el período de reconstrucción. Esto es a veces

imposible, y entonces hay que hacer la reparación al precio que sea.

Si se ha decidido reparar, se pasa a la quinta etapa.

3.5 DIFICULTAD TECNICA.

En relación con la dificultad técnica, se elegirá el procedimiento menos costoso y difícil que sirva para obtener el fin perseguido. Conviene tener en cuenta las siguientes consideraciones generales:

a) El costo no está representado únicamente por el gasto inicial. Sino también hay que considerar los gastos de conservación y el interés producido por las cantidades no gastadas inmediatamente.

b) El trabajo debe ser hecho a su debido tiempo, sin prisas. Una reparación para hacerse bien, requiere reflexión y cuidado, y esto lleva tiempo. Además, el costo de la reparación crece a medida que la situación se agrava.

c) Si los daños son relativamente pocos y aislados, se pueden realizar separaciones parciales. Si son muchos, es preciso repararlos en su totalidad.

d) Es preciso asegurarse de que la reparación impedirá el progreso de los deterioros; de lo contrario, hay que tratar un margen suplementario de seguridad al reparar, para tener en cuenta la persistencia de la degradación o de la aparición de cualquier otra clase de alteración.

e) Si la obra se ha debilitado peligrosamente, la reparación debe devolverle su resistencia inicial y no limitarse ha impedir que prosiga el proceso de deterioro.

f) Que plantea problemas de estetica ? Si ocurre así los tipos de reparación posible son limitados, y puede ser necesario

ocultar la reparación por cualquier procedimiento ornamental.

g) Es preciso asegurarse de que las reparaciones durante su ejecución, no dificultarán seriamente el uso de la estructura. Si esto no se puede evitar, hay que tomar medidas para que la obra siga en servicio.

h) Una reparación implica a menudo el aumento de las dimensiones de un elemento. Esto implica el incremento de rigidez del elemento, modifica la distribución de los esfuerzos debidos a las sobrecargas haciendo trabajar más algunos elementos y aliviando otros.

Estos cambios pueden ser importantes y tener serias consecuencias.

4. - MEDIDAS PRELIMINARES.

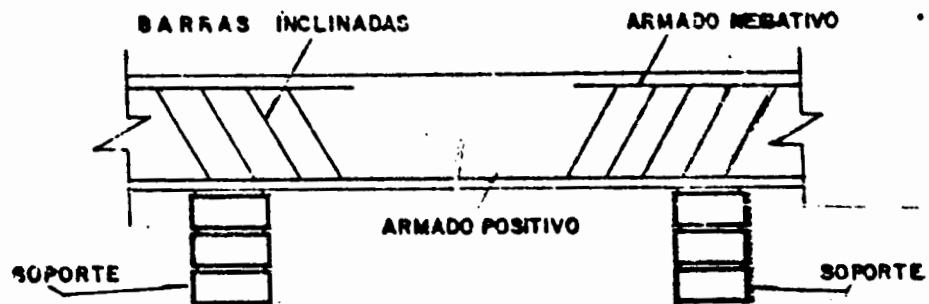
4.1 OBJETIVOS.

Ocurre con frecuencia que una obra seriamente dañada, cuya resistencia está aparentemente disminuida, continúa soportando su carga sin fallo perceptible. Este estado se explica esencialmente por las razones siguientes:

- 1.- Las obras se calculan generalmente basándose sobre procedimientos simplificados aplicados a los esquemas de construcción.
- 2.- Los elementos se dimensionan para soportar los esfuerzos máximos.
- 3.- El proyecto de un obra se basa normalmente en la teoría de la elasticidad. Procediendo a un análisis en rotura o por redistribuciones plásticas de momentos, es frecuentemente posible poner de manifiesto posibilidades resistentes superiores.
- 4.- Las sobrecargas de uso previsto raramente se alcanzan en la práctica.
- 5.- Puede proporcionarse un margen de seguridad inicial en forma de exceso de acero, dimensionando los elementos con la sección normalizada inmediatamente superior, ó dirigiéndose a una sección más ligera pero de mayor inercia, respetando unos mínimos de espesor de acero y/o unos máximos de deformación.
- 6.- La distribución de esfuerzos puede diferir de la que se admite tradicionalmente.
- 7.- La resistencia de los materiales, y sobre todo la del concreto, puede aumentar con el tiempo, si se trata del acero, puede producirse un endurecimiento por deformación.
- 8.- En algunos casos la carga prevista responde solo a condiciones temporales o a necesidades de construcción, y las cargas de servicio son inferiores.

NOTA: VEASE LAS FIGURAS 4.1.1 Y 4.1.2

- 9.- Los métodos de cálculo habituales no tienen en cuenta todos los parametros, tales como el efecto bóveda en el relleno de un muro de contención lineal anclado, la colaboración del mortero de agarre del



1) ESTRUCTURA

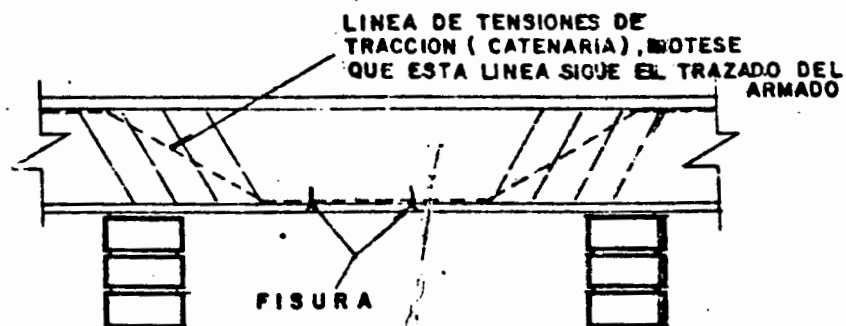
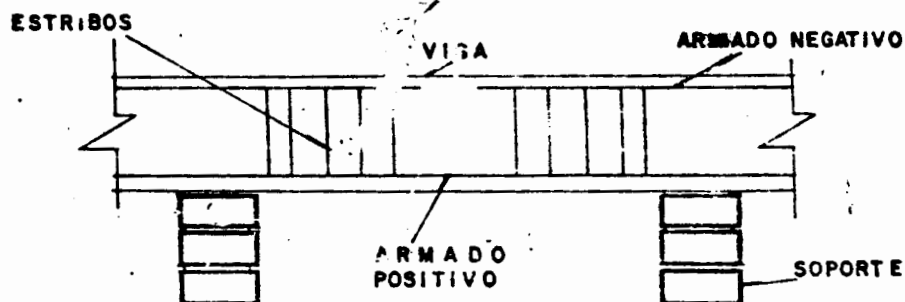
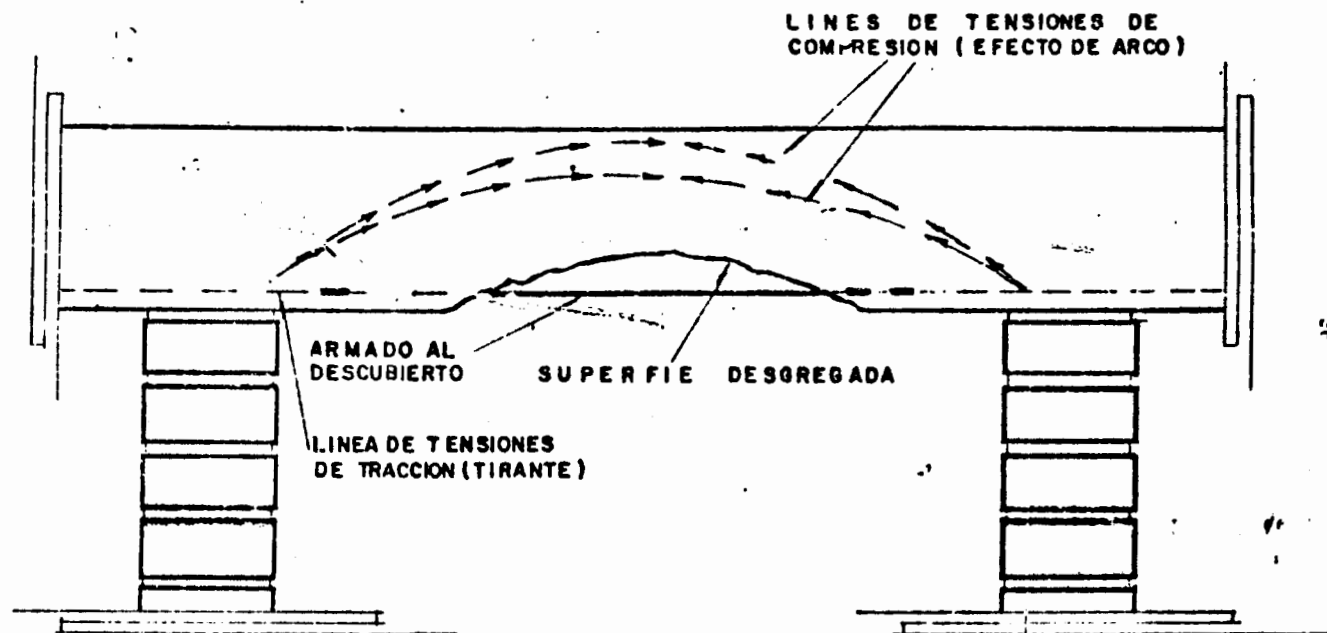


FIG 4.1.1 EFECTO DE CATENARIA DEBIDO A LA APARICION DE FISURAS.

2) EFECTO RESULTANTE DE LA APARICION DE FISURAS



1) ESTRUCTURA



EFFECTOS RESULTANTES DE
LOS DETERIOROS

FIG 4.1.2 EFECTO DE ARCO DEBIDO A LA DESGREGACION DE HORMIGON.

pavimento con el forjado y de los marcos de la estructura, el incremento de resistencia de los pilares metálicos, proporcionado por sus elementos de protección contra el fuego, etc..

10.- Ciertos elementos se estudian en función de la rigidez y no de la resistencia y, por consiguiente, pueden tener dimensiones superabundantes.

Considerando lo anterior y la evaluación preliminar de daños se concluye que no es necesaria la demolición de inmediato de la estructura, deberán definirse las medidas de emergencia apropiadas para garantizar seguridad temporal mientras se lleva a cabo el estudio de la rehabilitación definitiva.

El diseño de los sistemas de protección temporal debe efectuarse con prematura, por lo que no se suele disponer de suficiente tiempo para aplicar los métodos convencionales de dimensionamiento. Así se deberá recurrir a métodos de análisis aproximados para determinar las magnitudes de las cargas y de sus efectos.

4.2 ACCIONES.

Si no se va hacer una reparación, o se va a hacer parcialmente, si la obra puede continuarse utilizando en virtud de una reserva de resistencia superior a la que resulta de los cálculos de proyecto, es preciso que se reúnan las condiciones siguientes:

1) La resistencia de la obra debe permitirle soportar con un coeficiente de seguridad suficiente, además de las cargas actuales las cargas máximas probables.

2) Hay que buscar la posible existencia de tensiones residuales importantes debidas al deterioro de la obra o a otros factores, la existencia de estas contribuye a disminuir la resistencia de pandeo de los elementos y constituye un factor importante que es frecuentemente despreciado.

Si la obra se ha deformado no debe levantarse a la fuerza. Es preciso desmontarla, enderezar los elementos libres de toda tensión

y volverla a montar, o bien suponer que los elementos deformados no tienen la resistencia suficiente para soportar una carga superior a la que están soportando y reforzarlos.

3) Todas las deformaciones de la obra, necesarias para la movilización de la reserva de la resistencia, deben de ser tomadas en consideración. Es necesario que estas deformaciones no sean causa de un aspecto desagradable o de origen a efectos secundarios molestos.

4) La reserva de la resistencia utilizada debe ser permanente. No hay que contar con el empuje del terreno en el que pueden ser hechas excavaciones, ni con un peso que corre el peligro de ser tirado, ni con el abrigo de obras vecinas que pueden ser demolidas.

5) Es preciso detener de una manera eficaz y definitiva todo deterioro posterior de los elementos principales. No es sin embargo, indispensable proteger los elementos que no han sido seriamente dañados.

6) Si la reserva de resistencia deseada está proporcionada por factores no tenidos en cuenta en el proyecto, conviene rehacer los cálculos considerando estos factores. Es preciso comprobar cuidadosamente las disposiciones de detalles: Por ejemplo, los empalmes de armados que actúen a modo de tirante, de manera que no haya pérdidas de adherencia.

Es preciso comprobar que el empuje de arcos o los esfuerzos de tracción de catenarias son soportados por algún medio. También comprobar el estado de los apoyos de las vigas.

Podrán no ser necesarios los soportes o apuntalamientos laterales en aquellos casos en que los daños a reparar sean locales y se considere evidente que la estabilidad general de la estructura es adecuada.

4.3 APUNTALAMIENTOS VERTICALES.

El proporcionar apoyo auxiliar a las columnas y muros de carga

seriamente dañadas es la primera medida a tomar, al instalar un sistema de protección temporal. En algunos casos, es posible limitar el apuntalamiento a un solo piso. En tales casos debe revisarse la resistencia en las secciones de las uniones trabe-losa, para poder así garantizar que el apuntalamiento vertical sea efectivo.

NOTA:VEASE LA FIGURA 4.9.1

Una alternativa más confiable consiste en proporcionar soportes provisionales a todos los niveles del correspondiente elemento dañado. De esta manera se reducen considerablemente las fuerzas cortantes en las secciones trabe-losa, cuando el elemento de soportes provisional se apoya sobre losas debe cuidarse que no se presenten problemas de penetración.

NOTA:VEASE LA FIGURA 4.9.2

Cuando las porciones de muros entre aberturas o daños en los dinteles se han agrietado de manera que su capacidad de carga y sus estabilidad lateral son dudosas, puede recurrirse a refuerzos con piezas de madera.

Cuando las cargas que deben soportarse son grandes, deben recurrirse al empleo de perfiles más simples de acero o combinaciones de ellos para formar diferentes tipos de secciones compuestas, los perfiles simples así como las secciones compuestas, deben acunarse debidamente en forma semejante a la utilizada para los elementos de soporte.

Existen también diversos elementos producidos industrialmente para ser usados en cimbras y obras falsas para la construcción que pueden aprovecharse para apuntalar.

Para cargas muy ligeras pueden utilizarse soportes telescópicos independientes, la capacidad de estos elementos es de aproximadamente 2 ton. y una altura aproximada de 3 metros, se pueden utilizar para soportar sistemas de piso o techo ligeros que hayan sufrido daño.

NOTA: VEASE LA FIGURA 4.9.3

4.4 SOPORTES LATERALES.

La determinación de la capacidad y la distribución de los

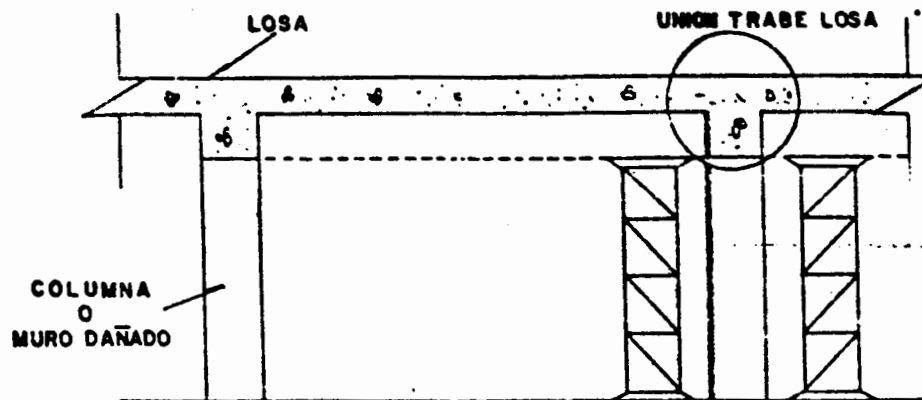


FIG. 4.3.1 APUNTALAMIENTO VERTICAL EN UN PISO (SE APUNTALA DE IGUAL MANERA PARA VARIOS PISOS)

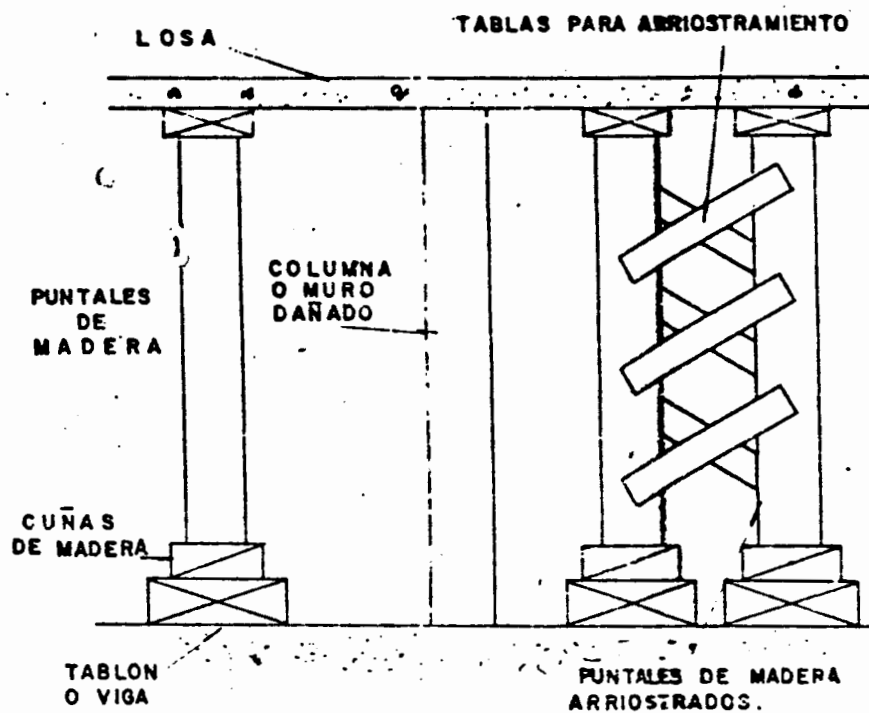
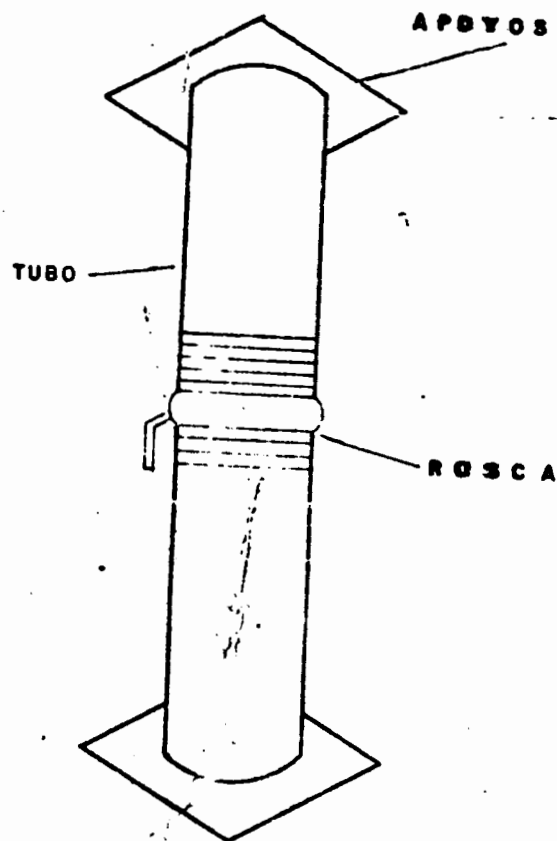


FIG. 4.3.2 APUNTALAMIENTO VERTICAL SIMPLE Y APUNTALAMIENTO ARRIOSTRADO.



PUNTAL TELESCOPICO

FIG 4.3.3

soportes laterales es uno de los aspectos más difíciles del diseño de sistemas de protección temporal. Además debe preocuparse que el sistema de apuntalamiento estorbe lo menos posible, tanto en el uso normal del edificio como en los trabajos de la reparación final.

El soporte lateral puede lograrse con apuntalamientos inclinados y con diversos sistemas de contraventeo.

Deben proporcionarse soportes laterales a los muros de carga, concreto o de mampostería con la finalidad de que no caiga hacia afuera, debido a diversas acciones horizontales, lo que ocasionaría el derrumbe de los pisos o techos que sostienen.

NOTA: VEASE LA FIGURA 4.4.1

También se pueden ligar los muros exteriores a elementos del sistema de piso o colocar tirantes de muro a muro.

NOTA: VEASE FIGURA 4.4.2 Y 4.4.3

Los edificios a base de marcos deben rigidizarse por medio de contraventeos formados por miembros diagonales de madera o acero que trabajen a compresión. Para que sean efectivos deben acunarse adecuadamente en ambos extremos. Si las columnas no son capaces de resistir las componentes verticales introducidas por el contraventeo, será necesario completarlo con elementos adicionales verticales. Los miembros pueden consistir en cables o en perfiles laminados de acero.

En algunas situaciones puede resultar conveniente proporcionar soporte a una estructura por medio de tirantes exteriores, el diseño del muerto que actúa sobre el suelo debe ser lo suficientemente grande para que el manejo pasivo sea superior a la componente horizontal del tirante, también el peso del muerto debe ser superior a la componente vertical del tirante, por último la localización del anclaje del tirante no debe provocar el volteo del muerto.

NOTA: VEASE FIGURA 4.4.4

4.5 METODOS DE ACUNAMIENTO.

Para transferir cargas de los elementos estructurales dañados al sistema de soporte temporal es necesario acunar adecuadamente el sistema que trabaja a compresión, esto puede hacerse por medio de

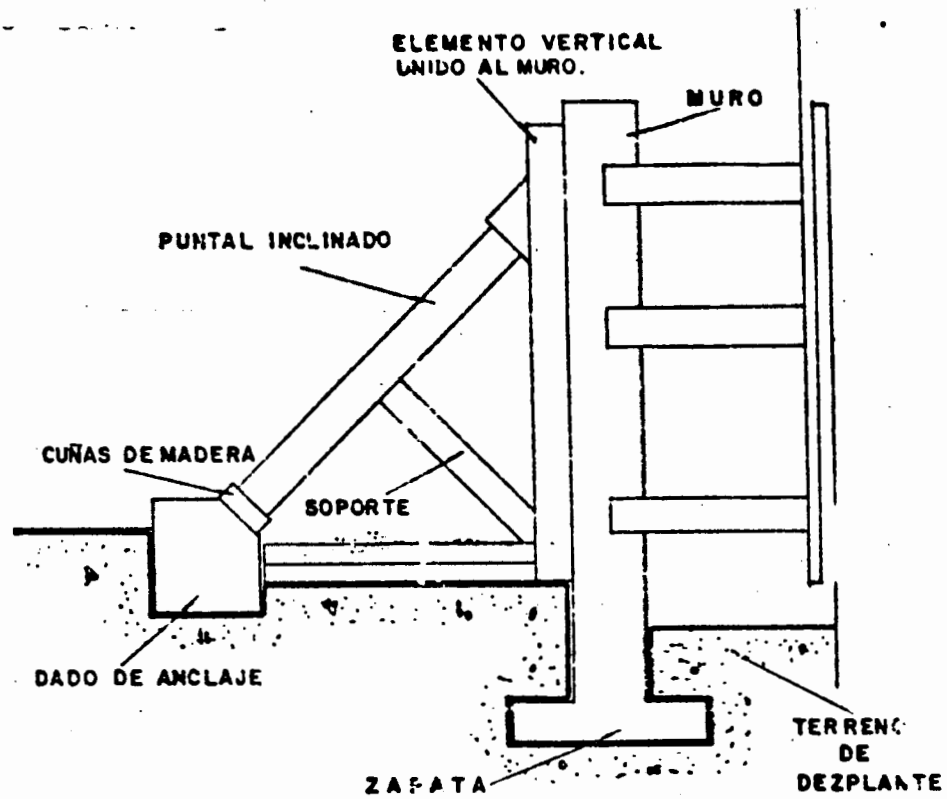


FIG. 4.4.1 APUNTALAMIENTO EXTERIOR

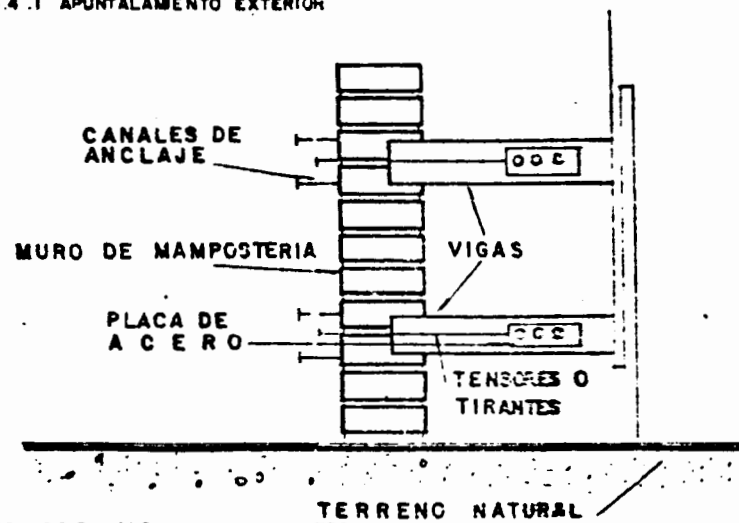


FIG. 4.4.2 ANCLAJE DE MURO EXTERIOR A VIGAS DEL SISTEMA DE PISO

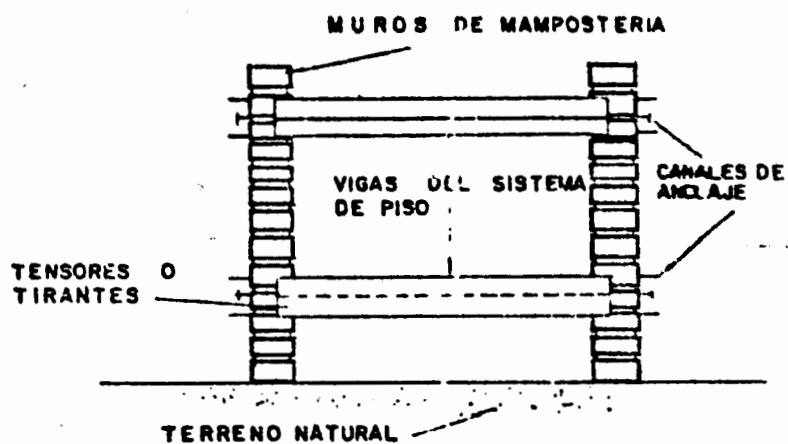


FIG. 4.4.3 ANCLAJE DE MURO A MURO

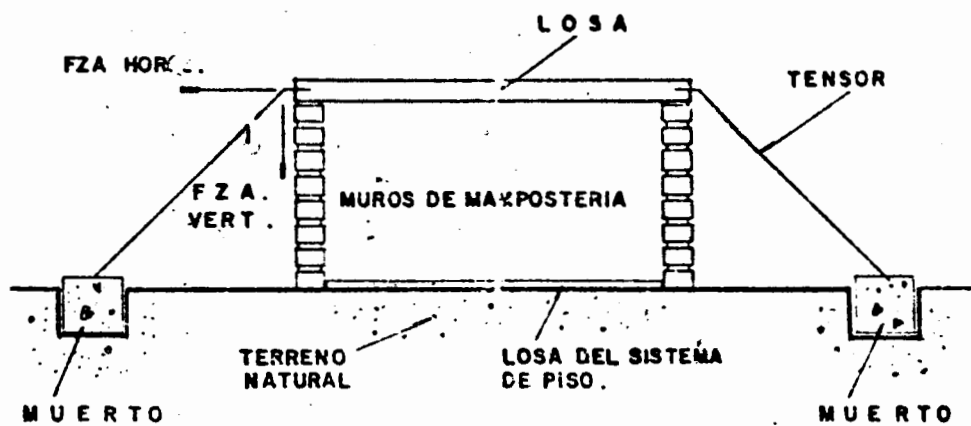


FIG. 4.4.4 SOPORTE LATERAL CON TENSORES ANCLADOS A UN MUERTO DE CONCRETO

cuñas de madera, gatos mecánicos, gatos hidráulicos ordinarios y gatos hidráulicos planos; las cuñas de madera deben de fabricarse de madera dura, seca y libre, una vez ajustada deben evitarse posibles movimientos sujetándolas con clavos.

NOTA: VEASE FIGURA 4.5.1

Los gatos mecánicos deben tener una superficie de apoyo proporcional a la carga que transmiten, de manera que no existan problemas de penetración, también la superficie de apoyo debe estar en relación con la altura del gato, para evitar problemas de volteo.

Los gatos hidráulicos deben estar librados de manera que el operador pueda relacionar la presión de aceite con la carga aplicada

Cuando la base de los gatos la proporciona un apoyo adecuado puede intercalarse una pieza de madera o una placa de acero entre la base y la superficie de apoyo para lograr una mejor repartición de la carga.

Los gatos planos constituyen un medio eficaz de acuar y pueden operarse a distancia al igual que los gatos hidráulicos ordinarios, generalmente funcionan inyectándoles agua o aceite.

A veces es conveniente colocar lechada, medera dura o placas de plomo entre la estructura soportada y el gato plano para mejorar las condiciones de apoyo.

Una vez terminada la operación, es conveniente instalar cuñas de madera como medida de seguridad en caso de una perdida de presión.

NOTA: VEASE FIGURA 4.5.2

4.6 OTRAS ACCIONES.

Otras acciones que nos sirven como medidas preliminares para la reconstrucción de un estructura son:

Los acodalamientos; estos se colocan horizontalmente y consisten en uno polines recargados contra la pared, sostenidos por otros polines de madera verticalmente, los cuales se encuentran apuntalados con una calzas cuyos pies se apoyan en plantillas de madera hincadas en la tierra, el funcionamiento de estos acodalamientos consiste en que varias cuñas impiden que los pies de los puntales resbalen en las plantillas, trabajando en conjunto las

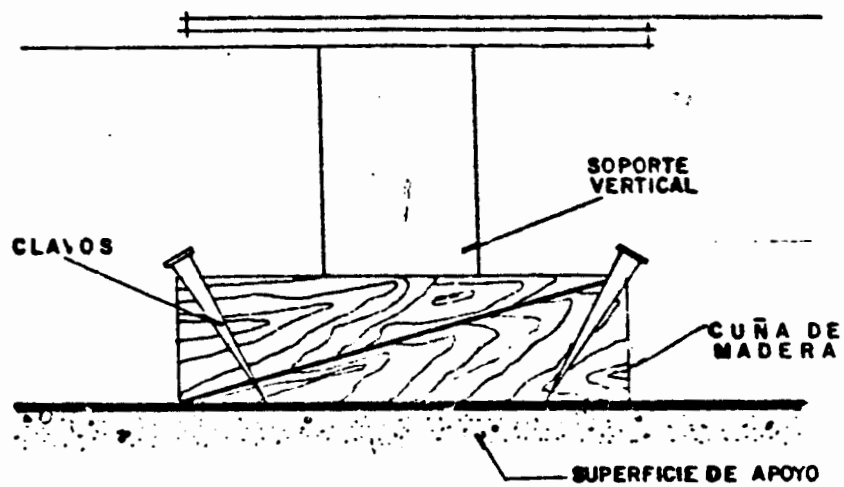


FIG 4.5.1 USO DE CUÑAS DE MADERA

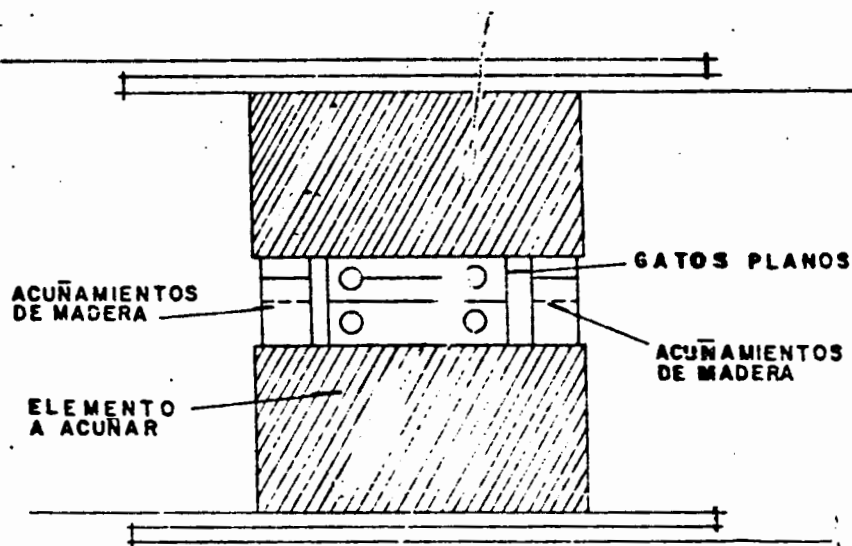


FIG 4.5.2 GATOS PLANOS CON ACUÑAMIENTOS DE MADERA

calzas de madera aplicándolos sobre la misma plataforma y armandolas con contraventeos.

Apeos: un apeo se compone de tres caballetes contruidos por vigas montantes que sostienen unos travesaños que reciben el nombre de sombreretes, las ventanas o los voladizos de los balcones pueden ser apuntalados con facilidad y seguridad, ya que los elementos de madera estan oblicuos y apretados uno contra otro con sus puntas y apoyadas en las plataformas, colocadas sobre los tableros de la ventanas, consolidando los voladizos de dicha ventana.

Para reconstruir un muro de carga que soporte una losa, se apuntala dicha losa, colocando en el suelo vigas maestras a 45 grados, apoyandolas sobre las vigas atrávez de ellas, apoyadas en las vigas maestras, se colocan puntales, que soportan una carrera colocada paralelamente y verticalmente por encima de las vigas maestras, el pié de los puntales, está cortado en bisel y se calza con una cuña de madera.

5. - EVALUACION DEFINITIVA Y REPARACION.

5.1 OBJETIVOS.

El objetivo de este punto es proponer una marcha a seguir para formular un diagnóstico, desgraciadamente procediendo como se ha venido mencionando no siempre se llega a una conclusión única, esto se debe en parte, a la limitación de nuestros conocimientos actuales, pero más frecuentemente a una falta de datos, en lo particular en lo que se refiere a los antecedentes de la obra.

Por ejemplo en más de un 50% de los casos, datos esenciales tales como el tipo de cemento, la composición del concreto, el origen del árido, las condiciones atmosféricas durante la construcción y para los pilotes, su longitud y las curvas de hinca, no pueden ser obtenidos.

A pesar de esto se puede actuar eficazmente siguiendo un orden adecuado, fiándose de la propia experiencia y dando prueba de un buen sentido de ingenio.

La experiencia es muy importante, indicios que pueden ser observados la primera vez que una situación se presenta, serán fácilmente detectados la segunda vez.

Por lo tanto, el objetivo primordial de este punto es determinar si la estructura es reparable o no. En general esto será si el costo de la reparación sea razonablemente menor del que sería demoler y volver a construir una estructura.

Podemos conciderar que el planteamiento de la reparación podrá llevarse a cabo dividiéndolo en :

Restauración o sea la recuperación de la capacidad de resistencia de la estructura original. Y el refuerzo o incremento de la capacidad sismo-resistente original y mejoramiento de la estructura.

El estudio y las limitaciones de las diferentes alternativas, permitirá alegir adecuadamente la solución para proceder al diseño y construcción. Antes de proceder al diagnóstico definitivo, conviene retener que, a menos que la causa del daño sea evidente, no hay que pararse a medio camino del proceso expuesto. Varios agentes destructores, actuando a la vez, pueden ser el origen de las dificultades, y es inútil identificar uno, sin tener en cuenta los demás.

5.2 INSPECCION DESARROLLADA.

Es importante comprobar, que el deterioro no es debido a una sobrecarga no considerada en el cálculo. Haciendo justicia a los despachos de proyectos, hay que decidir si existió algún problema en el proyecto, aunque en este caso es muy raro, suele presentarse a menudo.

Hay que asegurarse que el daño de la estructura no se debe a estos, de la manera siguiente:

1.- Se examina, en primer lugar, el tipo de tensiones que habría podido causar el deterioro observado, por ejemplo, las tracciones provocan fisuras, generalmente sin disgregación superficial y frecuentemente una fisura o un pequeño número de ellas basta para suprimir las tensiones que las ha provocado.

Por otra parte, un esfuerzo de compresión excesivo va, casi siempre, acompañado de disgregación superficial y de astillamiento, antes de que las tensiones desaparezcan.

Un esfuerzo de torsión o de cizalladura excesivo, puede dar lugar a uno de estos fenómenos o a los dos a la vez. Sin embargo, ninguna tensión, por superior que sea a las admisibles, basta para causar la desagregación del concreto.

Así, si el síntoma de la degradación es la desagregación, es poco probable que la causa del mal este en un error de cálculo.

Por lo mismo si el síntoma son las fisuras sin disgregación superficial, hay que eliminar como causas posibles a las tensiones de compresión excesivas, y quizá incluso a las debidas a la torsión y esfuerzo cortante.

Si la obra está a la vez fisurada y disgregada, las tensiones de tracción excesivas no son la causa.

Hay que tratar también de encontrar la relación entre la ubicación de los deterioros en la obra y el origen probable del exceso de torsión. Hay que tener en cuenta que, en las vigas, el alma absorbe los cortantes, las alas de flexión y que la tensión produce, tensiones máximas en las fibras extremas en sentido transversal.

Por lo tanto, la presencia de fisuras de cortante en las alas, o

de flexión en el alma, es incompatible con este esquema de distribución de tensiones. Hay que exceptuar el caso en el que el elemento, está sometido a un conjunto de tensiones, esto debe comprobarse por el cálculo.

2.- A continuación, una vez que se sabe que tipo de tensiones pueden ser excesivas, hay que ver si se producen en las zonas dañadas, por ejemplo; si se ha atribuido provisionalmente las fisuras a una tracción excesiva y si estas fisuras aparecen en el ala que trabaja a compresión, hay una incompatibilidad, la causa entonces no es una torsión superior a la admisible.

Del mismo modo, la disgregación superficial no tiene nada que ver en el estado de tensiones en las zonas que trabajan a tracción, las zonas trituradas no tienen nada que ver con la distribución de tensiones en los elementos que trabajan a tracción o a cortante.

A este respecto, no hay que olvidarse de comprobar si las fisuras o la disgregación está situada al nivel de los extremos o codos de los armados y hay que pensar también en el complejo estado de tensiones a que está sometida el alma en las proximidades de los apoyos.

3.- Si no se ha encontrado ninguna incompatibilidad, hay que examinar la orientación de las degradaciones. Las fisuras de tracción son perpendiculares a la dirección de las tracciones. El esfuerzo cortante provoca roturas por tracción según diagonales. las fisuras resultantes se inclinan en el alma. Los asientos de cimentación se manifiestan también generalmente, por fisuras oblicuas, aunque la red generalmente correspondiente pueda no presentarse así en zonas inmediatas a alguna abertura o en los contras de vano.

Hay que respetar el esquema de conjunto de las tensiones a las cuales está sometida la obra, por ejemplo; ver si tienen una relación lógica con la fisuración y demás daños.

Esta etapa de la identificación de los daños en la estructura, se deberá efectuar después de la rehabilitación temporal. Para su realización, tendrán que ser retirados todos los acabados de los elementos estructurales que se sospechen puedan estar dañados con base en la inspección preliminar.

La inspección detallada consiste en registrar la descripción del

estado en que se encuentra cada elemento dañado. Para esto se recomienda el uso de fichas individuales que incluyan fotografías del elemento en cuestión. La información que así se recabe, deberá llevarse a copias reducidas de los planos para facilitar su manejo dentro del proyecto de reparación.

4.- Si a lo largo de la marcha seguida hasta aquí se encuentran una incompatibilidad, es poco probable que haya habido un error en el cálculo, y se puede, provisionalmente, desechar esta hipótesis.

Si todas las observaciones concuerdan con las hipótesis, es posible que la causa de los daños sea un error de cálculo, y hay que descender a un estudio detallado de las tensiones

Conviene notar que la eliminación como causa, admitida hasta aquí, de la existencia de tensiones mayores que las admisibles, no es más que provisional.

si una vez llegado a la última etapa de la búsqueda, las comprobaciones hechas no están de acuerdo con los factores aún no eliminados, hay que volver atrás y buscar la solución en una distribución inhabitual de tensiones.

5.3 INFORMACION COMPLEMENTARIA.

Para reconstruir la historia de la obra, hay que interrogar a las personas que han participado en el proyecto y construcción de la obra y ver si se explican los daños, sus sugerencias son frecuentemente muy valiosas.

Hay que asegurarse de que la obra no se ha movido, y comprobar su horizontalidad y verticalidad y ver si está de acuerdo con el proyecto original. Si no lo está, definir en que difiere.

hay que tratar de descubrir todo levantamiento o asiento de las superficies que se suponen planas. Es una opinión muy delicada pero que puede revelar deformaciones de la cimbra durante la construcción, o asientos locales de la masa plástica del concreto.

También hay que realizar un estudio detallado de la degradación, y ver dónde se ha producido y dónde son más serios los daños. Hay que levantar un plano de las fisuras y estudiar si se forman según un esquema tipo. Si es éste el caso, ver cual es éste esquema y

determinar el tipo de fisuración esto dá indicios de gran valor.

Para esta fase difícil y desconcertante, en general conviene actuar según el siguiente proceso:

a) El síntoma fundamental es la desintegración de la superficie. Ante todo, hay que investigar si no se debe a la utilización de material defectuoso; procurarse muestras del producto alterado; hacer comprobar por un laboratorio que los materiales cumplan el pliego de condiciones, y comprobar que este pliego es correcto.

Si los materiales pertenecen a tipos reconocidos como defectuosos, no es necesario seguir. Si no pertenecen, pero son de buena calidad, se ha dado un primer paso hacia una conclusión, si los materiales son satisfactorios, no se puede sacar otra conclusión, que no sea que uno de los 3 agentes destructores (efecto químico, alteración atmosférica o abrasión), es la causa de los desperfectos.

Para saber cual atacar primero hay que examinar el medio, si el ciclo hielo-deshielo no actúa sobre la parte dañada, debe desecharse la alteración atmosférica.

A continuación, habrá que ver si la zona deteriorada está sometida a la abrasión. Si la zona lo está, hay que ver si existen señales de desgaste o pulimiento de los áridos, si la acción del agente abrasivo no ha sido borrado por el tiempo o por la alteración que se deriva de ello, el árido debe mostrar algunas superficies pulidas o algunas estrías. Hay que ver si las partículas están trituradas, lo que caracteriza al efecto destructivo del tráfico. Siguiendo el proceso, conviene ver hasta que profundidad está alterado el concreto.

Si el deterioro de la pasta de cemento penetra profundamente en el concreto, se trata probablemente de un ataque químico. Hay que investigar seguidamente, los síntomas que habitualmente presenta el concreto, sometido a un ataque químico, o sea; partículas de árido sobresaliente de la masa y pérdidas de adherencia. Para un estudio más profundo, hay que tomar varias muestras en las partes sanas y dañadas del concreto, y analizarlas física y químicamente.

Conviene asegurarse que las muestras procedan del mismo lugar. Si la comparación de resultados dan que las componentes figuran en proporciones iguales, la alteración química no es la causa, si las

proporciones varían, si aparece un nuevo componente, o si uno o varios componentes de origen lo hacen en una proporción claramente reducida, la alteración química es la causa de ello.

b) Aumento del volumen del concreto.- Hay tres causas posibles, reacción química, absorción de agua o elevación de la temperatura en la masa de concreto; como estos tres agentes pueden actuar sobre tipo de obras parecidas, es difícil decir cual de ellos se produce.

Hay que tratar de determinar la temperatura interna del concreto, mediante sondeos. El sondeo puede también servir para extraer testigos, con objeto de analizar química y físicamente y comprobar los resultados con los del concreto sano tomados en la obra.

Hay que examinar el medio, para ver si hay bastante agua para saturar la masa del concreto. Si este no es el caso, el incremento del volumen no puede, evidentemente deberse a este hecho.

Si las variaciones de volumen del concreto se acompañan de una fisuración intensa, hay que suponer que la causa es el empleo de materiales de mala calidad, o un error del mismo tipo que lleve consigo una reacción química imprevista.

c) Disgregación de la obra.- Una vez que se ha eliminado la corrosión de el armado y la insuficiencia del cálculo, como causas del mal estado y si la degradación esta localizada, queda por suponer que estas dificultades provengan de cualquier detalle defectuoso. Si en este caso, la parte deteriorada del concreto y los detalles defectuosos, están próximos, es conveniente inspeccionar estos, otra posibilidad es que se haya producido un ataque químico.

Hay que ver también si no hay estrellamiento de la superficie, indicio de una reacción alcalina de los áridos, o de una reacción análoga. Si la disgregación es general se debe en la mayor parte de los casos a la corrosión de los armados; hay que volver atrás y proceder una vez más, a esta comprobación.

Si este, no es finalmente el caso, la causa buscada estará en los cambios de temperatura interna, en la alteración atmosférica o en la alteración química.

d) Fisuraciones.- Si la degradación hubiera sido causada por un

aumento del volumen del concreto debida a la absorción de agua, se habría detectado en las etapas procedentes, y por tanto, solo restan 5 posibilidades, las cuales son:

- 1.- Fenómenos debidos a la ejecución.
- 2.- Tensiones de retracción.
- 3.- Tensiones debidas a los cambios de temperatura.
- 4.- Reacciones quimicas.
- 5.- Detalles mal proyectados.

Ante todo, hay que examinar las tensiones debidas a los cambios de temperatura y a la retracción, y para esto hay que tener una visión global de la obra o del elemento fisurado.

hay que ver si las degradaciones están situadas en puntas de concentración de tensiones, por ejemplo cerca de aberturas o variaciones bruscas de sección, o cerca de pasos de conducciones o tuberías. En este caso las variaciones de temperatura y la retracción son la causa de las fisuras. Hay que buscar a continuación, la relación entre los lugares deteriorados y los puntos fijos de la obra, buscar que conjunto de fuerzas provocaría una elevación o un descenso de temperatura, y, si los gradientes térmicos pueden existir, ver si aparecen ondulaciones en la obra, o al menos tendencias a tales deformaciones.

Hay que hacer un esquema de distribución de tensiones y plantearse las siguientes preguntas:

Son perpendiculares las fisuras a las líneas de tensiones?, el desplazamiento lateral observado en los elementos de la estructura corresponde a la distribución probable de los gradientes térmicos?

Si este el caso, los cambios de temperatura o la retracción, son probablemente la causa de las fisuras, se tiene la posibilidad de no hacer nada o bien liberar la estructura de algunas tensiones. A continuación el origen de los detalles defectuosos, los desperfectos, están generalmente próximos y pueden así establecerse una relación entre ellos.

Si las fisuras no corresponden a una distribución de tensiones en relación con la debida a los cambios de temperatura o a la retracción, hay que ver si su disposición o su emplazamiento corresponden a una o varias de las formas de degradación que tienen lugar durante la construcción.

Si las fisuras siguen un esquema radial o concéntrico, pueden corresponder a un asiento de la estructura o de la explanación durante la construcción. Si la inspección de conjunto realizada ha puesto de manifiesto un hinchamiento localizado de superficies planas, hay que considerar como comprobante un desplazamiento del cimbrado durante el fraguado o endurecimiento del concreto.

Por otra parte, si las fisuras son paralelas y próximas a un estado de una viga de concreto, ha habido un desplazamiento del cimbrado durante el endurecimiento.

Si las fisuras son aisladas, se deben probablemente a que ha rebasado la resistencia del elemento, por efecto de la retracción o de los cambios de temperatura.

Hay que ver también:

- 1.- Si la fisura afecta al concreto que trabaja a tracción, o también al que trabaja de compresión.
- 2.- Si atraviesa la sección de lado a lado.
- 3.- Si es profunda o superficial. Si es interna o externa o ambos casos a la vez. Por ejemplo si únicamente es fisura interna, no puede corresponder a un desplazamiento del cimbrado entre otros factores.
- 4.- Si el emplazamiento de la fisura corresponde a un cambio de la distribución o de la proporción de armado a un cambio de sección.
- 5.- Si la red de fisuras está relacionada con la velocidad de fraguado, con un elemento de la obra añadido posteriormente, o con cualquier cambio de destino o utilización.
- 6.- Si la degradación parece reciente o antigua.
- 7.- Dónde cesa la degradación, y por qué?

Todos estos factores hay que tenerlos en cuenta para establecer una relación causa-efecto. Además para realizar una evaluación definitiva, conviene contar con una información adicional sobre el diseño original del edificio, su proceso de construcción y el uso, y adaptaciones que haya tenido durante su vida útil.

5.4 VERIFICACION DE LA INFORMACION.

Suponiendo que no se puede atribuir la causa de los daños a un cálculo mal realizado, se continua el proceso de eliminación,

estableciendo una relación entre las causas de los deterioros y los síntomas fundamentales.

Para ello se podrá recurrir al cuadro de causas principales que se muestra a continuación.

por ejemplo; si el síntoma consiste en la desagregación de la superficie del concreto, no queda más que tres causas posibles del deterioro.

Si se trata de disgregación superficial, no hay más que 7 posibilidades principales. Si los síntomas son las fisuras hay que revisar 9 causas.

CUADRO DE CAUSAS PRINCIPALES.

CAUSA PRINCIPAL	SINTOMAS PRINCIPALES OBSERVADOS			SITUACION PROBABLE DEL AGENTE CAUSANTE DE LA DEGRADACION.
	FISURAS	DISGREGACION	DESAGREGACION	
1.-causas que se producen durante la construcción.	x			inactivo.
2.-Penetración durante el endurecimiento.	x			inactivo.
3.-Efectos térmicos: a) variación de la temp. ambiente.	x			inactivo.
b) variación de la temp. interna	x	x		activo o inactivo.
4.-Absorción de agua por el concreto.	x			activo.

5. -Corrosión del armado:				
a) origen quím.	x	x		activo.
b) origen electrolítico.	x	x		activo.
6. -Reacción química.	x	x	x	activo.
7. -Alteración atmosférica.		x	x	activo.
8. -Ondas de choque.	x	x		inactivo.
9. -Erosión.			x	activo.
10. -Detalles mal proyectados.	x	x		
11. -Errores de cálculo.	x	x		

Podemos eliminar las posibilidades fácilmente identificables, como son:

a) CORROSION DE ARMADOS.- Esta causa es fácilmente identificable. El recubrimiento del concreto se separa del armado y este se oxida. Al principio, el deterioro se manifiesta por una serie de fisuras paralelas a las barras, después se forma un plano de separación al nivel de las capas del armado y aparecen manchas de óxido en los bordes de las fisuras, por último el concreto se separa del armado.

Para establecer el diagnóstico, hay que comprobar que el emplazamiento de las fisuras, coincide con el de las barras. Es necesario también separar un trozo del concreto dañado y ver si los armados están atacados por la corrosión. Hay que separar algunas

barras para ver si la parte corroída corresponde a la zona en el que el concreto está fisurado. Conviene comprobar que el concreto este en buen estado al otro lado del plano de los armados. Si todo concuerda se trata, indiscutiblemente, de un caso de corrosión del armado.

Hay que determinar también si la corrosión es química o electrolítica. Para esto hay que dejar algunas barras al descubierto, si la corrosión se produce en segmentos cortos o aislados de la barra, en forma de picado, o en contacto con otras barras, se trata probablemente, de un ataque electrolítico. Si la corrosión es general, la causa es probablemente de orden químico. Hay que encontrar a continuación, el origen del fenómeno en el caso de ataque electrolítico, de donde vienen las corrientes, una vez detectadas hay que suprimirlas, de lo contrario seguirán los problemas. Sin embargo, en el caso de un ataque químico, el origen del mismo no tiene importancia, basta recubrir las barras de un material que, en lo sucesivo, impida la corrosión.

b) ONDAS DE CHOQUE.- A menos que el deterioro sea muy antiguo y hayan desaparecido las pruebas, los daños debidos a las ondas de choque son característicos.

Los elementos del concreto aparecen disgregados y dejan, normalmente al aire la malla del armado. Las roturas son limpias y no alteradas por agentes atmosféricos, y el armado no está corroído.

Por otra parte, la disgregación es profunda y no tiene aspecto de descantillamiento, además, si la obra pertenece al tipo de las habitualmente sometidas a impacto el daño presentado es tal que es inmediatamente sospechoso. En caso de que la obra no este normalmente sometida a impactos, un choque lo bastante fuerte para causar daño, se habrá producido con suficiente ruido para no ser olvidado por los que ocupan la obra.

Resumiendo la marcha seguida hasta aquí y suponiendo que las tres primeras etapas hayan dado resultados negativos, habremos suprimido 3 posibilidades, y nuestra lista se reduce.

Es indispensable verificar también, la validez de la información disponible, pues tanto la estructuración como las propiedades de los materiales pueden haber sufrido cambios con el tiempo, o cabe la posibilidad de que no se hayan cumplido las especificaciones del proyecto desde un principio.

Los principales conceptos que se deben verificar son:

* Los planos estructurales arquitectónicos y de instalación, para la localización de refuerzos o de ductos de acero en elementos de concreto, así como la verificación de sus dimensiones, se puede recurrir al uso de los siguientes sistemas de detección:

a) Sistemas electromecánicos.- Estos sistemas utilizan un instrumento que genera un campo electromagnético y que registra las alteraciones que este sufre en presencia de cualquier objeto que contenga hierro.

b) Radiografías.- Consiste en la toma de radiografías de los elementos de concreto.

* Características de los materiales.- para la verificación de las características mecánicas de los materiales se puede hacer uso de los siguientes equipos:

a) Extracción de corazones (resistencia del concreto)

b) Equipo de ultrasonido (impulso ultrasonico através del concreto)

c) Esclerómetro.- dispositivo que mide el rebote de un sistema masa resistente contra la superficie de un elemento de concreto, dándonos su resistencias.

d) Pistola de Windsor.- para la resistencia del concreto mediante la penetración de un dardo metálico a un elemento particular.

e) Extracción y prueba de barras.- se verifica la calidad del acero empleado mediante las muestras.

5.5 EVALUACION DE LA ESTRUCTURA.

Se describió una marcha a seguir, abstracta e ideal, para diagnosticar las causas de la degradación del concreto. Esta marcha puede alcanzar el objetivo si el proyecto se ha hecho bien, la obra ha sido correctamente ejecutada y el concreto no ha sido atacado más que por un sólo agente destructor.

Estas condiciones se cumplen a veces. Lo más común, sin embargo, es que el proyecto y la ejecución sean correctos, y coexistan varios tipos de degradación. A medida que baja la calidad del proyecto y la

ejecución, los procesos de deterioro van teniendo vía libre, y agentes destructores de todo tipo surgen con consecuencias diversas.

El diagnóstico es pues, delicado y frecuente, es más cuestión de posibilidad que de probabilidad. De hecho, como se ha dicho en la discusión, incluso en casos relativamente muy simples, puede que no aparezca ninguna conclusión; la reparación debe entonces proteger la obra de la acción de un gran número de posibles agentes destructores.

hay que tener en cuenta que esta parte del tema no es, ni trata de ser, otra cosa que un procedimiento para aproximarse a la verdad.

Esta discusión, que en realidad no constituye más que una primera aproximación, no es, sin embargo, inútil. Nos muestra que una utilización apresurada o simplista de estos datos puede conducir a conclusiones erróneas, en lugar de prestar buena ayuda.

Se advierte, que a menos que exista una conclusión muy clara, no debe emitirse ninguna de las etapas señaladas con el objeto de no menospreciar a ningún agente destructor primario o secundario.

Además conviene volver a repasar la marcha a seguir para evaluar la resistencia de una estructura en mal estado. Esta evaluación es indispensable, sean los tipos o causas de los desperfectos observados.

En este punto, la experiencia y buen juicio del diseñador puede complementarse con lo siguiente:

*Análisis aproximado.- Aplicable en estructuras regulares y de poca altura, este procedimiento consiste en comparar la fuerza cortante en cada estrepiso, calculada con las normas vigentes.

*Análisis convencional.- Permite conocer la capacidad resistente inicial de la estructura y localizar los elementos más críticos, es conveniente recurrir en este caso a un análisis dinámico con base en un espectro de diseño.

*Análisis no lineal.- Nos permite intentar reproducir el esquema de danos mediante el análisis paso a paso de la estructura, consiste en el comportamiento no lineal de sus elementos. Solamente en estructuras muy complejas será necesario recurrir al análisis no lineal.

Debe resaltar la necesidad de localizar los puntos más débiles de la estructura, si el análisis de la estructura original cumple con las normas actuales y los daños son ligeros entonces el siguiente paso es la restauración de otros elementos, procurando aumentar su resistencia.

Si la estructura original no cumple con las normas actuales y se presentan daños generalizados fuertes o graves, la reparación deberá tender a reforzar la estructura y a introducir nuevos elementos rigidizantes. En este caso por lo menos el 25% de los elementos de una estructura deben reestructurarse.

Por último para elegir una solución definitiva habrá que considerar las limitaciones de cada caso en particular como pueden ser; el costo, la funcionalidad, la estética, el espacio, la dificultad técnica y por último su importancia.

6. - PROYECTO DE REPARACION.

6.1 OBJETIVOS.

Una estructura puede concebirse como un sistema es decir como un conjunto de partes o componentes que se cambian en forma ordenada para una función adecuada.

La estructura debe cumplir la función a la que está destinada con grado razonable de seguridad, y de manera que tenga un comportamiento adecuado en las condiciones de servicio. Además deben de satisfacerse otros requisitos, tales como mantener el costo de reconstrucción dentro de los límites económicos y satisfacer determinadas exigencias estéticas.

Un examen de consideración anterior, hace patente la complejidad de su restructuración. Qué puede considerarse como seguridad razonable o como una resistencia adecuada de su restructuración?, Qué requisitos debe satisfacer una estructura para conciderar que su comportamiento sea satisfactorio en condiciones de servicio?, Qué es un costo aceptable?, Qué vida útil debe preverse?, Es estéticamente aceptable?, estas son algunas de las preguntas que el ingeniero a cargo de la reconstrucción debe tener en mente.

El problema no es sencillo y en su solución se debe usar su intuición y experiencia, basándose en el análisis y la experimentación Si de acuerdo con la evaluación definitiva de la estructura, se considera que es reparable, deberá procederse al diseño de la alternativa elegida de acuerdo con las normas en mayor.

Será necesario tener en cuenta para el diseño del refuerzo de la estructura, que en la mayoría de los casos éste contribuirá solamente a tomar la carga viva y la accidental.

Se debe tener mucha atención al diseño de conexiones entre la estructura original y los elementos de refuerzo, así como a la transmisión de las cargas de éstos a la cimentación.

6.2 ALTERNATIVAS.

Si los problemas de reconstrucción se contemplan en toda su complejidad, puede afirmarse que no suelen tener solución única, sino una solución razonable. En efecto, la labor del ingeniero encargado de

la reconstrucción tiene algo de arte.

El proceso de diseño de un sistema de reconstrucción principia con la formulación de los objetivos que se pretende alcanzar y de las restricciones que deben tenerse en cuenta. En la reconstrucción de estructuras una vez planteado el problema, supuestas ciertas solicitaciones y definidas las dimensiones generales, es necesario ensayar diversas estructuraciones para resolverlo. En esta fase del diseño de la restauración, es donde la intuición y la experiencia del ingeniero desempeña un papel primordial. Al hacer esta elección, el proyectista debe tener en cuenta las características de la mano de obra y el equipo disponible, así como también el procedimiento de reconstrucción más adecuado para el caso.

Después de elegir provisionalmente una estructuración, se le idealiza para poder así comprobar su eficiencia a las solicitaciones a que pueda estar sometida. Esta idealización es necesaria, porque el problema real siempre es más complejo que lo que es práctico analizar.

El análisis estructural, o sea, la determinación de las acciones sobre las solicitaciones que actúan y de las dimensiones de dichos elementos, estos datos son imprecisos cuando se inicia el análisis de la reconstrucción, ya que solo se conocen en forma aproximada las dimensiones que lleguen a tener los elementos dañados. En un proceso cíclico el ingeniero proyectista encargado, va ejecutando los datos iniciales, a medida que precisa el análisis. Solamente en la fase final de este proceso, se hace un cálculo numérico relativamente preciso. El grado de precisión que se trata de obtener en este proceso depende de la importancia de la estructura y de la posibilidad de conocer las solicitaciones que realmente actúan sobre ella.

6.3 ANTEPROYECTO.

Aquí se trata de comunicar los resultados del proceso descrito a las personas que van a ejecutar la obra mediante planos y especificaciones.

Idealmente el objeto del diseño de un sistema es la optimización, es decir la obtención de todas las soluciones posibles. El lograr una solución óptima posible es imposible, no existen soluciones únicas, sino solamente razonables.

Sin embargo puede ser útil optimizar de acuerdo con determinado criterio, tal como de peso o costo mínimos. Si el criterio puede expresarse analíticamente por medio de una función, por lo general llamada "función objetivo", el problema puede resolverse matemáticamente. Las técnicas de optimización todavía tienen aplicaciones limitadas, en el diseño estructural debido a las dificultades matemáticas que pueden implicar. Sin embargo, se supone que a medida que aumentan las aplicaciones de la computación, dichas técnicas se irán perfeccionando de modo que cada vez se logre mayor grado de refinamiento.

Para mayor sencillez en las consideraciones anteriores se han tratado los sistemas estructurales de reconstrucción como sistemas independientes. Según el enfoque de sistemas, en el diseño del sistema total debe tenerse en cuenta la interacción entre todos los subsistemas, de esta manera, en el diseño del subsistema de reconstrucción estructural deben considerarse no solamente aspectos de eficiencia estructural, sino también la relación de la estructura con los demás subsistemas.

Por otra parte los enfoques globales o de conjunto, implícitos en la reconstrucción de los edificios como sistemas, pueden conducir a soluciones de gran eficiencia en la que los componentes estructurales del sistema, se diseñan de manera que realicen otras funciones además de las estrictamente estructurales.

Así un muro de carga puede ser también un elemento arquitectónico de fachada y servir de elemento rigidizante.

En el diseño de los subsistemas estructurales para edificios, debe tenerse en cuenta su importancia relativa dentro del sistema general. Son ilustrativos los datos de las tablas A y B.

Se pretende en estos datos que la proporción, del costo total correspondiente a la estructura es relativamente pequeño. Esto indica que en muchas ocasiones no se justifica refinamientos excesivos en el cálculo de materiales. Lo importante es la optimización del sistema total y no la de los subsistemas o componentes individuales.

Es importante para nuestro anteproyecto las siguientes tablas:

TABLA "A"- Distribución aproximada del costo de reconstrucción de edificios altos en los E.U.

CONCEPTO	PORCENTAJE
Excavación y cimientos	11
Instalaciones diversas(electricidad,plomeria etc.)	30
Estructura	25
Elevadores	9
Muros exteriores	12
Acabados diversos	13

TABLA "B"- Distribución aproximada del costo de edificios de mediana altura (aprox. 10 pisos), en la ciudad de México.

CONCEPTO	PORCENTAJE
Excavación y cimientos	11
Instalaciones diversas(electricidad,plomeria etc.)	25
Estructura	14
Elevadores	3
Muros exteriores	20
Acabados diversos	27

La aplicación rigurosa de los métodos del enfoque de sistemas aún no es de uso común. Sin embargo el interés por el enfoque de sistemas, esta produciendo un cambio de actitud frente al problema de reconstrucción. Por otra parte, se tiende a una racionalización creciente del proceso de reconstrucción, lo que conduce a manipulaciones matemáticas cada vez más refinadas.

No debe olvidarse que el proceso de reconstrucción seguirá siendo de gran importancia la intuición y la capacidad creativa y práctica del ingeniero.

6.4 TOMA DE DECISIONES.

La respuesta de una estructura, o de un elemento, en su comportamiento bajo una acción determinada, puede expresarse como deformación, agrietamiento, durabilidad, vibración etc.

Desde luego, la respuesta es función de las características de la

estructura, o del elemento estructural considerado.

El problema de la determinación de las acciones-respuesta de la estructura con cualquiera de sus características cometidas a toda la gama de acciones y combinaciones de estas acciones, es insoluble, ya que puede presentarse un número infinito de combinaciones.

Debido a esta situación, fué necesario desarrollar métodos que permitieran basar el estudio de una estructura en conjunto en estudio del comportamiento de sus distintas partes o elementos. Estos métodos llamados de análisis permiten determinar en cada uno de los miembros de una estructura, las acciones internas resultantes de la aplicación de las sollicitaciones exteriores. De esta forma se puede delimitar el rango de las sollicitaciones, bajo las cuales el elemento se comportará satisfactoriamente una vez en condiciones de servicio.

En otras palabras es necesario establecer las relaciones entre los elementos siguientes:

ACCIONES INTERIORES	CARACTERISTICAS DEL ELEMENTO	RESPUESTAS
Carga axial	Tipo de concreto	Deformación
Flexión	Tipo de refuerzo	Agrietamiento
Torsión	Tamaño	Durabilidad.
Cortante	Forma de restricción	Vibración.

Al valuar la respuesta correspondiente a una acción determinada, es necesario tomar en cuenta el modo de aplicación de la misma, o sea tener en cuenta si es instantanea, de corta duración, sostenida, etc.

6.5 PROYECTO A REALIZAR.

El dimensionamiento se lleva a cabo normalmente a partir de las acciones interiores, calculadas por medio de un análisis de la estructura. Aunque también muchas restauraciones han sido hechas directamente a partir de sollicitaciones o acciones exteriores representativas de aquellas a las que en realidad estará sometido el prototipo.

Para satisfacer la condición de seguridad, el modelo a escala debe resistir solicitaciones un tanto mayores que las que se estiman para condiciones de servicio.

Para satisfacer la condición de comportamiento satisfactoriamente bajo estas condiciones de servicio, las respuestas del modelo a estas solicitaciones deberán estar comprendidas entre los valores considerados como límites de tolerancia.

Una vez determinada la resistencia a una cierta acción, se compara este valor máximo con el valor correspondiente bajo las condiciones de servicio, de esta comparación se origina el concepto de factor de seguridad o factor de carga.

El diseño debe garantizar que la estructura tenga un factor de seguridad razonable. Mediante este factor, de alguna manera se logra tomar en cuenta en el diseño de la construcción, la incertidumbre existente respecto a los efectos de ciertas acciones y los valores usados en varias etapas del proceso. Entre las principales incertidumbres se puede mencionar el desconocimiento de las solicitaciones reales y su distribución, la validez de las hipótesis y simplificaciones utilizadas en el análisis, la diferencia entre el comportamiento real y lo supuesto y la discrepancia entre los valores reales de las dimensiones y de las propiedades de los materiales con las especificaciones en el diseño de la reconstrucción.

La selección de un factor de seguridad adecuado no es problema sencillo, debido al gran número de variables y de condiciones de proyecto a ejecutar.

6.6 EJECUCION

La degradación de las obras se debe en gran parte a negligencia u olvidos mínimos en los detalles del proyecto o de la ejecución, por esta razón si es necesario reparar, es preciso no dejar que se cometan negligencias similares en los trabajos de reparación. La experiencia ha mostrado que si se quieren obtener buenos resultados, las características, aplicación y fases de los métodos descritos deben respetarse total, cuidadosamente y en el menor detalle.

No se puede explicar por qué tal detalle de procedimiento o tal método de buenos resultados, cuando otros no los da. El ingeniero se

ve obligado frecuentemente a modificar un detalle o procedimiento para facilitar o acelerar un trabajo y puede ocurrir que tenga que defender lo que ha recomendado sin poder incluso explicar las razones de su elección.

Salvo para trabajos simples como revestimientos, sustitución de secciones o pinturas, es bueno hacer ensayos, o sea, efectuar una parte del trabajo a escala reducida y en condiciones reales.

La experiencia del contratista en el procedimiento de reparación puede ser limitada o nula. Incluso si el contratista encargado de la obra tiene experiencia, probablemente los obreros no la tengan, por otra parte, dado que la mayoría de los procedimientos de reparación implican numerosas operaciones manuales, los encargados y obreros deben recibir indicaciones precisas referentes a los métodos y a las razones que han conducido a su dirección.

El ingeniero debe consagrar todo su tiempo y competencia al control de los trabajos de reparación.

Por último, es quizá muy molesto tener que preocuparse por los pequeños detalles, por ejemplo, limpiar con cepillo metálico la superficie del concreto, humedecerlo, impregnarlo de lechada, aplicar concreto en capas de un centímetro de espesor, etc. pero hay que hacerlo, si no el trabajo pierde todo su sentido.

Reparar no es un trabajo agradable, pero es una tarea esencial que requiere mucho cuidado y atención.

7. - METODOS DE REPARACION.

7.1 CONCIDERACIONES GENERALES

El problema de la fisuración en el concreto es uno de los menos conocidos, casi siempre constituye una causa de problema y se le considera generalmente síntoma de proyecto defectuoso o de una mala calidad de los materiales.

De hecho, en la mayoría de los casos ni los de ejecución, son la causa de las fisuras. Las fisuras se producen en casi todas partes, salvo en obras muy rudimentarias o en elementos independientes.

Esto reviste gran importancia práctica. Las obras de concreto se utilizan a menudo cuando se necesita una absoluta estanqueidad. Sea como sea, a menos que las obras de concreto se proyecten y/o construyan en forma especial, se fisuran y presentan filtraciones. Esto no quiere decir que el agua circule libremente, en general, lo único que sucede es que el agua se filtra lenta y regularmente. Sin embargo, incluso una filtración tan insignificante provoca la aparición de afloramientos antiestéticos en la superficie del concreto, y si la solución calcárea cae sobre instalaciones y maquinaria, destruye rápidamente la pintura o revestimiento, o puede causar cualquier tipo de degradación.

El ingeniero debe tener en cuenta este factor cuando las condiciones de exposición y de utilización son tales que toda posible fisura no va a estar sometida a carga hidrostática, y por consiguiente no va a dejar pasar el agua, y cuando los deterioros provocados por las filtraciones no vayan a tener graves consecuencias, basta prever un número suficiente de juntas de dilatación, de manera que no se produzcan fisuras importantes y dejar que produzcan fisuras pequeñas.

En resumen, si las obras no dejan pasar el agua y no se producen más que pequeñas fugas sin importancia, la presencia de algunas fisuras insignificantes no es grave y los dispositivos y métodos de construcción especiales, necesarios para evitarlos, no están justificados económicamente.

Por el contrario si las fugas son perjudiciales conviene saber evitarlas, lo que hace necesaria las juntas de dilatación, la refrigeración del concreto fresco, la realización de numerosas juntas

de construcción u otras técnicas.

Se ha visto que raras veces son las fisuras, por si solas, indicios de un debilitamiento de la estructura, por consiguiente la reparación no implica el refuerzo; por esta razón los métodos de reparación, se refieren sobre todo, a las superficies, estando destinadas principalmente a obturar las fisuras en caso de filtraciones de agua, o a mejorar el aspecto exterior de la obra. Algo muy diferente sucede cuando se trata de reparar una obra que muestra síntomas de disgregación, se descubre entonces generalmente que ha habido importantes disminuciones de sección, fuerte corrosión del armado, o de las dos cosas a la vez.

Estos dos fenómenos son inquietantes desde el punto de vista de la resistencia general, y la reparación debe de ser hecha urgentemente y restituir al menos una parte de la resistencia perdida.

Este punto es importante y hay que tenerlo muy en cuenta, cuando se traten de aplicar las técnicas de reparación descritas en este tema.

Los principales métodos para reparar la disgregación y la desagregación así como el proceso a seguir, se describen a continuación.

7.2 METODO DE INYECCION DE CONCRETO, LECHADAS O RESINAS EPOXICAS EN AGRIETAMIENTOS.

Las fisuras de concreto pueden rellenarse por inyección a presión de concreto, lechadas y/o resinas epóxicas. La técnica habitual consiste en hacer unos agujeros en la fisura, a intervalos, inyectar agua o un disolvente para decapar la parte defectuosa, dejar secar la superficie, obturar las fisuras en superficies entre las juntas de inyección, e inyectar la resina, la lechada o el concreto hasta que filtre a las secciones adyacentes a la fisura o comience a hinchar la junta de superficie.

En esta técnica también se propone agrandar la parte exterior de la fisura, para rigidizar la unión, la resina o lechada de cemento se inyecta por orificios de unos 18 mm. de diametro y otros tantos de profundidad, espaciados de 15 a 30 mm. entre ejes. La inyección se efectúa por las cabezas de válvulas fijadas en los orificios con resina o lechada de cemento, punto por punto, cerrando todas las

válvulas del circuito a excepción de aquellas por la que verifica la inyección. Conviene mantener la presión durante varios minutos para que el material inyectado alcance las zonas más estrechas de la fisura. La inyección de tales materiales en las fisuras del concreto, como medio de repegar las superficies separadas, es un caso de aplicación para el cual no se dispone de otro método. Además, esta técnica no es aplicable cuando las filtraciones son tales que, no es posible sacar las fisuras, o cuando estas son demasiado numerosas.

La inyección de fisuras con lechadas puede hacerse del mismo modo que la inyección de resina. Sin embargo, es preferible la utilización de resina salvo cuando la resistencia al fuego y a las bajas temperaturas puede tener influencia, en caso en que la inyección de lechada constituye la solución a adoptar.

El método es parecido a otros métodos de inyección, y consiste en limpiar el concreto a lo largo de la fisura, fijar de vez en cuando orificios de inyección en la fisura, obturar la fisura entre los orificios de inyección de lechada, enviar agua a presión en la fisura para limpiarla y comprobar su estanqueidad, y por último inyectar.

Una mejor solución consiste, cuando se puede realizar, en hacer un agujero en el sentido longitudinal de la fisura e inyectar lechada, de modo que se forme una llave, sin embargo esta técnica no es aplicable más que cuando la fisura sigue, aproximadamente el caso; puede ocurrir en muros u obras análogas, con fisuras debidas a la retracción y efectos térmicos.

La llave de lechada se destina a impedir los movimientos laterales relativos de las secciones de concreto adyacentes a la fisura o a la junta; este papel es, a veces, importante. Reduce además las filtraciones de agua a través de la fisura, o las pérdidas de relleno situado detras de muros no estoicos. la obturación no es, sin embargo, perfecta, y si se utiliza este método, conviene llenar el agujero hecho con betón caliente, mejor que con lechada de cemento, si el efecto del bloqueo es esencial, se puede introducir el betón en un segundo agujero, después de haber inyectado cemento en el primero.

El agujero tendrá, por ejemplo, 5 ó 7 cm. de diámetro y se lavará con agua para limpiar la superficie a fondo y permitir que el material de relleno o el cemento inyectado penetre mejor. Es importante mencionar, que al llenar las fisuras con concreto, teóricamente, sería

posible agrandar la fisura o introducir en ella mortero de concreto.

En la práctica raras veces se obtienen así buenos resultados. Incluso si la adherencia es buena, está claramente por debajo de la resistencia a tracción del concreto o de la que permita obtener las resinas u otros materiales de relleno.

Además, es posible que los materiales primitivos y los añadidos no sean perfectamente compatibles, y que las dimensiones y el volumen de la parte reparada sean demasiados pequeños para que pueda despreciarse esta incompatibilidad.

De ahí que una fisura agrandada y llena completamente de concreto se vuelve a abrir casi siempre, incluso si la obra no ha sufrido movimiento alguno. ver fig. 7.2.1

7.3 METODOS DE ADICION DE ACERO DE REFUERZO Y LA FIJACION DE CONECTORES METALICOS.

Se puede devolver a una sección de concreto se resistencia a tracción colocando grapas.

Conviene tener en cuenta los siguientes puntos:

- 1.- Se puede obtener el refuerzo que se quiera, pero hay que conciderar que todo refuerzo tiende a aumentar localmente la rigidez de la obra, lo que puede incrementar las tensiones, provocando fisuras y creando así nuevos problemas.
- 2.- Frecuentemente este tratamiento no hace más que desplazar el problema a otra parte de la obra. Si se decide grapar la fisura hay que examinar, y en caso de necesidad reforzar, las zonas adyacentes de la obra, para que absorban las tensiones suplementarias resultantes.
- 3.- Cuando hay que garantizar la estanquiedad conviene no sólo grapar la fisura, sino también sellarla con objeto de evitar la corrosión de las grapas, ya que el grapado no asegura la estanquedad.

El sellado debe hacerse antes de grapar, con objeto de evitar la corrosión y también porque la presencia de los hierros hace más difícil la aplicación del material de estanquedad. Existe una excepción a esta regla: cuando las fisuras son activas, es importante estabilizar la obra antes de sellarlos, para que los movimientos de la obra no rompan el material sellado. Es mejor sellar a manera de presión para detener la corrosión del armado primitivo.

4.- Las concentraciones de tensiones se producen en la extremidad de las fisuras, y los intervalos entre las grapas deben reducirse a ellos. Conviene además hacer un agujero en cada extremo de la fisura, para reducir la concentración de tensiones por supresión de ángulos vivos.

5.- Cuando sea posible, hay que grapar las dos caras de la sección del concreto de manera que los movimientos interiores de la obra no hagan sufrir a las grapas esfuerzos de flexión.

6.- Si el grapado se destina a incrementar la resistencia de la sección existente, es preciso que las deformaciones de los dos sistemas sean compatibles. Las grapas deben recurrirse con mortero sin retracción o expansivo de manera que no haya ningún juego.

7.- Al ser las grapas relativamente delgadas y largas, apenas trabajan a compresión. Por lo tanto, si los movimientos de la fisura son en ambos sentidos, conviene aumentar la rigidez de las grapas y reforzarlas, recubriendolas con algún material, o por cualquier otro medio. (ver fig. 7.3.1)

La fisuración del concreto se debe a tensiones de tracción; cesa si estas tensiones desaparecen. Las fisuras pueden también cerrarse creando un esfuerzo de compresión superior al de tracción lo que permite conseguir una compresión residual.

La fuerza de compresión se aplica por medio de barras o cables como los utilizados para las operaciones de pretensado. Este principio es proximo al del grapado, por lo que hay que tener en cuenta en el parrafo número 3, sobre todo desde el punto de vista de la migración de zonas criticas.

Además, hay que encontrar puntos de anclaje para los cables o barras del pretensado. Son necesarios apoyos para esta operación, por ejemplos, apoyos atornillados en la superficie del concreto; los cables también pueden atravesar algunos elementos adyacentes y anclarse en ellos.

Los armados existentes, que deben quedar en el interior del concreto nuevo deben librarse de toda huella de corrosión, aceite, suciedad y cualquier otro cuerpo extraño.

Si se deben añadir nuevas varillas, hay que recordar que las varillas de origen, si no estan rotas, continúan soportando esfuerzos; si es posible conviene dejarlas en su sitio.

Además, si en el caso de la reparación las cargas sobre la obra no han disminuido, el nuevo armado estará sometido a tensiones más débiles que las existentes. Para que el nuevo armado tome una parte de la carga, es preciso que las tensiones en el concreto aumenten. La distribución de tensiones que resulten de ello debe ser estudiada.

7.4 ALGUNOS METODOS DE ADHESION DE CONCRETO VIEJO CON CONCRETO NUEVO UTILIZADO.

7.4.1 Concreto colado "in-situ"

Este método consiste en sustituir el concreto defectuoso por concreto nuevo de un tipo común y corriente, colocado según los métodos clásicos, esto constituye una solución satisfactoria y económica, cuando el volumen del concreto que hay que sustituir es bastante importante, cuando la reparación debe de realizarse en profundidad, es decir tener más de 5 ó 10 cm. (y como mínimo llegar más allá del armado), y cuando la parte a reparar es accesible.

Cuando no lo es por ejemplo cuando es bajo el agua la solución más adecuada consiste en utilizar concreto prepakt, este concreto se prepara llenando la cimbra de áridos gruesos, e inyectando a continuación en los orificios un mortero de arena y cemento, en algunos trabajos especiales se utiliza cemento puro, o inyectar, si el volumen necesario no es demasiado grande.

El método que se estudia aquí es particularmente conveniente cuando la parte a reparar debe de ser tal que estanque al agua y cuando el deterioro atraviesa de un lado a otro la sección del concreto primario. Las pilas, muros, obras hidráulicas y otras grandes obras situadas bajo el nivel del suelo o del agua se reparan generalmente por este método.

Es posible armar la nueva sección y darle una resistencia adecuada, utilizando juntas de construcción y de retracción convenientes y haciéndolas estancas, en caso necesario se obtendrá una estanqueidad adecuada para el conjunto de la parte preparada. Se deben evitar las secciones de pequeño espesor, que constituyen fuentes de dificultades a causa de las variaciones de temperatura.

Además, debe determinarse la composición del nuevo concreto de

HACER UNA LLAVE DE CONCRETO
 PREFABRICADO O CUNAS DE
 MORTERO PEGADOS CON
 BETUN.

FISURA

AGUJERO PRACTICADO EN EL EJE
 DEL MURO CENTRADO EN LA
 FISURA Y SIGUIENDOLA. LA DI-
 MENSION DEL AGUJERO DEPENDI-
 E DE LA FISURA. UTILIZAR UN
 DIAMETRO MINIMO.

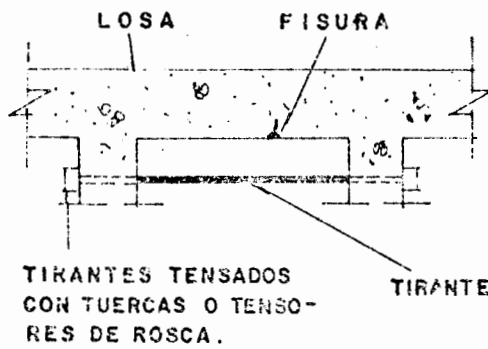
MURO DE
 5 A 6 cm.

FIG 7.2.1

GRAPAS
 (NOTESE LA VARIACION
 DE LONGITUD ORIENTACION Y ESPACIAMIENTO)

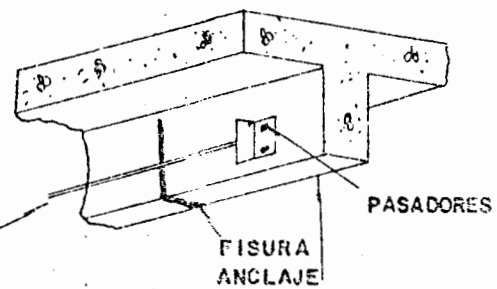
AGUJEROS EN EL CONCRETO PARA
 ANCLAR LAS GRAPAS.

FIG 7.3.1



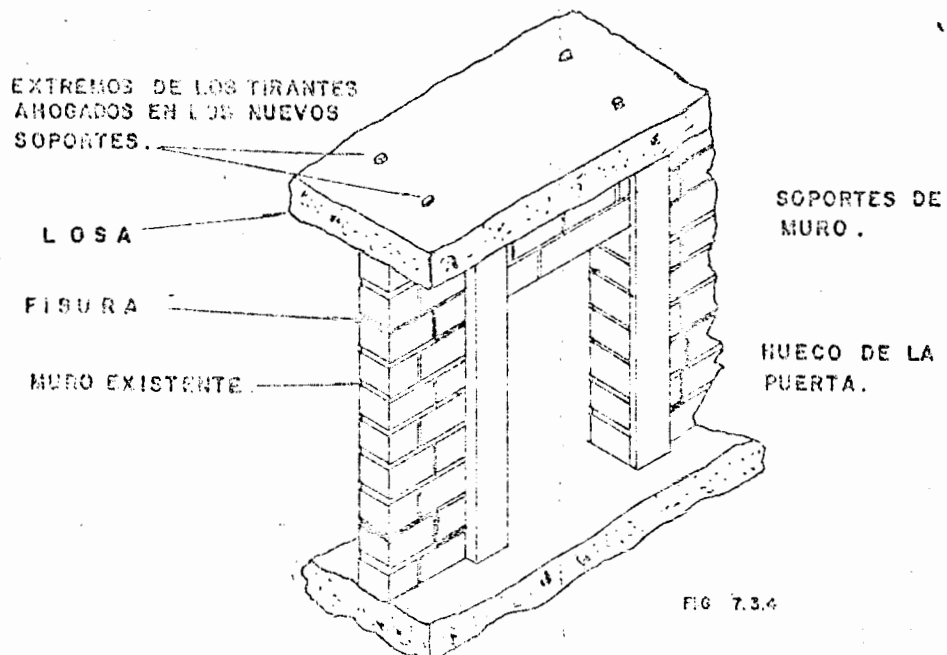
A) REPARACION DE FISURAS DE UNA LOSA.

FIG 7.3.2



B) REPARACION DE FISURAS EN UNA TRABE.

FIG 7.3.3



C) REPARACION DE FISURAS EN UN MURO.

FIG 7.3.4

manera que se parezca en la del concreto que se repara, lo que reduce el grado de incompatibilidad de los materiales, los efectos nefastos de las variaciones de temperatura, las variaciones de contenido de agua y las tensiones diferenciales, elásticas o no.

COMPOSICION DE CONCRETO NUEVO.

Hay que conciderar dos cosas: 1.- El primer caso es aquel en que las nuevas secciones de concreto son largas, anchas y relativamente poco gruesas, o el material se utiliza para recubrir una parte de obra existente, o cuando es importante que los materiales sean compatibles con objeto de que no se produzcan planos de separación entre las dos secciones. En este caso es conveniente utilizar un concreto idéntico al de la obra original, esto a veces es imposible, porque el deterioro que se está reparando ha sido provocado por el empleo de concreto de composición defectuosa. Sucede más a menudo sin embargo, que las causas de las deficiencias provienen de una mezcla satisfactoria, pero mal utilizada.

2.- El segundo caso es aquél en el nuevo material que se utiliza en gran espesor, en secciones de longitud y anchura relativamente pequeños en relación con su grueso, cuando va a estar rodeado por el concreto primero, o también en aquéllas ocasiones en que las tensiones debidas a las variaciones higrométricas, térmicas, a la retracción o a la aplicación de cargas no llevan consigo esfuerzos que tiendan a la cizalladura o la reparación de las capas del concreto en contacto.

En este caso la incompatibilidad de los materiales es menos importante, y es posible utilizar una dosificación que contenga áridos tan gruesos como se pueda y que tenga una consistencia tan elevada como permitan las necesidades de la puesta en obra.

Se debe hacer todo lo posible para que los masados sean uniformes. Por esta razón cuando la ubicación necesaria lo permita, conviene hacer amasados de volumen suficiente para efectuar la puesta en la obra de una sola vez.

CIMBRADO.

1.- Cuando el cimbrado este abierto por su parte superior, el único punto a señalar es que los cimbrados deben de ser estancos al mortero

y bien ajustados al concreto de origen, de manera que se eviten fugas, que tendrían por consecuencias la formación de alveolos y de zonas de segregación.

2.- Cuando los cimbrados son cerrados es posible colocar el tapón de concreto a la fuerza sometién-dole a una presión ejercida al nivel del orificio de llenado de la cimbra

Las juntas de los tablonés y paneles, las juntas entre las cimbras y el concreto original y el espacio que rodea a los tirantes deben de estar provistos de fuertes arandelas y se deben de colocar calzas entre las cabezas de los tirantes y los largueros para disminuir las deformaciones de estos últimos y asegurarles un mejor apoyo sobre los cimbrados.

La presión se aplica a el concreto nuevo apretando los tornillos colocados en el orificio de llenado, conviene ejercer esta presión inmediatamente después del llenado.

Si se vibra el concreto por medio de una cimbra vibrante se deben tensar los tirantes después de cada aplicación de la vibración. (ver fig. 7.4 1)

Puesto en obra y curado. - Cuando se coloca concreto en una cimbra vertical cerrada de más de 0.45 m. de altura, se deberá hacer en tongadas que no excedan los 30 cm. de espesor, las cimbras deberán construirse en secciones horizontales que hagan posible esta colocación. Es preciso practicar en las cimbras un número suficiente de orificios de dimensiones lo bastante grandes, para que no sea necesario que el concreto se desplace horizontalmente para llenarlos.

Quando se trabaja en un muro o en una obra del mismo tipo, conviene que los orificios se extiendan sobre toda la anchura de la cavidad. Es indispensable que el concreto este perfectamente vibrado, a la vez los cimbrados cerrados ya que se puede formar un espacio vacío o una película de agua en la parte superior del concreto vibrado.

Son válidos los métodos clásicos de curado.

7.4.2 Concreto lanzado.

El concreto lanzado se utiliza cuando se trata de restaurar

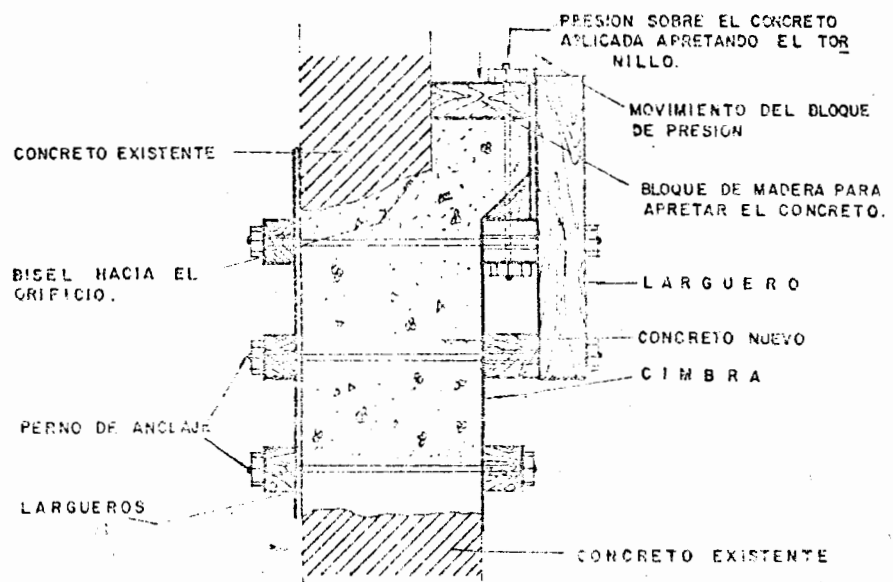


FIG. 7.4.1

FIG. DONDE SE MUESTRA LA SUSTITUCION DEL CONCRETO UTILIZANDO Cimbra de Presion.

superficies de concreto que no se han deteriorado en profundidad. Se puede aplicar esta técnica a la reparación de superficies verticales o en desplome, así como a superficies horizontales; es particularmente útil para la restauración de superficies que se han disgregado por la corrosión del armado.

Aunque esta técnica esté ampliamente aplicada desde hace medio siglo todavía se discute su eficacia. Las críticas están dirigidas sobre los siguientes puntos:

- 1.- El material es poroso.
- 2.- Sufre una retracción más importante que el concreto clásico.
- 3.- El revestimiento puede contener bolsas, o recubrir y ocultar huecos.
- 4.- La calidad de la reparación depende en gran parte de la habilidad de los obreros.
- 5.- La reparación es costosa.

Desde el punto de vista de costo se puede decir que toda reparación es costosa en relación con el costo de la construcción nueva. Si se limita su campo de aplicación razonablemente, se puede decir que el método es competitivo en relación con otros métodos de reparación.

DESCRIPCION.

Este tipo de concreto que se llama también "shoterete" o "gunita" es una mezcla de cemento portland, arena y agua que se proyecta con aire comprimido. En obras públicas la mezcla de arena y cemento se hace en seco en una mezcladora, después se conduce a presión por aire comprimido por un tubo a la boquilla, y se proyecta sobre la superficie a reparar. Un pulverizador que desemboca en la boquilla permite la adición de agua, pudiéndose regular la cantidad de ésta en función de la consistencia deseada para asegurar una buena adherencia.

CAMPO DE APLICACION.

En general el concreto lanzado permite obtener revestimientos bastante delgados, del orden de 8 a 10 mm. y reparar o revestir superficies bastante grandes.

Las pequeñas superficies, o las superficies dispersas, se reparan generalmente con concreto aplicado a mano.

En principio no se emplea para decorar o restaurar fachadas de obras porque la uniformidad que se obtiene es bastante mediocre y no se pueden realizar superficies rigurosamente planas. No se puede tampoco utilizar este método para revestir superficies que deben ser lisas. Es mejor no utilizar este método para reparar superficies salientes.

REPARACION DE LA SUPERFICIE DEL CONCRETO.

Una vez tratada la superficie, debe ser rugosa con objeto de asegurar una buena adherencia. Es esencial prever anclajes para fijar el nuevo material al nuevo material al antiguo, la incompatibilidad del concreto lanzado y de concreto primario, plantea un grave problema; la adherencia obtenida gracias a la rugosidad de la superficie y a los anclajes es necesaria para que los dos materiales sean solidarios.

MATERIALES Y DOSIFICACION.

La arena que se utilice para la confección del concreto lanzado debe de tener una granulometría uniformemente graduada, como la del concreto clásico; es recomendable que las partículas sean duras pues tienden a triturarse al pasar por la boquilla.

La arena debe de tener una proporción de agua de 3 a 5 % para asegurar un buen funcionamiento de la máquina.

A causa del efecto de impacto, una cierta proporción del material proyectado contra la superficie a revestir rebota. Este material es denominado "rebote". Está constituido, sobre todo, de partículas de arena y contiene una proporción de concreto mucho menor que la mezcla normal. En la práctica no se puede impedir que se produzca el rebote; la proporción de concreto afectado por este fenómeno alcanza normalmente el 20 o 30 %. A causa de este fenómeno la proporción de cemento en el concreto realmente colocado es más elevada que la del concreto en la mezcladora. Así si se desea obtener una dosificación final de 3:1 la mezcla deberá ser 4:1 en la mezcladora.

Es difícil determinar las proporciones de la mezcla a proyectar, puesto que el rebote es variable en la práctica se utiliza generalmente tanta agua como pueda soportar la mezcla sin desprenderse o caer; el agua disminuye el rebote.

En la práctica se pide una relación agua-cemento 3-1 ó 3.5-1 medida en volumen en la mezcladora, y utilizamos un airante o un cemento aireado.

MEZCLA Y PUESTA EN OBRA.

La arena y el cemento deben mezclarse íntimamente en seco, y el aparato destinado a asegurar la mezcla y la colocación debe ser de un modelo experimentado. El aceite así como todos los productos destinados a impedir la corrosión, deben estar prescritos en las partes que esten en contacto.

La duración de la operación no debe de ser inferior a 1.5 minutos. Todos los materiales mezclados no utilizados en el intervalo de una hora deben de ser rechazados. El aire comprimido que pasa al sistema de propulsión debe de mantenerse bajo una presión tal que transporte la mezcla seca en el conducto de aprovisionamiento a una velocidad suficiente para proyectarla con fuerza en la boquilla. El agua de hidratación suministrada a la mezcla en la boquilla debe mantenerse a una presión superior a la del aire de manera que entre efectivamente en la boquilla.

En la puesta en obra cuando las condiciones lo permitan y hay sitio para trabajar es conveniente mantener la boquilla a una de 0.60 a 1.20 m. de la superficie a recubrir y de manera que el chorro esté lo más próximo posible a la normal de la superficie.

Para las superficies perfectamente verticales y inclinadas se deben de comenzar por abajo y subir progresivamente.

No se debe de proyectar concreto sobre una superficie por la que corre el agua. cuando se recubran los tornillos y armados de anclaje, la boquilla debe desplazarse lateralmente y dirigirse de manera que el concreto sea lanzado detras de las barras.

Al fin de cada período de trabajo el espesor del concreto debe de disminuir progresivamente hasta anularse y antes de proseguir el trabajo se debe de humedecer y limpiar la sección terminada en bisel,

de manera que no exista ninguna junta en ángulo recto, salvo en el lugar donde termina la reparación.

El mortero debe de proyectarse hasta aproximadamente 1 cm. de la superficie definitiva que se quiere alcanzar, y se debe alisar la superficie con llana. No se debe alisar directamente el concreto lanzado, todo concreto lanzado debe aplicarse con una tolerancia de 3mm. por defecto, y debe de conservar su acabado natural.

El alisado del concreto lanzado permite obtener una superficie más regular, pero tiende a disminuir su adherencia. En el momento en que comienzan a aparecer sobre las superficies zonas secas del mortero colocado, se debe comenzar el curado por proyección de agua o por aplicación de dos capas de un compuesto de protección adecuada, y por ultimo el período de curado no debe de ser menor a 7 días.

7.4.3 Resinas epoxicas.

Son compuestos orgánicos que, con la ayuda de endurecedores apropiados forman productos mecánica y químicamente resistentes, y dotados de excelentes propiedades de adherencia.

Se pueden utilizar para pegar concreto, o para soldar trazos de una sección de concreto en servicio fisurados o despegados. Una vez endurecido el compuesto no se ablanda, no fluye y no se oxida al menos en las condiciones de empleo corrientes.

APLICACIONES.

a) Pegado de fisuras o trozos de concreto separados: teóricamente, si un trozo de concreto se ha separado de la masa de la obra, es posible volverlo a unir enluciendo las dos superficies en contacto con el compuesto adhesivo, y uniéndolas a contracción.

En la práctica este método es demasiado costoso y normalmente se sustituye el trozo separado por concreto nuevo, utilizando a veces un pegamento a base de resinas.

b) Reparación de superficies disgregadas.- se puede utilizar la resina para hacer adherir una reparación de concreto de cemento portland, o incluso utilizar esta resina como conglomerante del concreto que se utilice en la reparación.

Cuando se tiene necesidad de un pequeño volumen de material, cuando se trata de reparar secciones de débil espesor, o cuando debe ponerse en servicio la obra antes de que el concreto haya tenido tiempo de endurecer, no se puede recurrir al concreto clásico y hay que utilizar la resina como conglomerante.

En los demás casos, es menos costoso utilizar concreto ordinario y pegarlo a la obra existente con resinas adhesivas.

PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE APLICACION.

Es esencial que esta superficie sea muy resistente, la misma resina es muy resistente, y todo punto débil en el concreto subyacente puede anular la resistencia de la reparación.

Es igualmente importante que la superficie destinada a recibir la reparación este perfectamente limpia y seca.

Algunos compuestos exigen una total ausencia de humedad; conviene que la superficie este tan seca como sea posible. Cuando hay posibilidad de carga hidrostática o de fenómenos capilares, una capa de caucho o de polietileno aplicada bajo carga, sobre la superficie a reparar durante toda una noche, permite evaluar la cantidad de agua que se filtra através de la superficie. Se retira el tapiz al día siguiente, por la mañana. Si la humedad se ha acumulado bajo el, puede ser necesario secar la superficie y el concreto subyacente antes de aplicar el material de reparación o utilizar como material un compuesto que conserve sus propiedades en medio humedo.

MATERIALES.

Se utilizan materiales comerciales. Sus fórmulas varían en función de los diversos casos de utilización posibles. Por lo tanto, no conviene utilizar un determinado compuesto orgánico más que en un caso para el que haya sido previsto, fiándose de las directrices dadas por los fabricantes.

Por otro lado, un gran número de fórmulas son muy recientes y cuando se escoge una de ellas, conviene consultar los datos proporcionados por experiencia de obra, confirman los resultados obtenidos en laboratorio.

Cuando la reparación se hace con un concreto de resinas, es preciso que el árido tenga la superficie seca, si no la mezcla no podrá endurecer el conglomerante deberá estar en exceso para que impregne la superficie de aplicación. Otra solución consiste en dar una mano de conglomerante a esta superficie, como capa ligante.

Mezcla y puesta en obra. - Los componentes del producto adhesivo deben de estar completamente mezclados. La California División of Highways recurre a una técnica interesante para obtener una mezcla perfectamente homogénea. Los componentes son coloreados de manera que presentan tonalidades muy diferentes y, una vez mezclados, el compuesto debe de presentar un color uniforme.

La cantidad de material mezclado en una sola vez no debe de ser superior a la que recomienda el fabricante, puesto que el endurecimiento es acelerado por el calor desprendido, que carece de volumen.

Cuando una resina epóxica se utiliza como conglomerante del concreto, la mezcla puede realizarse a mano o mecánicamente. Hay que tener cuidado de no contaminar un compuesto realizado al mezclar con herramientas utilizadas para otro.

No hay que añadir arena ni árido antes de haber preparado el conglomerante. Cuando la resina se utiliza como capa de impregnación o pegamento puede aplicarse con rodillo, brochas o escobas de goma.

Las herramientas se utilizarán rápidamente por el endurecimiento de los residuos; por lo tanto deben de ser bastantes baratas para que puedan sacrificarlas. Si no, se puede limpiar con un disolvente. Se puede tratar de pulverizar el producto, tomando las precauciones necesarias para aplicar el concreto después de que el disolvente se haya evaporado completamente, pero antes de que la resina haya fraguado. Esta precisión puede ser difícil de obtener, y hay que tener presente que una medida defectuosa del tiempo llevará consigo una ejecución deficiente.

La duración necesaria del endurecimiento de la resina epóxica depende del espesor y de la temperatura de aire. El endurecimiento es tanto más rápido cuanto mayor es la temperatura y más abundante la masa. Por lo tanto, se puede acelerar el endurecimiento calentando el material, se puede aislar y calentar a la vez la parte reparada

cubriéndola con una capa de polietileno negro que absorba las radiaciones solares, pueden también utilizarse rayos infrarrojos, o simplemente recubrir la reparación con una placa de metal que calentará moderadamente con soplete.

Las observaciones más importantes de las resinas epóxicas son las siguientes:

- a) *Compatibilidad térmica.* - Cuando no se disponen de suficientes datos es aconsejable ser prudente y prever para la reparación de superficies relativamente importantes, juntas próximas, ya que se sabe que existe incompatibilidad térmica importante entre los concretos de cemento portland y los de resina.
- b) *Temperaturas bajas.* - Los productos a base de epóxidos, expuestos a temperaturas bajas, tienen tendencia a fragilizarse.
- c) *Resistencia de la unión.* - La resistencia y la adherencia de una resina epóxica de componentes bien escogidos, son superiores a las del concreto.
- d) *Peligros.* - Hay que proteger a los obreros del contacto directo con las resinas.

Son útiles las cremas protectoras y los guantes, que se deben tirar después de utilizarlos. Toda la zona de piel alcanzada por las resinas debe de ser limpiada inmediatamente.

- e) *Resistencia al fuego.* - Las resinas epóxicas son compuestos orgánicos y, por tanto, inestables al calor.
- f) *LLuvia y humedad durante la aplicación.* - Como se ha visto es conveniente que la superficie existente esté seca para que la resina adhiera bien.
- g) *Saturación de la zona reparada.* - La proporción de conglomerantes se reduce generalmente al mínimo con objeto de disminuir el costo del concreto.

8. - RESTAURACION.

8.1 CONSIDERACIONES GENERALES.

La forma de corregir la estructuración es principalmente mediante la inclusión de nuevos elementos que aumenten y balancen la rigidez y la resistencia.

Quando en la evaluación definitiva se considera que el refuerzo no es suficiente para que sus elementos cumplan con la capacidad sismo-resistente señalada por el reglamento en vigor o que la causa principal de los daños sea debido a una estructuración deficiente.

La elección del plan de restauración deberá efectuarse para cada problema particular en función de sus limitaciones.

La compatibilidad en la rigidez de la estructura original y la de los nuevos elementos es de suma importancia, si ambos son del mismo orden de magnitud, como sería el caso de añadir marcos a una estructura. También a base de ellos, puede considerarse un trabajo de conjunto, pero si por el contrario son muy dispares, como en el caso de incluir muros de rigidez en una estructura de marcos, puede resultar más conveniente diseñar los elementos nuevos para tomar toda la carga lateral, sin descuidar la revisión de las fuerzas que se introducen en la estructura original.

Es importante que las conexiones entre los nuevos elementos y la estructura original, garantice la continuidad. Deberá también considerarse que es indispensable revisar la transmisión a la cimentación de las cargas que actúen en los nuevos elementos, lo que puede llevar a la necesidad de modificarla, o bien de construir una cimentación para ello.

8.2 MUROS RIGIDOS Y MUROS DE RELLENO.

Los muros de rigidez o muros rígidos están construido generalmente de concreto reforzado y es una de las soluciones más efectivas para reducir las excentricidades de una estructura y aumentar su capacidad sismorresistente.

La alternativa más sencilla y útil consiste en colocar los muros en la superficie del edificio sin interferir en el funcionamiento del

mismo. En este caso, la conexión con la estructura original se puede efectuar mediante estribos anclados en el sistema de piso, o bien a travez del colado de una losa adicional de unión. (ver fig. 8.2.1)

Cuando es necesario colocar los muros en el interior de la estructura, la conexión en las losas se efectúa a través de orificios en ellas que permiten el paso del refuerzo, longitudinal de los extremos del muro y parte del refuerzo intermedio; estos orificios facilitan la operación del colado.

Los muros de relleno son muros de mamposteria o de concreto reforzado, ubicados en los ejes de columnas de una estructura.

El comportamiento de los muros de relleno puede ser semejante al de muros de rigidez cuyo refuerzo en los extremos lo constituye las columnas de la estructura original, siempre que la unión entre los muros, las vigas y columnas garanticen la continuidad. En caso contrario, el muro se comporta como un diafragma que introduce grandes fuerzas cortantes en las columnas y las vigas, lo que además puede hacer necesario el refuerzo de estos elementos. (ver fig. 8.2.2)

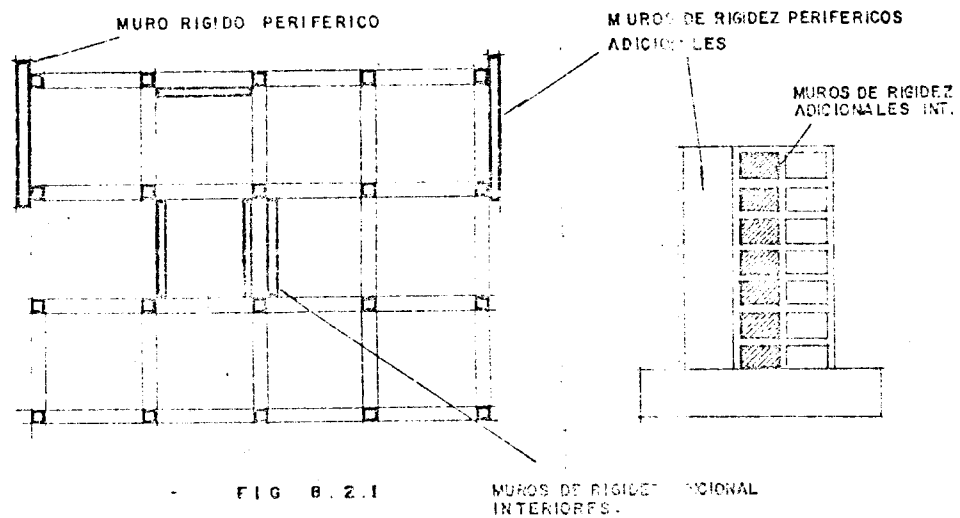
Unas de las variantes de los muros de relleno que no impide el paso por la crujia, la constituye el uso de muros a ambos lados de un solo eje de columnas. En este caso, debe tenerse especial cuidado de revisar el efecto sobre las vigas que van reduciendo una obra significativamente.

8.3 MARCOS, ARMADURAS Y CONTRAVENTE.

En el transcurso de la obra de reconstrucción se pueden encontrar limitaciones arquitectónicas en las que se limita la utilización de muros rigidizantes, estos pueden ser metálicos o de concreto reforzado.

En el caso de que fueran de concreto reforzado, las alternativas de conexión con la estructura son las mismas que para los muros de rigidez, esto es, estos refuerzos deben de cumplir la función de rigidizar la estructura para efectos de fuerzas laterales.

Lo anterior es con la finalidad de que las columnas y vigas, en una zona igual a una cuarta parte de su longitud libre medida a partir de cada esquina, deberán ser capaces de resistir, cada una, una fuerza cortante igual a la cuarta parte de la que actúa sobre el tablero.



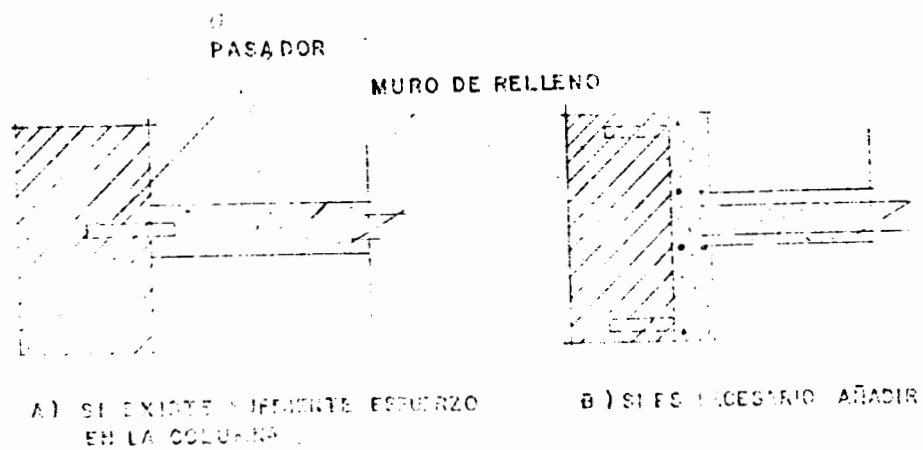
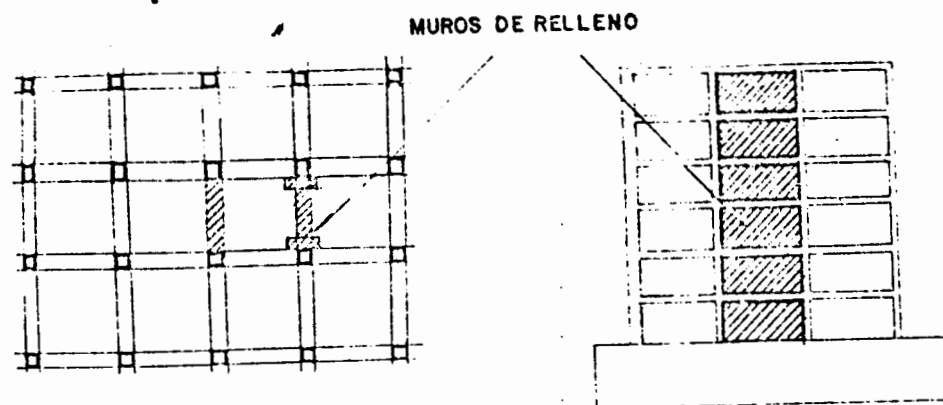


FIG. 6.6.2 MUROS DE RELLENO CON CONECTORES AROSADO EN PORTEROS CONICO.

Esto se debe a que la rigidez del tablero se incrementará en forma notable por la presencia de los refuerzos, lo que modifica radicalmente la forma en que trabaja el marco, pues ya no puede deformarse en flexión debido a que los refuerzos se lo impiden.

En el caso de que fueran metálicos, puede recurrirse a conectar los elementos horizontales de la armadura mediante elementos metálicos ahogados en perforaciones hechas previamente en las losas.

Si la resistencia de vigas y columnas de la estructura original es suficiente sobre todo por cortante, se puede recurrir a la inclusión únicamente del contraventeo para rigidizar la estructura.

Los contrafuertes son otro tipo de refuerzo, con especial utilidad cuando no se tienen limitaciones de espacio en el exterior del edificio dañado, es posible utilizar contrafuertes que tomen las fuerzas laterales en estructuras de poca altura.

De manera similar que con la utilización de muros y marcos de concreto deberá atenderse a la revisión de las conexiones con la estructura original. Esta solución tiene la ventaja de que su construcción interfiere muy poco con la utilización del edificio. (ver figs. 8.3.1 y 8.3.2)

8.4 MUROS DE MAMPOSTERIA.

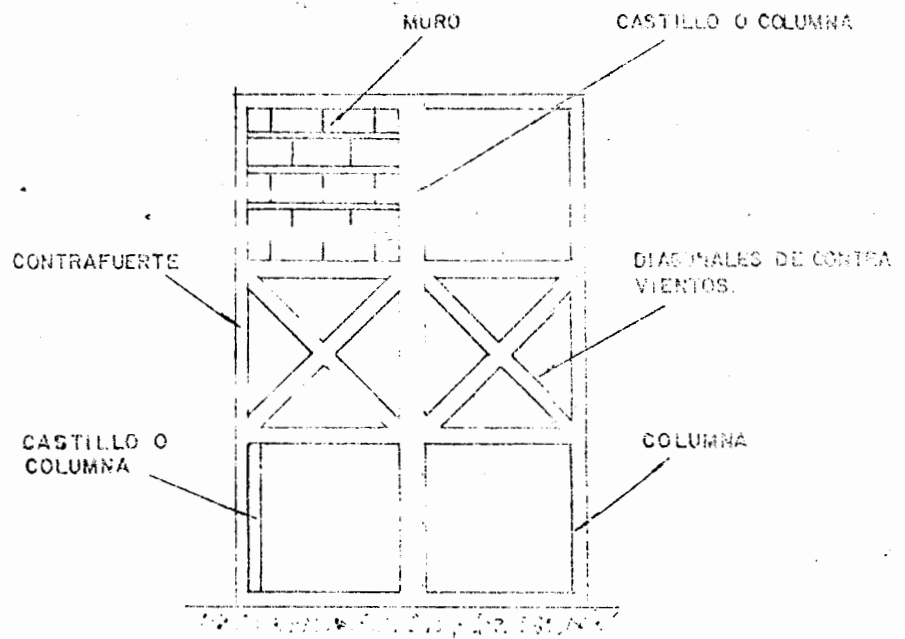
La reconstrucción de edificios contruidos a base de muros de mampostería, se puede llevar a cabo añadiendo muros nuevos.

La conexión entre los elementos nuevos con los viejos puede efectuarse mediante el colado de nuevas columnas o bien con los conectores de concreto reforzado.

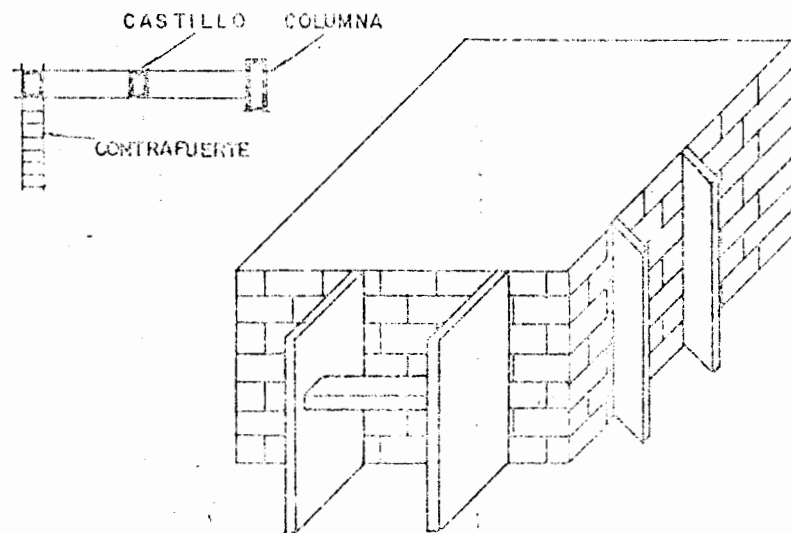
Debe revisarse el refuerzo del muro si este es de mamposteria hueca, o su confinamiento con trabes y columnas si es de piezas macizas.

La mampostería sin refuerzo es poco eficiente para resistir cargas de flexocompresión; es recomendable reforzarla con elementos de concreto armado para mejorar su comportamiento ante esta sollicitación, principalmente aumentando su capacidad de deformarse lateralmente.

En ensayos de laboratorio de muros de mampostería sometidos a una combinación de compresión y carga lateral alternante en su plano (flexocompresión) se ha visto que la resistencia y rigidez del muro se



A) ELEVACION FRONTAL FIG 3.1.1

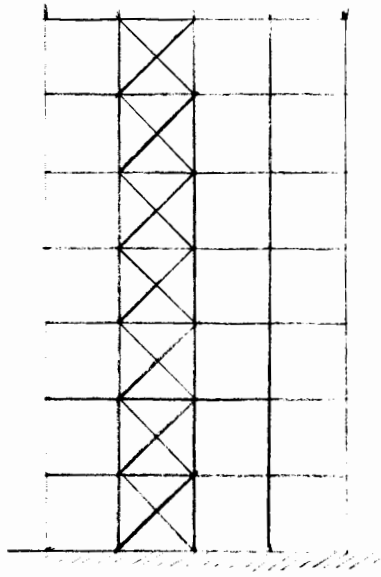


B) RIGIDIZACION DE MUROS POR MEDIO DE CONTRAFUERTES
FIG 3.1.2

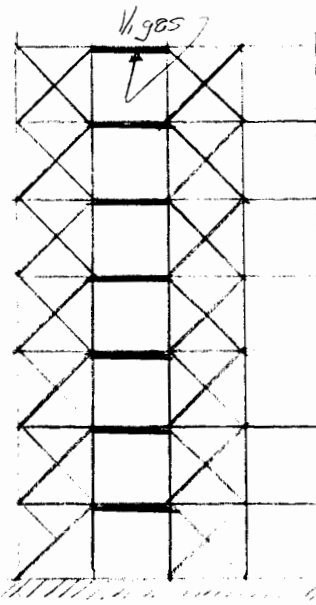
deteriora rápidamente.

EJEMPLOS DE COMO RIGIDIZAR LA ESTRUCTURA DE CONCRETO.

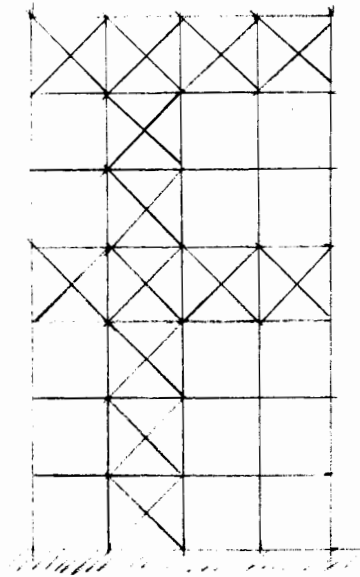
A) En Marcos.



a) Con contravientos.

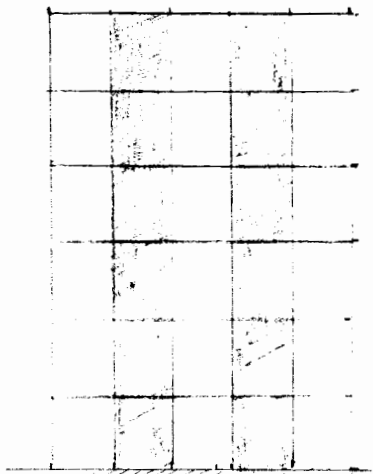


b) Contravientos completos.

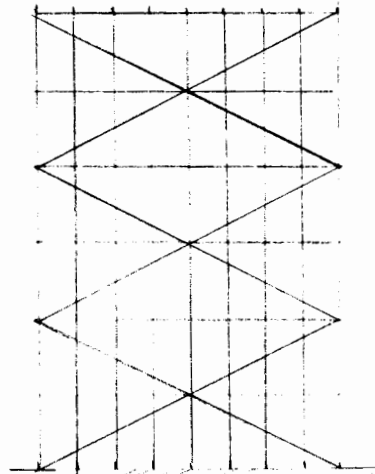


c) Contravientos en las columnas.

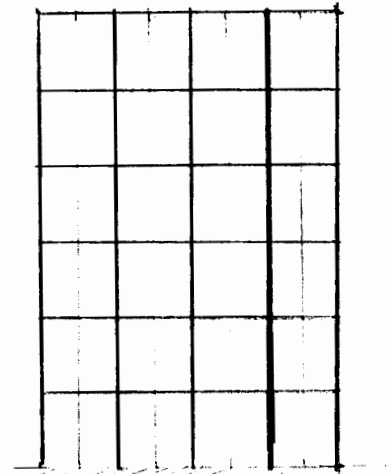
B) En su Fachada.



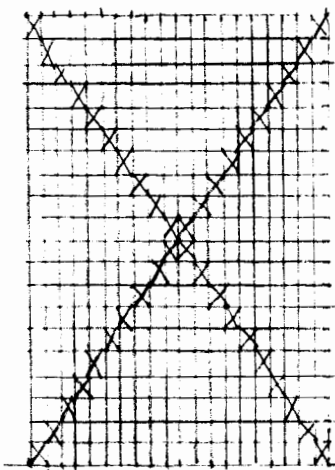
a) Con muros de rigidez.



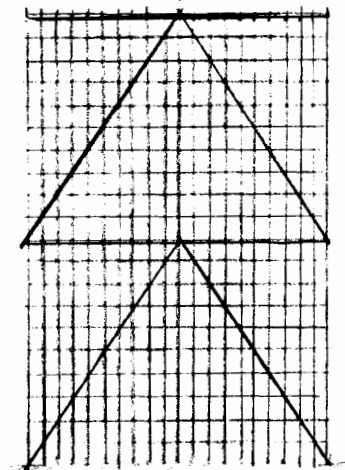
b) Con Armaduras.



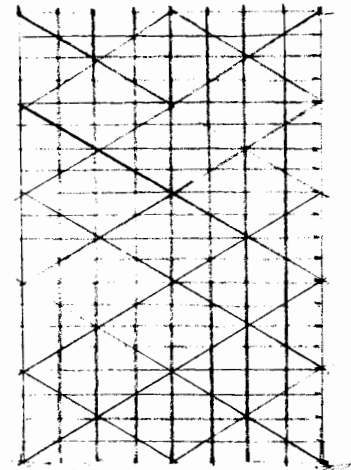
c) Colocando pocas columnas.



d) Contravientos en X

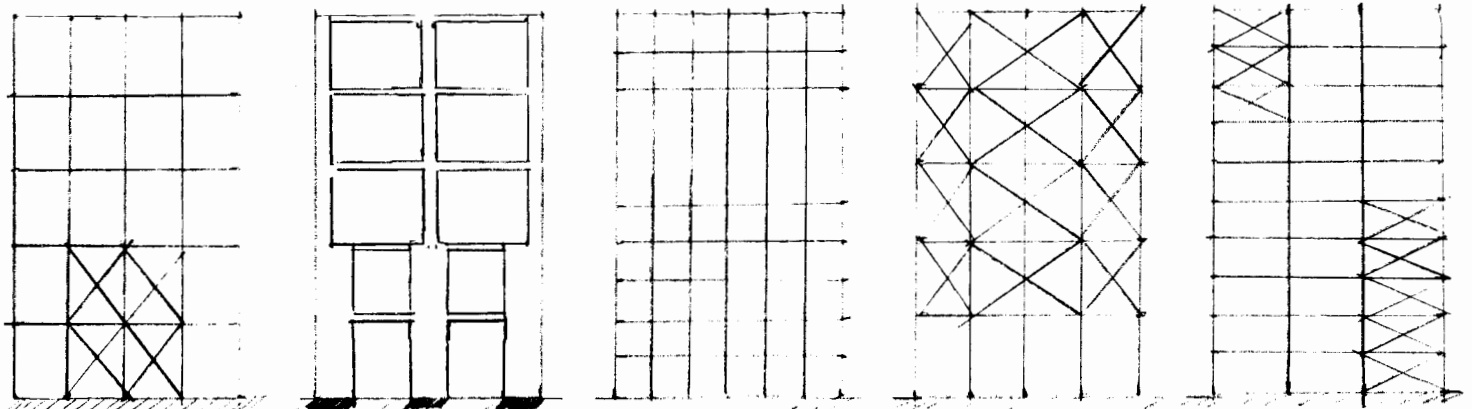


e) Contravientos en X

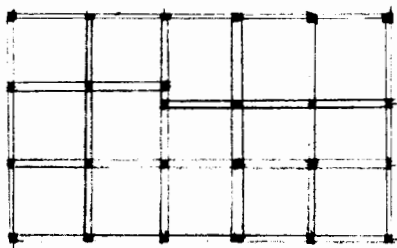


f) Contravientos en doble X.

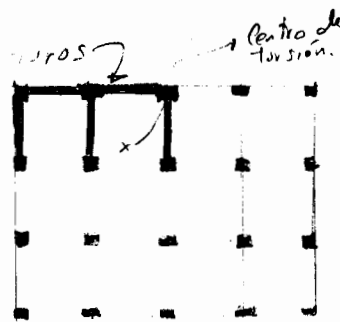
EJEMPLOS DE LO QUE NO SE DEBE PROVOCAR AL RIGIDIZAR O EN GENERAL AL REPARAR UNA ESTRUCTURA DE CONCRETO.



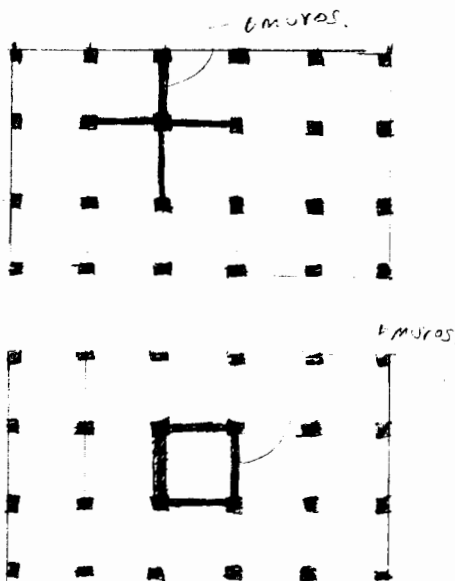
- a) Interrupción de elementos muy rígidos. b) Reducción brusca de tamaño de columnas. c) Diferencia de altura de columnas. d) Planta baja débil. e) Cambio de oporcion de elementos rígidos.



f) Faltas de alineamiento de marcos.

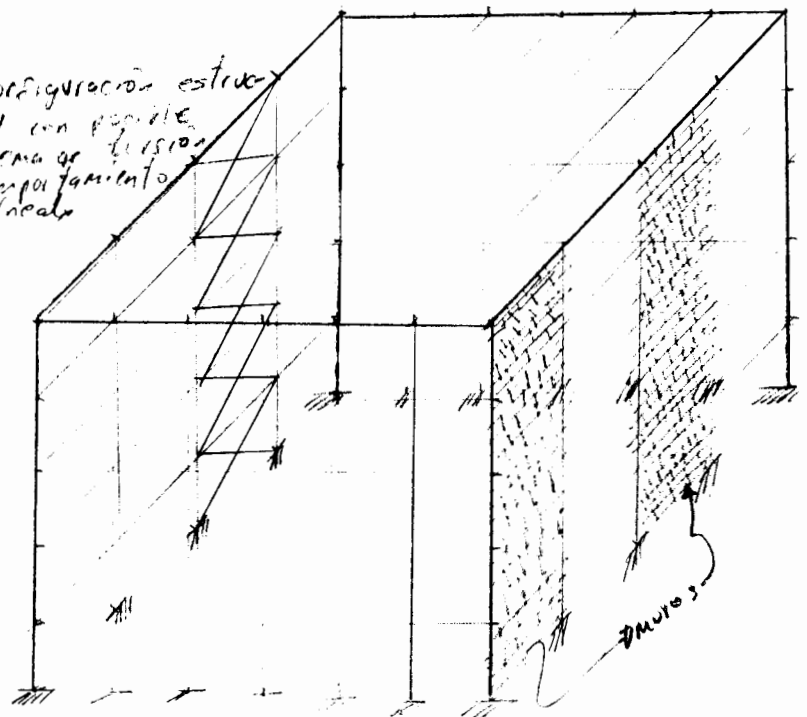


g) Distribución asimétrica de elementos rígidos.

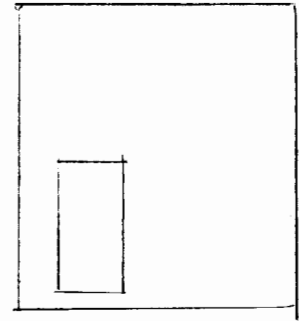
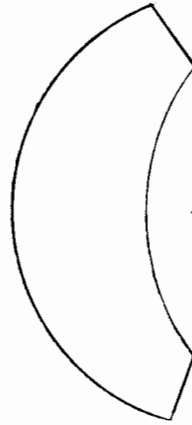
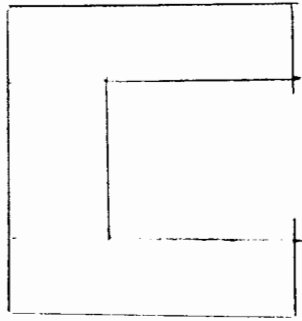


h) Distribución de elementos rígidos que proporcione esesa rigidez torsional.

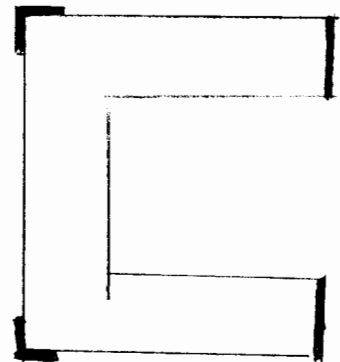
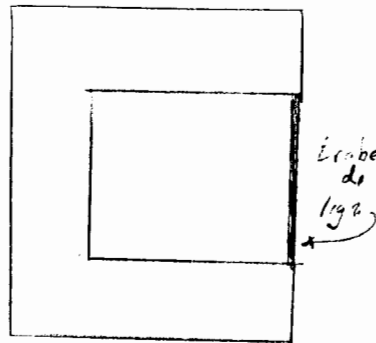
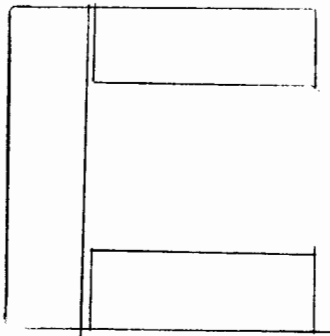
i) Configuración estructural con posible problema de torsión en comportamiento no lineal



POSIBLES REMEDIOS PARA ELIMINAR LOS PROBLEMAS DE PLANTAS ASIMÉTRICAS.
Y PLANTAS CON ALAS MUY LARGAS.



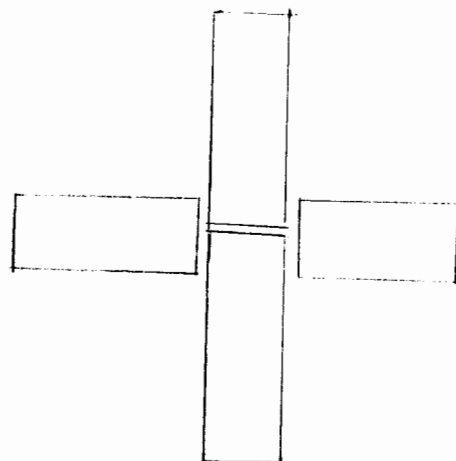
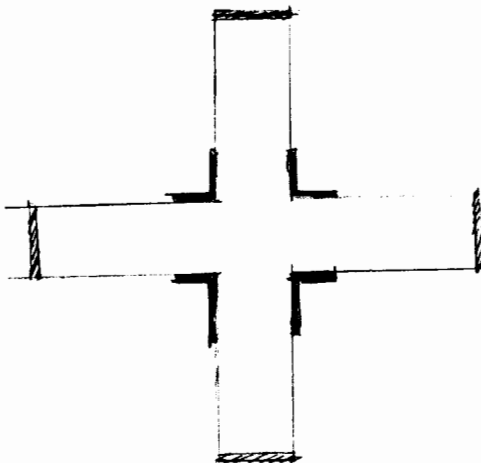
Formas asimétricas en planta que son susceptibles de tender a producir vibración torsional.



e) Separación en cuerpos simétricos mediante juntas sismorresistentes.

f) Trabes de ligadura exterioras.

g) Distribución apropiada de elementos y rigidizantes para hacer coincidir centro de masa y centro de torsión.



d) Remedios para edificios con alas muy largas.

9. - RESTAURACION Y REFUERZO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

9.1 CONSIDERACIONES GENERALES.

En el proyecto de reparación se podrá optar por intentar restaurar la resistencia original de los elementos estructurales o bien por reforzarlos después de su restauración inicial. En ambos casos es conveniente aumentar la ductilidad. Se debe poner especial cuidado al modelar para su análisis el tipo de refuerzo utilizado, pues si este es sólo para una fuerza cortante, la rigidez por flexión seguirá siendo la del elemento original.

Igualmente habrá que tener en cuenta la historia de carga, considerando en general que las cargas muertas son tomadas por los elementos originales, mientras que las cargas vivas y sísmicas son resistidas por elementos y su refuerzo.

El refuerzo de elementos provoca cambios importantes en su rigidez, que inciden en la magnitud de las fuerzas sísmicas y en su distribución en la estructura.

Para evaluar estos efectos basta en la mayoría de los casos con efectuar un análisis estructural que suponga el comportamiento monolítico del elemento original y su refuerzo.

Será necesario revisar la relación de resistencia y rigidez entre vigas y columnas después del refuerzo, para comprobar que la aparición de articulaciones plásticas ocurran en los elementos horizontales, que serían las trabes, antes de que en los elementos estructurales verticales como las columnas.

9.2 RESTAURACION.

Será necesario insistir siempre en que los materiales de origen y los utilizados en la reparación sean compatibles.

Se producirán dificultades siempre que las propiedades térmicas, las características de retracción, la cantidad de agua absorbida o el módulo de elasticidad de materiales o secciones adyacentes sean diferentes.

Para imaginar claramente lo que ocurre, consideremos una losa formada por dos materiales diferentes (A Y B) adheridos el uno al

otro. Supongamos que estos materiales tienen coeficiente de dilatación térmico diferente, sometamos la losa compuesta a una elevación de temperatura.

El material A trata de dilatarse más que el material B, aparecen tensiones y la losa compuesta tiende a flecharse. Notese que en un material se producen tensiones de tracción. Las tensiones de cizalladura subsisten, pero con signo contrario, tiene lugar el mismo fenómeno o algo análogo, cuando se produce una retracción diferente o deformaciones elásticas, diferentes a módulos de elasticidad diferentes.

El remedio más simple consiste, evidentemente en disponer de armados o en incrementar la resistencia a tracción de ambos materiales, y hacerlo adherir el uno al otro mediante dispositivos que absorban los esfuerzos cortantes.

Son necesarios anclajes para evitar que las dos capas de material se separen. Si los dos materiales tuvieran propiedades idénticas, las variaciones de temperatura, la retracción, etc; provocarían variaciones físicas idénticas, y no habría ni tensiones, ni alabeos y ni separación.

Por lo tanto, es preciso que el material con que se realice la separación sea lo más parecido posible al material primitivo. Para esto sería preciso que la composición de la mezcla o sea el tipo de cemento, los áridos, la consistencia, la temperatura, la masa, la forma y el porcentaje de humedad del nuevo concreto fueran los mismos que los del concreto original. En la práctica esto es imposible de realizar, incluso si todos los datos fueran iguales, quedaría aún la diferencia de edad. El concreto original ha estado sometido a la totalidad de la retracción debido al fraguado y al endurecimiento y ha alcanzado probablemente un porcentaje de humedad más o menos estable, dos condiciones que el nuevo concreto no puede cumplir.

Al ingeniero no le queda más que hacer todo lo posible, compensar las diferencias, disponiendo armado y dispositivos de unión, que suavicen las diferencias.

La cuantía de armado y la cantidad de conectores metálicos se fijan generalmente en función de la experiencia que se tenga; si no se tiene experiencia esta cantidad se fija mediante cálculos teóricos. Estos son particularmente difíciles, puede recurrirse a cualquiera de

las numerosas obras clásicas que tratan de estructuras mixtas.

No se debe olvidar prever un medio cualquiera de impedir que se separen los dos materiales en dirección perpendicular al plano de contacto. En general esto puede conseguirse disponiendo conectores terminados en gancho, incrustados en el concreto primitivo y enlizados a el armado del nuevo material.

Los casos que se citan a continuación pueden presentar dificultades particulares:

- 1) El tipo de cemento o la composición del concreto utilizados en secciones adyacentes son diferentes.
- 2) El material de reparación es concreto lanzado.
- 3) El árido utilizado es de baja densidad.
- 4) Los elementos adyacentes tienen secciones transversales de forma o superficie netamente diferentes.
- 5) La temperatura del concreto nuevo, al ponerlo en obra es completamente diferente a la del concreto viejo.

Las dificultades anteriores se deben principalmente a las siguientes causas:

- a) Concreto lanzado: La retracción del concreto lanzado tiene un valor que se sitúa entre 150 y el 300 % de la del concreto. El coeficiente de dilatación térmica es claramente diferente, la dosificación, los materiales y proporción de agua del revestimiento son diferentes a los de la superficie subyacentes.
- b) Concreto ligero: El coeficiente de dilatación térmica y el módulo de elasticidad de este concreto son muy diferentes a los del concreto de áridos comunes.

Además los diferentes tipos de áridos ligeros son diferentes no sólo de los áridos ordinarios, sino también unos de otros, la utilización de un concreto de este tipo en obras de concreto normal, mampostería o ladrillo puede presentar dificultades a causa de la diferencia de deformaciones térmicas o elásticas.

Para la ampliación de una construcción, se propone a veces la utilización del concreto ligero, incluso si la obra existente es de concreto corriente, esto no es recomendable, salvo si se prevé una

junta de dilatación entre el edificio existente y la ampliación, no es recomendable porque se producirán esfuerzos cortantes en el plano de contacto de losas confeccionadas con diferentes materiales, y aparecerán fisuras de tracción.

Si los soportes son de concreto ligero, será difícil mantenerlos al mismo nivel, aunque se construyan así.

c) Diferencias de superficie o de formas de las secciones transversales: No se debe de cargar elementos de sección débil sobre otros de gran sección, ni unirlos rígidamente.

Un caso frecuente es el de la losa de tablero de 25 o 30 cm., de canto de un muelle, que descansa sobre un muro de contención. Lo mismo ocurre en sistemas en que las estructuras pasan de tramos independientes a tramos continuos, o de éstos a un sistema reticulado.

La fisuración del concreto en las proximidades de la zona de contacto de ambas secciones es prácticamente inevitable. Por lo tanto cuando hay una variación brusca de sección o de tipo estructural, conviene preparar una junta de dilatación o un armado especial para conectar ambas secciones.

d) Temperatura del concreto durante su puesta en obra: La temperatura del concreto existente y la del concreto nuevo deben ser tan próximas como sea posible.

El concreto se pone generalmente en obra entre 10 y 25 grados C.. Conviene conservar la temperatura del concreto existente en los mismos limites, no colando más que cuando la temperatura ambiente esta comprendida entre esos valores.

Se deben parar los trabajos o calentar la superficie para colar cuando haya frio o viento, y resguardarla o enfriarla, por ejemplo, pulverizando agua, cuando haga calor o brille el sol en demasia.

Debe tenerse en cuenta que estas prescripciones no aportan soluciones radicales. Son simple reglas de buena práctica y procedimientos experimentados suficientemente para obtener un concreto de buena calidad, ya se trate de construcciones nuevas o de trabajos de reparación.

9.3 REFUERZO DE TRABES.

Un principio básico en la reconstrucción de estructuras, es que bajo fuertes fuerzas sísmicas las vigas se comportan plásticamente antes que las columnas. Esto se basa en el razonamiento de que cuando una viga empieza a fallar irá de un comportamiento elástico a un inelástico, y empezará a deformarse permanentemente. Esta acción disipará y absorberá una parte de la fuerza sísmica, por el mismo principio que el colapso de la parte frontal de un automóvil correctamente diseñado absorberá la energía de colisión y protegerá la estructura esencial que rodea a los componentes.

El procedimiento de refuerzo de vigas, consiste en envolverlas con barras y estribos adicionales o una malla electrosoldada y añadir un nuevo recubrimiento de concreto lanzado o colado in-situ.

Se pueden reforzar las vigas con un encamisado de concreto.

Si solo se requiere reforzar la resistencia a flexión, se puede recurrir al encamisado de la cara inferior, usando conectores soldados para unir el nuevo refuerzo al viejo, así como estribos adicionales que también serán soldados a los originales.

Para proporcionar el anclaje adecuado en los extremos se puede recurrir a un collar de ángulos alrededor del extremo de la columna. (ver fig. 9.3.1)

Cuando se requiere reforzar para flexión como para cortante, el encamisado se puede efectuar en solo tres caras o en todo el perímetro de las vigas, en este último caso, resulta factible añadir refuerzo por momento negativo, la perforación de losa es necesaria tanto para pasar los estribos como para facilitar el colado. (ver fig. 9.3.2)

En un encamisado metálico, el refuerzo de vigas por flexión o cortante, se puede hacer uso de placas metálicas adheridas con resinas epóxicas y conectores metálicos a las caras de elemento.

Otra alternativa de refuerzo la constituye el empleo de estribos postensados exteriores (tornillos pasantes) que aumentan la capacidad a cortante y la ductilidad de la viga. (ver. fig. 9.3.3)

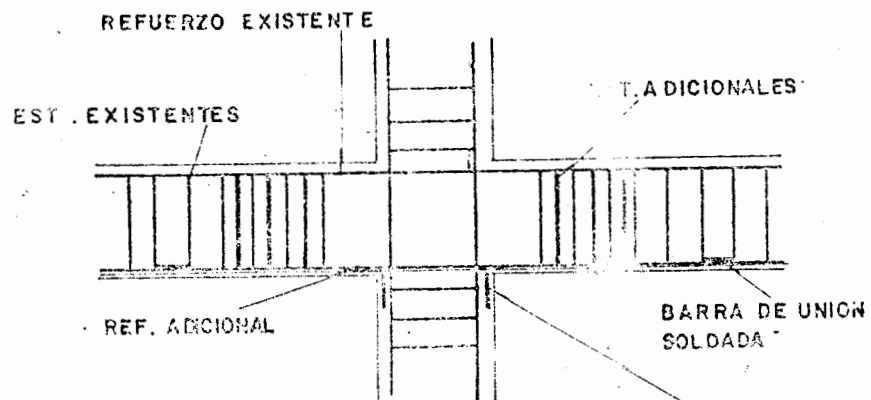


FIG. 9.3.1 ENCAMISADO DE UNA VIGA CON CONCRETO REFORZADO POR FLEXION.

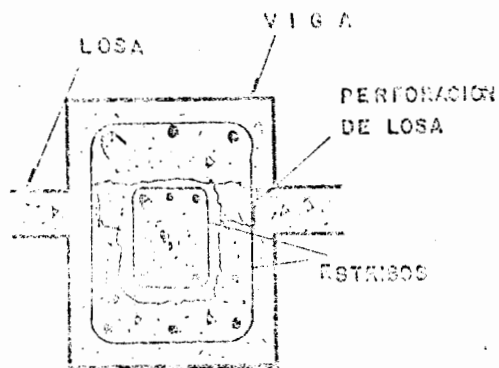


FIG. 9.3.2 ENCAMISADO POR FLEXION Y CORTANTE EN VIGAS.

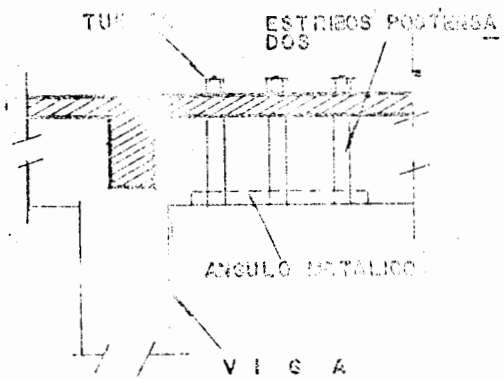


FIG. 9.3.3 VIGA REFORZADA CON ESTRIBOS ADICIONALES EXTERIORES (POSTENSADOS)

9.4 REFUERZO DE COLUMNAS.

Generalmente el origen en las variaciones en la rigidez de las columnas radica en consideraciones arquitectónicas; terrenos en laderas de colinas, relleno de porciones de marcos con material no estructural pero rigidizante para crear una faja de ventanas altas, elevación del edificio sobre el nivel del terreno mediante elementos altos, en tanto que en otras áreas se apoyan sobre columnas más cortas, o bien, rigidización de algunas columnas con un mezzanine o desván, mientras otras dejan doble altura sin contraventear.

La importancia de estos aspectos radica en el hecho de que sus efectos son contrarios a los intuitivos. Parecería razonable que una columna corta fuera más fuerte que una más larga con la misma sección, ciertamente, bajo cargas verticales, sería menos posible que se pandeara y por tanto, ser capaz de recibir más cargas. Pero la columna corta, también es más rígida, bajo carga lateral, y es que las cargas se distribuyen de acuerdo a la rigidez de los elementos resistentes, la columna corta y rígida "atraera" fuerzas que puedan estar desproporcionadas con su resistencia.

Si no se puede evitar esta situación, una solución consiste en igualar las rigideces de las columnas más largas, para lograr una rigidez apropiada en una columna dañada existe el refuerzo de columnas por medio de un encamisado con concreto reforzado. Este procedimiento de refuerzo de columnas consiste en envolverlas con barras y estribos adicionales o una malla electrosoldada y añadir un nuevo recubrimiento de concreto lanzado o colado in-situ, es importante "picar" la superficie del elemento por reparar, para obtener suficiente rugosidad.

Si solo se encamisa la columna en el entrepiso se obtiene un incremento en su resistencia ante carga axial y fuerza cortante, así como un comportamiento más dúctil, pero no se altera la resistencia a flexión original. Mejorar esta última implica extender el encamisado a través de la losa, prolongando el acero longitudinal por orificios que también faciliten el colado y añadiendo algunos estribos que atraviesen las almas de las vigas.

El encamisado más común es el que se efectúa todo alrededor de la columna. Si la columna es de sección rectangular el refuerzo se

concentra cerca de las esquinas para permitir su confinamiento con estribos, o bien, se reporta de manera más uniforme uniendo el refuerzo nuevo al viejo, mediante conectores soldados. (ver fig. 9.4.1)

Un encamizado metálico se puede efectuar mediante un esqueleto de perfiles unidos entre si con soleras o varillas soldadas, o bien, con el recubrimiento total de la columna a base de la placa. En ambos casos se requiere especial atención para el diseño de la unión con las losas, que puede resolverse mediante un collar de ángulos.

El espacio entre la camisa y la columna se debe de rellenar con un mortero con aditivo expansivo o resinas epóxicas, para la corrosión y el fuego un buen refuerzo y a la vez un buen acabado es colocar una malla electrosoldada.

La dificultad de prolongar la camisa metálica a través de las losas, limita su electividad a un mejoramiento de la resistencia a carga axial y fuerza cortante, así como de ductilidad de la columna, sin modificar la resistencia a flexión en los extremos. (ver. fig. 9.4.2)

9.5 REFUERZO DE UNIONES TRABE-COLUMNA.

Aún cuando un edificio colapse totalmente, todavía tiene una gran cantidad de material no dañado dentro de su estructura.

El peor colapso, o sea el fenómeno de "encimiento" que ocurre cuando los pisos se apilan, separados unicamente por escombros, sólo se debe a la destrucción de los elementos verticales de la estructura.

Los pisos aún tienen una resistencia considerable, pero el hecho de que estos no sean sobreforzados de manera destructiva, de nada ayuda a los muros o a las columnas falla primero y empieza a deformarse, las cargas verticales mayores (de compresión) pueden provocar rápidamente el colapso total.

Este principio se pretende bien, sin embargo, su inverso, el diseño de columnas débiles y vigas fuertes, es una causa sorprendentemente frecuente de daño y colapso del edificio.

El ejemplo más común de esto es la combinación de pretilas rígidos y gruesos con columnas de concreto reforzado en donde se requieren largas franjas de vidrio interrumpidas entre columnas muy

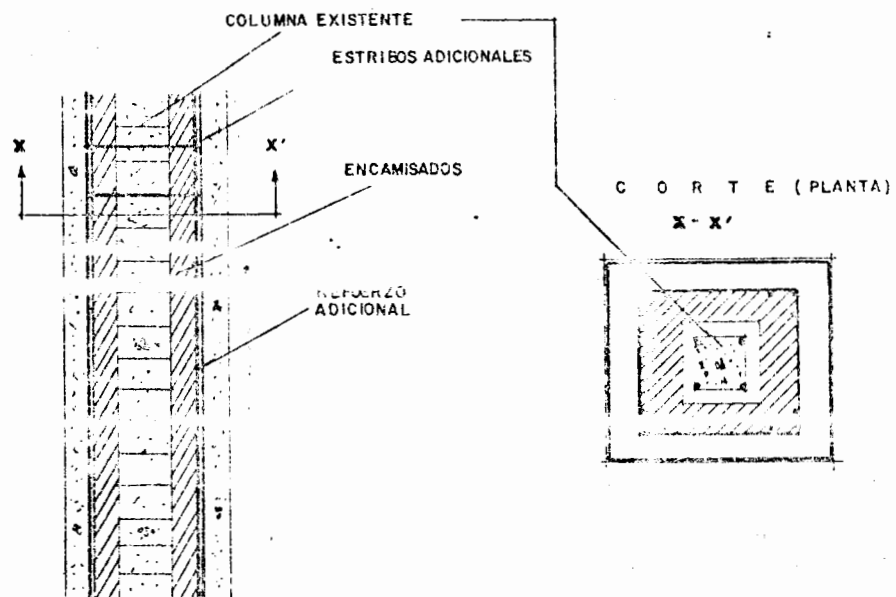


FIG 9.4.1 REPRESENTA DE UN ENCAMISADO DE COLUMNA CON CONCRETO REFORZADO.

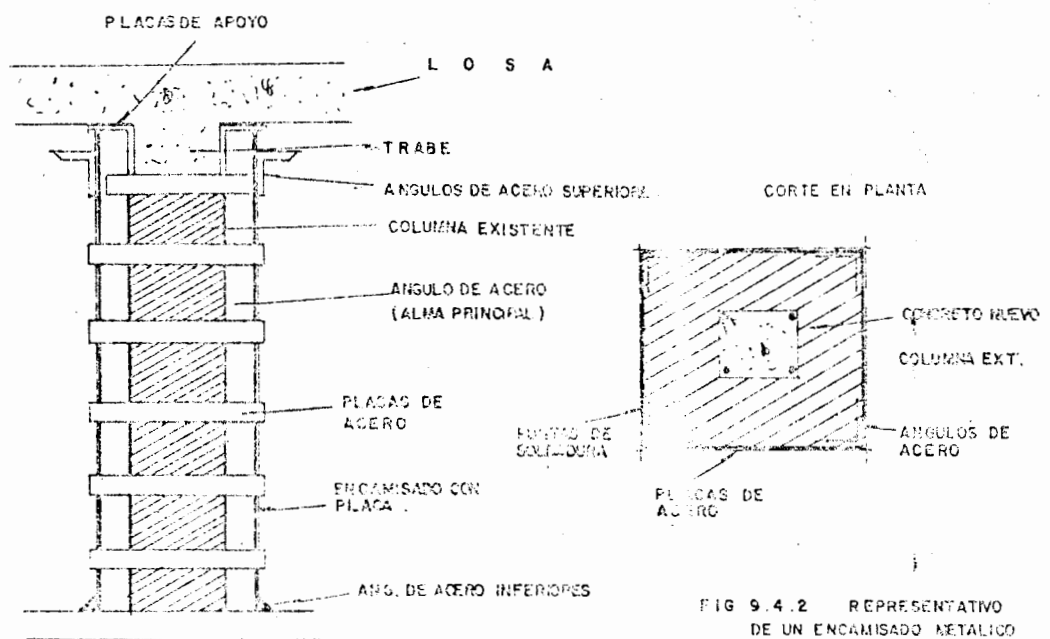


FIG 9.4.2 REPRESENTATIVO DE UN ENCAMISADO METALICO DE COLUMNA.

separadas.

Por lo tanto para reforzar una unión trabe-columna utilizando un encamisado de concreto reforzado, se utilizan las mismas recomendaciones establecidas para encamisados de columnas.

El encamisado se puede efectuar localmente en el nudo, o bien, en combinación con el encamisado de trabes y columnas.

Si quisieramos utilizar un encamisado metálico, en estructuras con marcos en una sola dirección, como es el caso de algunos edificios industriales, es posible reforzar las uniones con placas metálicas adheridas con conectores metálicos y resinas epóxicas. (ver. fig. 9.5.1)

9.6 REFUERZO DE MUROS DE CONCRETO.

Estos muros deben dimensionarse por flexocompresión, toda sección sujeta a flexocompresión se dimensionará para la combinación más desfavorable de carga axial y momento, incluyendo los efectos de esbeltez.

Cuando en estos muros de concreto se presentan agrietamientos, es muy probable que se requiera reforzar por cortante. Dicho refuerzo constará de dos capas de barras horizontales y verticales, cada una próxima a cada cara del muro, a menos que el espesor de ésta no exceda de 20 cm., en cuyo caso puede colocarse una sola capa a medio espesor.

Las barras verticales deben de estar ancladas de modo que en la sección de desplante del muro sean capaces de desarrollar su esfuerzo de fluencia.

El aumento en el espesor de un muro de concreto significa un incremento en su resistencia al corte. Si además se requiere aumentar su capacidad para resistir la flexión, se debe aumentar particularmente la sección de sus extremos, concentrando en ellos buena parte del refuerzo adicional. (ver fig. 9.6.1)

El concreto deberá anclarse al viejo mediante conectores ahogados es este con morteros epóxicos, o que atraviesen el muro si el refuerzo se tiene en ambas caras.

Es preferible utilizar concreto lanzado que colado in-situ, para transmitir las fuerzas cortantes entre los muros y las losas, así como para lograr la continuidad necesaria para el trabajo a flexión, se

puede recurrir a perforaciones en las losas que permitan el paso del refuerzo y facilitar el colado.

9.7 REFUERZO DE MUROS DE MAMPOSTERIA.

Los muros fabricados a base de piedra natural o artificiales, sin refuerzo, conocidos más comunmente como muros de mampostería, fallan de manera súbita (o frágil) cuando las cargas exceden a su resistencia, sin dar en general previo aviso de la proximidad de la falla y produciéndose en muchas ocasiones el colapso total de la estructura.

Este tipo de falla es indeseable, y para evitarla se adicionan a los muros distintos tipos de refuerzo, que sirven como elementos de confinamiento y reducen la posibilidad de fallas fragiles y colapsos totales.

Los elementos de refuerzo más comunes son: castillos, columnas, contrafuertes, dadas, trabes y diagonales de contraventeo, con diversas dimensiones y espacimientos.

La forma de apoyo de los muros dependerá de las condiciones del terreno en que vayan a desplantarse y de la estructuración general que se tenga.

El soporte lateral de los muros puede hacerse con muros perpendiculares o con refuerzo a base de columnas, castillos o contrafuertes.

En el refuerzo de un muro de mampostería, podemos usar un recubrimiento con mortero reforzado. Este tipo de refuerzo se efectúa recubriendo el muro con malla electrosoldada o malla de alambre y aplanado de mortero. La malla deberá unirse al muro mediante conectores espaciados de 50 a 60 cm. en ambas direcciones. Aunque se puede trabajar en una sola cara, los mejores resultados se obtienen cuando el recubrimiento se coloca en las dos y los conectores atraviesan el muro.

Para restaurar tan sólo la resistencia original en muros de tabique rojo o de tabicón, se puede recurrir a eliminar el aplanado original 0.5m. en ambos lados de la zona agrietada y después resanar las grietas, colocar una capa de malla de alambre de tejido rectangular unido al muro con taquetes, aplanando nuevamente con

mortero de concreto. (ver fig. 9.7.1)

La mampostería sin confinamiento tiene la tendencia al volteo de sus muros por efecto del sismo, debido a la precaria unión entre ellos. La introducción de un sistema de liga constituye un buen refuerzo para este tipo de estructuras, cuyo representante más típico son las casas de adobe.

El uso de tirantes horizontales, además de servir de liga entre los elementos de la estructura contribuye a mejorar su resistencia al corte.

Otro procedimiento de refuerzo consiste en el uso de cadenas perimetrales de concreto o de madera, con o sin contrafuertes adicionales. (ver fig. 9.7.2)

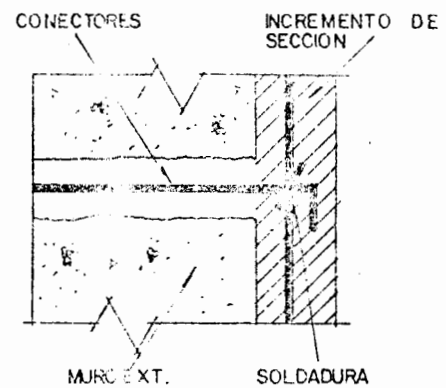
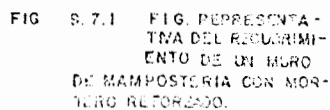


FIG 9.6.1 REPRESENTATIVA DEL PRIMEROS DE MUROS DE CONCRETO.



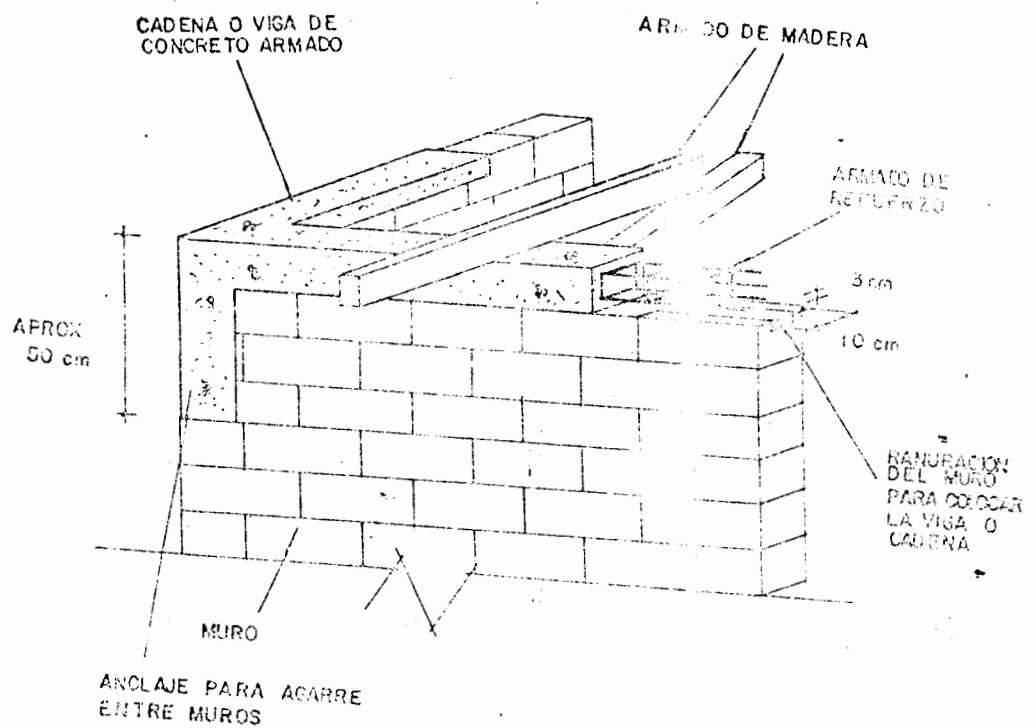


FIG 9.7.2 FIG DONDE SE ILUSTR EL CONFINAMIENTO DE UN MURO DE MAMPOSTERIA CON CADENA DE CONCRETO PERIMETRAL

10.- RESTAURACION Y REFUERZO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES.

10.1 CONCIDERACIONES GENERALES.

Algunos diseñadores que no estan familiarizados con las respuestas reales de una estructura durante los sismos, han diseñado estructuras para resistirlas, pero han ignorado el efecto de muros de relleno o división no soportantes pero rígidos y poco resistentes.

Ellos se habrán dicho a si mismo que éstos son sólo muros de relleno o divisorios y no se tomarán en cuenta en los cálculos. Desafortunadamente, nadie se ha comunicado con estos muros y les ha dicho que sólo van a desempeñar una función en la resistencia a los sismos.

Los edificios del gobierno de E.U.A. en la base de la fuerza aérea en Elmendorf y For Richardson en Anchorage, tenían muchos muros no reforzados de bloque de concreto de 10 cm. que trataron de actuar a compresión o tensión diagonal. Algunos de ellos estallaron como granadas, y si el sismo hubiera ocurrido a otras horas la pérdida de vidas hubiera sido sin duda mayor, y por supuesto, al ignorar las rigideces de estos muros los cálculos estaban muy equivocados, al menos hasta que los muros fallaron.

La separación de estos es admisible si se emplean detalles verdaderamente efectivos. La reparación de estos elementos no estructurales implica en la mayoría de los casos la restauración y el refuerzo de si mismo y de sus uniones con la estructura, teniendo en cuenta su interacción con esta última.

Si se ha optado por desligar dichas uniones, de manera tal que el movimiento de la estructura no introduzca distorsiones en los elementos no estructurales, deberán restaurarse las juntas manteniendo hogaduras adecuadas a los desplazamientos esperados además será necesario revisar la estabilidad de los elementos ante el sismo para restaurar y reforzar sus anclajes.

Si por el contrario, la solución consiste en integrar los elementos no estructurales a la estructura, estos deberán tenerse en cuenta para el análisis de la distribución de las fuerzas, de donde deberán obtenerse los diferentes elementos mecánicos para plantear su restauración y refuerzo.

10.2 MUROS FALSOS Y/O DIVISORIOS.

Si los muros de confinamiento o de separación no se aíslan de la estructura mediante juntas deslizantes, éstos se tienen que diseñar como partes integrales de la estructura.

Entonces, su localización constituye un aspecto estructural. Debido a la enorme rigidez de los muros, en comparación con los marcos, una pequeña porción de muro situada en un lugar equivocado puede redistribuir drásticamente las cargas y cambiar el comportamiento de la estructura.

El tipo más común de elementos divisorios en nuestro medio lo constituyen los muros de mampostería, estos en general son elementos muy rígidos, que tienden en general a trabajar estructuralmente, absorbiendo buena parte de las fuerzas sísmicas cuando se encuentran ligados a la estructura, sin embargo son también muy frágiles y sufren daños ante deformaciones pequeñas.

Por esta razón, no conviene integrarlos a la estructura, a menos que también ella sea muy rígida (marcos robustos de poca altura o estructura a base de muros de concreto). Debe tenerse en cuenta el evitar ligar a la estructura muros que no cubran toda la altura y propician la falla de las columnas, como si fueran columnas cortas, también se deberá evitar que la ubicación de los muros que si se ligan originen excentricidades importantes, como es el caso con los muros de colindancia en edificios de esquina.

Las distribuciones asimétricas de muros pueden impedir que un conjunto de marcos simétricos responda a las fuerzas laterales de un modo relativamente libre de torsión.

Sin embargo, los elementos no estructurales pueden proporcionar cierto grado de redundancia útil. Un ejemplo común de resistencia sísmica beneficiosa no calculada, que se ha comprobado en varios sismos, es la capacidad de las divisiones "no estructurales" de madera con marcos para sostener un edificio de mampostería no reforzada, después de haber colapsado totalmente los muros exteriores de carga.

En hoteles o edificios de departamentos muy antiguos, algunas veces los largeros de madera continuos han soportado sus cargas mediante acción de voladizo no calculada, aún después de que los muros exteriores se desplomaron.

Una de las virtudes notables de la construcción residencial con marcos de madera normales, radica en la redundancia de las trayectorias de carga y la multiplicidad de juntas.

Si el daño ocurrió en el muro, se puede recurrir a las mismas técnicas de restauración y refuerzo que para un muro de mampostería.

Pero si el problema se presentó en la unión con la estructura en muros desligados, o bien, el criterio de reparación exige el desligue de algunos muros, debe proporcionarse una separación mínima de 2 cm.

Respecto a columnas y losas superiores, los extremos existentes de la separación de muro y columna o losas superiores se deberá rellenar con algún material flexible y aislante, cuidando con esto el garantizar la estabilidad del muro contra el volteo.

10.3 RECUBRIMIENTOS Y ACABADOS.

La rigidización casual de una estructura de marcos mediante recubrimientos de mampostería es una causa frecuente de daños y fallas. El mecanismo siempre es el mismo, las fuerzas sísmicas son atraídas por las áreas de mayor rigidez, y si éstas no están diseñadas para ajustarse a estas fuerzas, estarán propensas a fallar.

Existen casos especiales en los que se supone que los recubrimientos y acabados no actuarían estructuralmente, pero desempeñaron funciones estructurales hasta que fallaron al introducir accidentalmente rigidez a la estructura en diferentes lugares.

La interacción no intencional tiene dos aspectos negativos: las componentes no estructurales se sacrifican innecesariamente y, desde el punto de vista de la configuración, la rigidez introducida en lugares al azar puede redistribuir cargas en forma desigual y producir torsión.

La posibilidad de modificaciones involucradas accidentalmente se reduce si se hace cuidadosamente la revisión del diseño de reconstrucción al terminar los planos constructivos, y se muestran en ellos todos los elementos arquitectónicos que el ingeniero pueda no haber considerado al realizar la reconstrucción estructural.

Con el fin de cumplir con los últimos requisitos del programa, se pueden agragar muros rígidos a un diseño estructural completo o ya en construcción.

En general se deben de evitar los muros de relleno o los recubrimientos y/o acabados situados arbitrariamente en los marcos, en particular si son de material pesados.

Los recubrimientos y acabados deben de figurar ya sea dentro del concepto estructural o detallarlos de acuerdo con éste, o bien, separarlos de tal modo que la distorsión estructural no provoque esfuerzos al muro o a cualquier otro elemento estructural, para hacerlo se requiere cierto análisis del desplazamiento esperado y el desarrollo de detalles arquitectónicos que sostendrá el muro, en su lugar en forma segura, contra cargas verticales normales y cargas laterales aún permitiendo el movimiento en relación con un marco.

10.4 VENTANAS Y PLAFONES.

En el diseño para resistir fuerzas sísmicas, el ingeniero estructurista emplea un número reducido de componentes diferentes que se combinan para formar un sistema resistente completo.

En el plano vertical, las ventanas resisten las fuerzas laterales y en el plano horizontal los plafones son los que resisten estas fuerzas.

Por lo tanto estos elementos son componentes arquitectónicos básicos. Su presencia es el resultado del diseño esquemático del edificio. Su localización o su forma se pueden modificar debido al análisis estructural, y algunas veces se pueden agregar miembros.

Es conveniente que el diseñador arquitectónico adquiera el conocimiento de cómo trabajan las ventanas y los plafones en respuesta a las fuerzas generadas por algún sismo o asentamiento.

Los cálculos detallados serán responsabilidad del ingeniero. El arquitecto puede no tener la oportunidad ni el deseo de adquirir el conocimiento teórico o profundo y la experiencia que el ingeniero debe de poseer, pero vale la pena desarrollar su sensibilidad con respecto a las fuerzas estructurales, ya que una vez adquiridas, puede servir como una guía casi automática para sus diseños.

Por lo tanto para la reparación de las ventanas se debe de considerar la situación de vidrio rotos, verificar que la holgura que exista entre los marcos de las ventanas y la estructura o entre ellos y los vidrios sea la adecuada. Esta holgura, se deberá rellenar, con

un sellador flexible. Por lo que respecta a los plafones la reparación de estos implica reemplazar las piezas dañadas, reforzar los anclajes al techo incluyendo el contraventeo para evitar el balanceo, y garantizar una holgura perimetral que evite la interacción con la estructura.

11.- SUPERVISION Y VERIFICACION DE LA REPARACION.

11.1 OBJETIVOS.

Los modelos del proceso de reparación siempre tienden a sugerir un conjunto secuencial de actividades que no representan verdaderamente la manera en que se hace la reparación.

En teoría, se necesita un proceso formal en el cual las interacciones de todos los elementos se puedan conciderar en forma concurrente. Esto no conduce por si mismo a un modelo intelegible, pero de hecho, el diseñador puede obtener una imagen aproximada de esta condición mediante un reciclado muy rápido de la información y de los conceptos, así como los frecuentes cambios de énfasis y solución.

Debido a que el ingeniero reconstructor habitualmente trabaja con información incierta, y a veces ambigua, puede mejorar y modificar la información muy rápidamente.

Por último podemos señalar que la reparación de una estructura implica el empleo de materiales, técnicas y soluciones estructurales poco comunes en la práctica cotidiana.

11.2 SUPERVISION DEL PROYECTO Y CONSTRUCCION.

El arquitecto así como los grupos de diseñadores deben revisar brevemente los requisitos del programa y sus ideas sobre el diseño de reconstrucción inicial con el ingeniero estructurista, para asegurarse de que más adelante no surgan conflictos innecesarios a causa de las hipótesis hechas o las restricciones programáticas o de reconstrucción.

Los principales puntos que se deben supervisar son:

- * *Tamaño del edificio.*
- * *Características del lugar.*
- * *Requisitos de planificación interior.*
- * *Normas contra incendio.*
- * *Decisiones estructurales.*

El arquitecto debe ponerse de acuerdo con el ingeniero antes de

iniciar la reconstrucción esquemática o al principio del proceso.

Las plantas complejas o los aspectos importantes de la configuración se deben someter a la opinión del ingeniero en la etapa más temprana posible, para que se pueda determinar la importancia de su efecto.

Es importante señalar que en la supervisión del proyecto se revisarán los criterios del diseño, así como comprobar la exactitud de los cálculos y verificación de los planos y especificaciones para poder así transmitir una información correcta al reconstructor.

La supervisión adecuada del proyecto y la construcción dan al ingeniero los datos necesarios para tomar en consideraciones los tamaños de los miembros a los aspectos básicos de la estructura.

Por último si se ha supuesto que las divisiones no soportarán cargas laterales y que no se deformarán junto con el marco, el detallado arquitectónico debe preverlo así.

El ingeniero tiene la obligación de revisar los aspectos sísmicos de las partes no estructurales diseñadas por otros como son: Sistemas arquitectónicos, sistema mecánico, sistema eléctrico, plomería, etc.

11.3 VERIFICACION DE LA REPARACION.

No es necesario modificar la práctica usual que requiere que el ingeniero diseñador supervise la reconstrucción para asegurarse de que esta de acuerdo con sus planos y especificaciones, pero es deseable que el arquitecto y el ingeniero revisen también otros aspectos relevantes, como la colocación de plafones, recubrimientos exteriores, apoyos de muros divisorios y detalles de juntas sísmicas, conforme a los planos y especificaciones, calidad de la construcción y mano de obra.

Una buena alternativa para verificar la reparación consiste en la medición del periodo fundamental de la estructura antes y después de la reparación.

Si ésta se ha efectuado con éxito, el aumento en la rigidez se debe de reflejar en una disminución del periodo, que debe de coincidir en su valor con el modelo dinámico usado para el análisis de dicha reparación.

La determinación del periodo se deriva del análisis de las

vibraciones de la estructura debidos al ruido ambiental, a la imposición de condiciones iniciales de deformación o velocidad, o a un equipo excitador.

12. - CONCLUSION GENERAL.

Este trabajo de investigación ha tenido como objetivos principales: proporcionar al reconstructor interesado, las bases para comprender los problemas y la naturaleza de la reconstrucción.

Se ha presentado una serie de problemas de manera conceptual, la finalidad es abrir una área de investigación. La justificación de esto radica en el consenso general sobre la importancia de la reconstrucción, combinado con la falta general de un análisis y una exposición sistemática de sus efectos sobre el comportamiento de la estructura y su relación con otros aspectos, como los de la calidad de los materiales y del mismo proceso de reconstrucción.

La reconstrucción de una estructura, es una responsabilidad compartida de la arquitectura y la ingeniería. Se comparte en cuanto a las relaciones físicas entre las formas arquitectónicas y los sistemas estructurales resistentes.

Pero debido a las condiciones de preparación profesional, no es recomendable que el arquitecto asuma la función de diseñador estructural, exceptuando las estructuras pequeñas de modo similar, algunos ingenieros parecen tener un excelente sentido del acto integrativo que es la esencia de la arquitectura, pero la mayoría de ellos están satisfechos de la práctica en su campo especializado y solo actúan como asesores, pero raras veces con la autoridad para asegurarse de que se ha seguido su consejo.

Hasta ahora, la información de la que se han derivado los principios del comportamiento de edificios, han sido casi totalmente empírica, proviene de la observación del comportamiento durante sismos y asentamientos.

Los diversos problemas que se han tratado aquí, raras veces forman parte de un análisis sofisticado.

En este trabajo se exponen diferentes soluciones de reconstrucción, además de que da a conocer diferentes tipos de materiales, métodos de reconstrucción, factores económicos y otros problemas especiales.

Para poder llevar a cabo lo anterior, el reconstructor se debe lanzar al campo de la investigación para contribuir con su conocimiento de la naturaleza del edificio y proporcionar el desarrollo de un esfuerzo de investigación interdisciplinario más

avanzado e interesante.

Por último el objetivo final de este trabajo debe ser que la investigación aporte un conocimiento útil que se pueda traducir a guías y sugerencias que aseguren soluciones de reconstrucción que respeten y equilibren todas las influencias arquitectónicas, de ingeniería y de los diferentes materiales utilizados.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- *Diseño y Construcción de Estructuras de concreto.*
Series del instituto de Ingeniería U.N.A.M.
Normas Técnicas Complementarias D.D.F. No. 401.
- 2.- *Configuración y Diseño Sísmico de Edificios.*
Christopher Arnold y Robert Reitherman.
- 3.- *Detalles de Conexiones Para Edificios de Concreto de Elementos Reforzados Precolados.*
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- 4.- *Reglamento de las Construcciones de Concreto Reforzado.*
Instituto Mexicano del Cemento y del concreto.
- 5.- *Reparación de Estructuras de Concreto y Mampostería.*
Universidad Autónoma Metropolitana.
- 6.- *Manual de Diseño Sísmico de Edificios.*
Bazan y Meli.
- 7.- *Deterioro, Conservación y Reparación de Estructuras de Concreto.*
U.S.A.
- 8.- *Lesiones en los Edificios.*
U.S.A.
- 9.- *Manual Para Evaluar Daños Causados por Sismos en Edificios de Concreto Reforzado.*
(D.D.F.) Loera S.
- 10.- *Apuntes de Inestabilidad Estructural.*
DEPFI.
- 11.- *Apuntes de Ingeniería Sísmica.*
DEPFI.
- 12.- *Apuntes de Comportamiento de Elementos de Concreto.*
DEPFI.
- 13.- *Apuntes de Comportamiento de Estructuras de Concreto.*
DEPFI.
- 14.- *Apuntes de Dinámica Estructural.*
DEPFI.
- 10.- *The Repair of Concrete Structures.*
Cement and Concrete Association, London.
- 11.- *Repair of Building Damage by Earthquakes.*
Department of Economic and Social affairs O.N.U.

F/DEPFI/TI 1/1990A



717482