

# EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**Tomo 8, Rehabilitación de Edificios.**

**Volumen 1 “Requisitos Generales de Rehabilitación”**

---

# Inidice

1	Requisitos generales de rehabilitación.....	3
1.1	Alcance.....	3
2	Responsabilidades.....	5
3	Proyecto ejecutivo.....	6
4	Criterios para evaluación y diseño de la rehabilitación.....	7
4.1	Criterios para la evaluación.....	7
4.2	Criterios de diseño.....	7
5	Métodos de rehabilitación.....	9
5.1	Proyectos de rehabilitación de edificios existentes.....	9
6	Estrategias de rehabilitación.....	9
6.1	Generalidades.....	9
6.2	Modificación de componentes estructurales.....	10
6.3	Eliminación o mitigación de irregularidades o discontinuidades existentes.....	10
6.4	Rigidización global de la estructura.....	12
6.5	Reforzamiento global de la estructura.....	13
6.6	Eliminación o corrección de problemas causados por la interacción entre edificios.....	13
6.7	Reducción de la masa reactiva.....	14
6.8	Adición de elementos de control de la respuesta.....	14

# 1 Requisitos generales de rehabilitación

## 1.1 Alcance

1. Este Volumen es aplicable a edificios escolares existentes. Es aplicable a edificios escolares construidos con planos y especificaciones de prototipos del Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas (CAPFCE) o del Instituto Nacional para la Infraestructura Física Educativa (INIFED).
2. Los requisitos establecidos en este Volumen son aplicables a edificios escolares que no cumplen con ser prototipos del CAPFCE o del INIFED.
3. Si el propietario de una escuela decide voluntariamente evaluar y rehabilitar los edificios, deberá cumplir con la normatividad aplicable.
4. Este volumen es complementaria de la Norma Mexicana para la Seguridad de la Infraestructura Física Educativa, del Reglamento local y de sus Normas Técnicas Complementarias.
5. Cuando no exista un Reglamento local o cuando sus Normas Técnicas Complementarias (o sus equivalentes) sean anteriores a 2017 o cuando sus requisitos sean menos estrictos que los establecidos en la normatividad de la Ciudad de México, se deberá aplicar el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y/o sus Normas Técnicas Complementarias.
6. La normatividad aplicable de acuerdo con las acciones de diseño será la especificada en la Tabla 1.

**Tabla 1. Normatividad aplicable según las acciones de diseño.**

<b>Acción de diseño</b>	<b>En entidades federativas distintas de la Ciudad de México</b>	<b>En Ciudad de México</b>
Sismo	Norma Mexicana de Seguridad Estructural para la Infraestructura Física Educativa	NTC-Sismo 2017
Otras (cargas permanentes, variables, viento)	NTC-Acciones local*	NTC-Acciones 2017

\*A menos que sean anteriores a 2017 o cuando sus requisitos sean menos estrictos que los establecidos en la normatividad de la Ciudad de México, en cuyo caso se usarán las NTC-Acciones 2017 de la Ciudad de México.

7. La normatividad aplicable de acuerdo con el material de construcción será la requerida en la Tabla 2.

**Tabla 2. Normatividad aplicable según el material de construcción**

Material de Construcción	En entidades federativas distintas de la Ciudad de México	En Ciudad de México
Acero	NTC-Acero local*	NTC-Acero 2017
Concreto	NTC-Concreto local*	NTC-Concreto 2017
Mampostería	NTC-Mampostería local*	NTC-Mampostería 2017

\*A menos que sean anteriores a 2017 o cuando sus requisitos sean menos estrictos que los establecidos en la normatividad de la Ciudad de México, en cuyo caso se usarán las NTC-Acero, NTC-Concreto y NTC-Mampostería 2017 de la Ciudad de México.

8. Cuando explícitamente se señale en este Anteproyecto de Norma Mexicana un requisito distinto a lo estipulado en las otras Normas, se deberá cumplir con lo establecido aquí.
9. Este Anteproyecto de Norma Mexicana se aplica para a y/o :
  - a) Evaluar la necesidad de rehabilitar una escuela por sismo.
  - b) Diseñar la rehabilitación por sismo.
10. Las reglas aquí descritas están dirigidas a elementos o miembros, componentes y sistemas estructurales resistentes a cargas gravitacionales y/o fuerzas inducidas por sismo.
11. Cuando ocurra un sismo, el proyectista deberá recopilar los datos generales de la estructura mediante un Formato de Levantamiento Físico. El Formato de Levantamiento Físico podrá ser firmado por auxiliar de la administración un corresponsable o por un director. También se aceptará la firma de un Perito en Seguridad Estructural o un Especialista en Diseño Estructural, del colegio de ingenieros civiles local.
12. El Instituto o la Administración analizarán la información del Formato de Levantamiento Físico con el fin de determinar un Nivel de Atención Prioritaria (NAP) de los planteles educativos. El NAP se determinará en función del año de construcción, nivel de daño por el sismo y la zona geotécnica.
13. El Instituto o la Administración expedirán la Constancia de Uso Condicionada del edificio educativo, la cual señalará: el NAP, la vigencia, las acciones obligatorias (evaluación y rehabilitación sísmica) a realizar por parte del propietario, año límite para finalizar el proyecto de rehabilitación y año límite de la terminación de la ejecución del proyecto estructural.
14. Para desarrollar un proyecto de rehabilitación eficiente, se requiere contar con información de las condiciones del edificio, tales como configuración, características estructurales, deficiencias sísmicas y condiciones de deterioro. Es posible que buena parte de esta información esté disponible tras haber

evaluado el edificio. En caso necesario, se tendrá que ampliar la investigación y la evaluación del edificio para contar con información suficiente para poder analizar, diseñar y construir la rehabilitación.

15. El proceso de diseño de la rehabilitación de un edificio es un proceso iterativo en el cual se suponen modificaciones a la estructura existente para fines de un diseño preliminar y del análisis estructural. Los resultados del análisis son verificados como aceptables a nivel de un elemento o componente. Si los componentes nuevos o existentes no son aceptados como adecuados, se ajustarán las modificaciones estructurales y, si es necesario, se ejecutará un nuevo ciclo de análisis y verificación.
16. Si el Reglamento local así señala, en la rehabilitación sísmica de escuelas se deberá cumplir con el proceso de revisión del proyecto estructural por un corresponsable, de acuerdo con lo señalado en las NTC-Revisión aplicables.

## 2 Responsabilidades

Los propietarios están obligados a proveer la inspección y mantenimientos adecuados de las estructuras existentes para rehabilitar la estructura cuando existan condiciones inseguras que afecten su seguridad, redundancia e integridad, para lo cual en el Plantel se debe contar con un Manual de Inspección y Mantenimiento proporcionado por la Institución, o que forme parte del proyecto ejecutivo de Rehabilitación Estructural. .

El propietario y el proyectista acordarán los Objetivos de la Rehabilitación. Serán requisitos mínimos los establecidos en el Reglamento, en sus Normas y en este Anteproyecto de Norma Mexicana. Los auxiliares de la autorizarán los Objetivos de la Rehabilitación.

El proyectista deberá preparar un informe de la estructura que incluya los puntos a) al k):

- a) Descripción de la estructura original y de sus modificaciones.
- b) Historia de reparaciones y/o reforzamientos anteriores, si es el caso.
- c) Descripción y documentación del daño y su clasificación, según las N-Rehabilitación .
- d) Descripción y documentación de las condiciones potencialmente peligrosas.
- e) Criterios de evaluación y resultados.
- f) Condiciones y detalles de la rehabilitación propuesta.
- g) Requisitos de materiales usados en la rehabilitación.
- h) Identificación de elementos o partes de la estructura por ser apuntalados y/o arriostrados.
- i) Plan, procedimientos, métodos, guías y especificaciones para el aseguramiento y control de la calidad de materiales y de la ejecución de la rehabilitación.
- j) Características de la inspección de la rehabilitación durante su vida útil esperada, tales como periodicidad, tipo y nivel de revisión.

- k) Instrucciones para el mantenimiento de la estructura existente y de los nuevos materiales, elementos, componentes y sistemas estructurales.

El informe requerido será entregado al propietario, al Instituto y a la Administración, con el visto bueno del director, del corresponsable y de la autoridad local educativa, si es el caso. En lo que toca al corresponsable, este informe será parte de la documentación requerida en las NTC-Revisión de la Ciudad de México (o su equivalente en las NTC de la población donde se encuentre la escuela) que, entregada al Instituto y a la Administración, les permita a éstos emitir la constancia de registro de la revisión o su equivalente.

### **3 Proyecto ejecutivo**

Los planos y memorias descriptivas de cálculo, normas y especificaciones deberán tener suficiente detalle y claridad para comunicar el lugar, naturaleza y alcance del trabajo de rehabilitación.

Los planos deberán incluir, al menos, lo indicado en los conceptos a) al i) siguientes:

- a) Hipótesis de diseño y requisitos de construcción, así como propiedades de materiales existentes (sin daño) y nuevos.
- b) Detalles, ubicación y notas sobre el tamaño, configuración, refuerzo, recubrimientos, anclajes, materiales de reparación y reforzamiento, así como requisitos de preparación de la estructura existente, incluyendo a la cimentación.
- c) Magnitud y ubicación de fuerzas de presfuerzo, si aplica.
- d) Anclaje y longitud de desarrollo del refuerzo.
- e) Tipo y ubicación de anclas y conectores.
- f) Número, tamaño, refuerzo y detalles de pilotes, pilas o micropilotes adicionales, si es el caso.
- g) Conexiones a escala entre elementos y componentes existentes de la estructura y la cimentación existentes con los nuevos o rehabilitados, con sus correspondientes elementos de refuerzo, anclas y conectores.
- h) Criterios y detallado de apuntalamiento y arriostramiento, antes, durante y para completar la rehabilitación.
- i) Procedimiento constructivo por etapas claro y preciso.

## **4 Criterios para evaluación y diseño de la rehabilitación**

### **4.1 Criterios para la evaluación**

Se deberán considerar el daño y/o deterioro de los elementos y componentes estructurales y su impacto en el desempeño local y global de la estructura.

Se considerarán posibles cambios normativos que hubiesen ocurrido entre la fecha de diseño y la fecha de construcción del edificio original.

Si el edificio por rehabilitar fue construido por etapas, se identificará la versión del Reglamento que se usó en cada una de ellas con el fin de reconocer el criterio de diseño empleado en la construcción.

Se evaluará cada cuerpo o edificio de un plantel escolar por separado. Se considerará la interacción que exista entre cuerpos vecinos.

Cabe mencionar que las demandas de acciones de viento deberán ser evaluadas a través del Capítulo 11 Diseño por Viento, de la NMX-R-079-SCFI-2021 “Escuelas – Seguridad estructural para la infraestructura física educativa – Requisitos”.

### **4.2 Criterios de diseño**

Con objeto de identificar los elementos, componentes y/o sistemas deficientes, se calcularán los cocientes demanda/capacidad. Los valores de la demanda y de la capacidad se calcularán con las Normas vigentes aplicables (véase Tabla 1 y Tabla 2). Si el cociente es mayor que 1.0, será necesario considerar la rehabilitación de dicho elemento, componente o sistema estructural.

En el caso de acciones internas (fuerzas y momentos), la capacidad estará dada por la resistencia de diseño y la demanda será determinada por las acciones más desfavorables obtenidas del análisis. En el caso de acciones sísmicas, la demanda se calculará de acuerdo con la Norma Mexicana para la Seguridad de la Infraestructura Física Educativa (NMX-R-079-SCFI-2015). Para los otros tipos de acciones se usará la NTC-Acciones aplicable. Se deberá cumplir con la Tabla 1 y Tabla 2.

En el caso de desplazamientos laterales, la capacidad de desplazamiento será igual a la distorsión permisible, según el sistema estructural, y la demanda será la distorsión más desfavorable obtenida del análisis estructural.

En el diseño de la rehabilitación, se tomarán en consideración los aspectos a al f siguientes:

- a) Condiciones de la estructura potencialmente peligrosas, incluyendo la interacción con cuerpos vecinos.
- b) Daño estructural.
- c) Deterioro de concreto y del refuerzo.
- d) Construcción defectuosa.
- e) Situaciones que afectan las condiciones de servicio.
- f) Durabilidad de los materiales de construcción.

Se usarán las Normas para evaluar la capacidad del inmueble, en particular, los requisitos de las N-Rehabilitación.

El Reglamento y sus Normas aplicarán para el diseño de nuevos elementos o componentes, así como de conexiones entre nuevos elementos y la estructura existente. En este Anteproyecto de Norma Mexicana se señalan requisitos del Reglamento y de sus Normas que son aplicables a estructuras rehabilitadas, así como aquellos que no lo son. Cuando se señale en este Volumen un requisito distinto a lo estipulado en las otras Normas, se deberá cumplir con lo establecido aquí.

En la definición del peligro sísmico para el diseño de la rehabilitación de un edificio existente se cumplirá con lo requerido en la Norma Mexicana NMX-R-079-SCFI-2015 o, en su defecto, en las NTC-Sismo (véase Tabla 1), para estructuras del Grupo A, definidas en el Reglamento.

Se aceptará rehabilitar una estructura de un edificio existente cuando se cumplan las condiciones a y b siguientes:

- a. Los cocientes demanda/capacidad para acciones y/o desplazamientos laterales son iguales o mayores que 1.0 para los elementos, componentes y sistemas estructurales resistentes a cargas gravitacionales y/o resistentes a fuerzas laterales inducidas por sismo.
- b. La estructura mantiene sensiblemente su geometría original; es decir, no requiere de ser renivelada, deformada o desplazada para recuperarla.

El propietario, con ayuda del proyectista, realizará los estudios costo - beneficio y demás análisis económico - financieros para decidir la conveniencia y viabilidad de rehabilitar el edificio, o bien, de demolerlo y reconstruirlo.

## **5 Métodos de rehabilitación**

### **5.1 Proyectos de rehabilitación de edificios existentes**

Para rehabilitar edificios existentes, se deberá proceder como sigue:

- a. La estructura se deberá analizar para determinar si cumple con los Objetivos de la Rehabilitación y, si no es adecuada, para identificar las deficiencias sísmicas.
- b. Se estudiarán y desarrollarán una o más estrategias de rehabilitación (véase sección 2) para resolver las deficiencias identificadas.
- c. Se analizará la estructura con las modificaciones preliminares de rehabilitación a fin de determinar si la estructura satisface los Objetivos de la Rehabilitación.
- d. El proceso se repetirá hasta que la solución obtenida cumpla con los Objetivos de la Rehabilitación.

Para este Volumen se entiende como “Objetivo de la Rehabilitación” al establecido en el capítulo 9 de la NMX-R-079-SCFI-2015 o, en su defecto, en la sección 1.1 de las NTC-Sismo de la Ciudad de México. Todo edificio escolar se clasifica dentro de las estructuras del Grupo A.

## **6 Estrategias de rehabilitación**

### **6.1 Generalidades**

La rehabilitación de un edificio existente se puede lograr mediante una o varias de las estrategias aquí identificadas. En el desarrollo de los diseños de la rehabilitación se debe considerar el nivel de redundancia, de modo que una falla localizada en uno o varios elementos no resulte en colapso local, parcial o en inestabilidad del inmueble. En los incisos 6.2 a 6.7 se describen las distintas estrategias de rehabilitación. Todas ellas requieren la revisión y la posible rehabilitación de la cimentación.

Una estrategia eficiente de rehabilitación debe cumplir con las especificaciones a) a f):

- a) Corregir las deficiencias conocidas (especialmente ante sismos) de todo el sistema y de los componentes o elementos vulnerables.
- b) Ser compatible estructuralmente con el sistema existente.
- c) Ser compatible funcionalmente y, si se puede, estéticamente.

- d) Lograr los Objetivos de la Rehabilitación acordados entre el propietario y el proyectista, los cuales fueron aprobados por el director y el corresponsable.
- e) Minimizar las afectaciones a los ocupantes.
- f) Ser costo - efectiva y utilizar materiales y equipos disponibles.

## **6.2 Modificación de componentes estructurales**

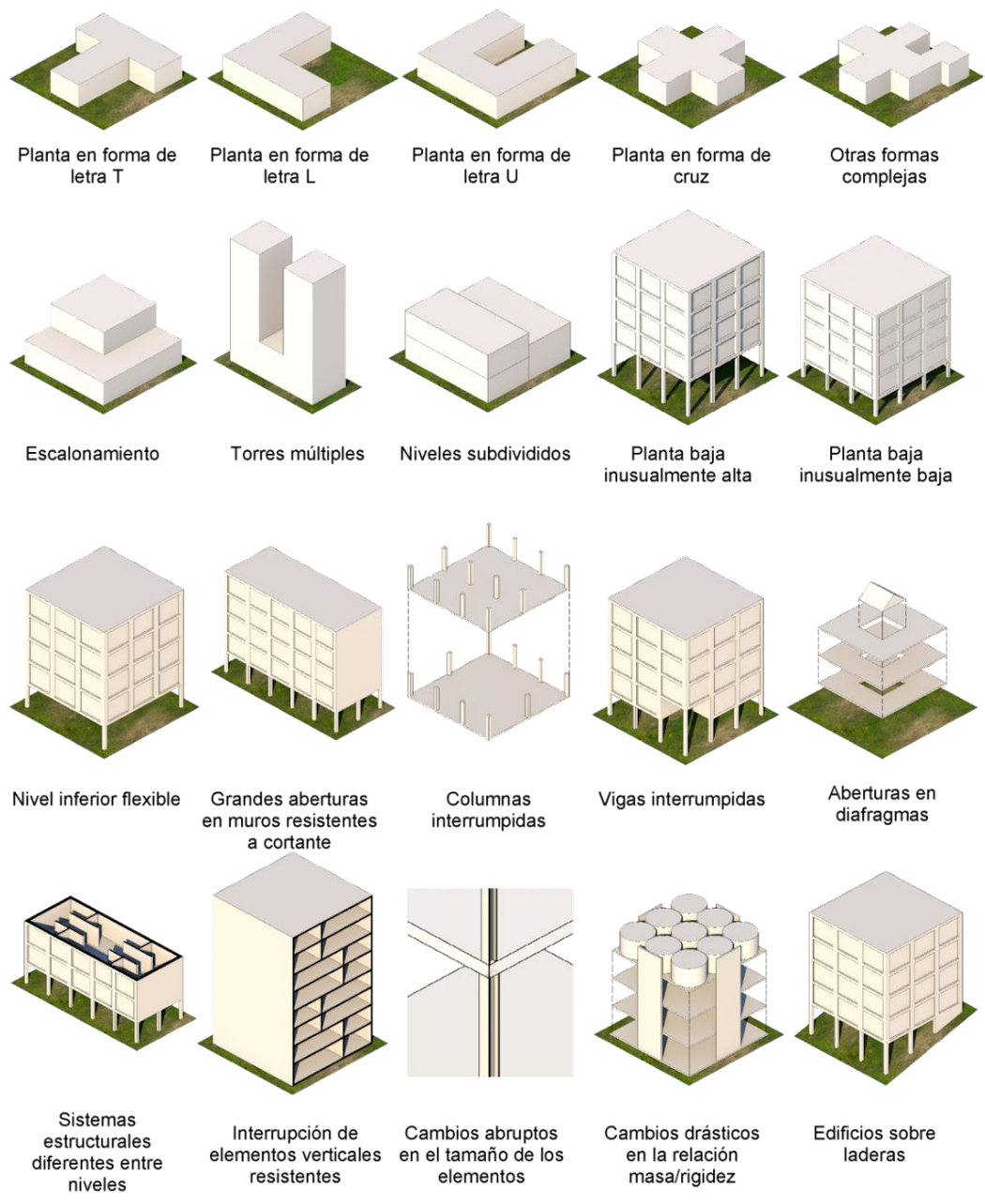
Se debe considerar la modificación local de componentes sin alterar la configuración básica del sistema estructural resistente a carga lateral. Esto implica mejorar las conexiones, la resistencia y/o capacidad de deformación de los componentes. El encamisado de elementos de marcos (con concreto, acero estructural o compuestos poliméricos reforzados con fibras) es una técnica que permite incrementar la resistencia y/o la capacidad de deformación, sin alterar la respuesta global de la estructura. Otra medida es reducir la sección transversal de ciertos componentes para aumentar su flexibilidad y dotarlos de mayor capacidad de deformación lateral.

## **6.3 Eliminación o mitigación de irregularidades o discontinuidades existentes**

Se debe considerar la eliminación o mitigación de las irregularidades de rigidez, resistencia y masa que causan un desempeño sísmico inadecuado (Figura 1). Los efectos de las irregularidades y discontinuidades se manifiestan en la distribución de desplazamientos, así como en los cocientes de demanda a capacidad. La eliminación de las irregularidades puede ser una solución; sin embargo, se deberá revisar que no genere concentraciones de desplazamiento en algunos puntos de la estructura.

La eliminación de entrepisos débiles o suaves incluye la adición de muros o contraventeos. En el caso de irregularidades que causan torsión, se debe considerar la adición de marcos, muros o contraventeos que equilibren la distribución de rigidez y masa en un piso.

Otra estrategia de rehabilitación por considerar es la demolición de porciones de la estructura que causan la irregularidad, como entrantes y apéndices. También se debe considerar la elaboración de juntas constructivas para dividir el edificio irregular en varios cuerpos regulares separados entre sí. Las juntas constructivas deben tener la dimensión necesaria que cumpla con los requisitos normativos y evite el golpeteo entre estructuras.



**Figura 1. Estructuras irregulares (Arnold y Reitherman, 1991).**

#### **6.4 Rigidización global de la estructura**

Se debe rigidizar la estructura cuando los desplazamientos calculados son superiores a los límites máximos establecidos en el Reglamento, también, cuando los elementos y componentes no tengan la capacidad de deformación inelástica demandada por los sismos. Éste es el caso de marcos con columnas con refuerzo insuficiente a cortante y sin detallado dúctil. Para contrarrestar esta deficiencia, la construcción de nuevos muros o contraventeos es una medida efectiva para incrementar la rigidez lateral (Figura 2). Es frecuente que esta técnica lleve asociado el encamisado de columnas para dotarlas de una mayor capacidad de deformación lateral inelástica. Es importante tomar en cuenta las nuevas acciones a la cimentación.



**Figura 2. Rigidización de una estructura mediante nuevos muros.**

## 6.5 Reforzamiento global de la estructura

Se considerará el reforzamiento global de la estructura cuando la resistencia del inmueble existente sea baja y conduzca a comportamiento inelástico ante movimientos pequeños. La adición de muros y/o contraventeos es una solución adecuada para ello. Dependiendo de la estructura existente, es posible que la alta rigidez lateral de muros y contraventeos obligue a diseñarlos para resistir gran parte de la demanda sísmica. Otra opción es reforzar los marcos resistentes a momento (Figura 3).



**Figura 3. Reforzamiento de una estructura mediante encamisado del marco existente. Fuentes: Archivos personales de Víctor Cruz, 2019 y de Sergio Alcocer, 1985.**

## 6.6 Eliminación o corrección de problemas causados por la interacción entre edificios

Se considerará la rigidización de la estructura para evitar el golpeteo con las estructuras adyacentes. Si la separación entre los edificios contiguos es muy pequeña, se evaluará la posibilidad de unirlos, de modo que respondan como una unidad estructural. Otra posibilidad es diseñar y construir elementos que sean capaces de resistir y transmitir el impacto del edificio vecino, sin afectar los elementos resistentes a cargas verticales. Una posibilidad es usar elementos de neopreno diseñados para resistir el posible impacto (Figura 4); ello requiere un reforzamiento local de ambas estructuras.



**Figura 4. Detalle esquemático de una junta con tope de neopreno entre edificios con separaciones menores que las requeridas. Fuente: [www.emac.es/](http://www.emac.es/)**

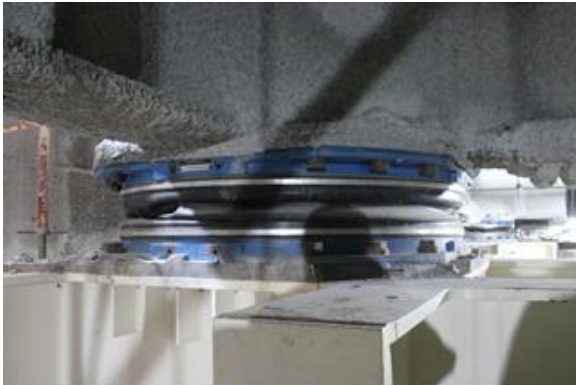
### **6.7 Reducción de la masa reactiva**

Se deberá considerar la reducción de la masa reactiva de una estructura a fin de reducir la demanda de fuerza y deformación producida por el sismo. La masa se puede reducir mediante el retiro de tanques de agua, la demolición de apéndices, el reemplazo de fachadas y muros divisorios pesados, así como el retiro de equipo y bodegas, especialmente en la parte superior del edificio.

### **6.8 Adición de elementos de control de la respuesta**

El aislamiento de base es una técnica idónea para edificios rígidos y masivos en suelo firme o roca, pero no así en suelos blandos. Es recomendable considerar dicha técnica para este tipo de estructuras. De igual forma, se debe tener en mente la inclusión de elementos disipadores de energía mediante fricción, comportamiento histerético o viscoelástico.

Estos elementos son idóneos para edificios relativamente flexibles y que posean capacidad de deformación inelástica. Tales sistemas están frecuentemente acoplados a contraventeos. Si bien en varios casos los desplazamientos se reducen, las fuerzas transmitidas a la estructura aumentan. Para más detalles, revisar el Apéndice B de las NTC-Sismo de la Ciudad de México (Figura 5)



a) Aislador de base



b) Disipadores de energía

**Figura 5. Adición de elementos de control de la respuesta: a) aislador de base; b) disipadores de energía. Fuentes: Archivos personales de Sergio Alcocer, 1985 y de César Viramontes, 2020.**