



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA



COAMSS
OPAMSS



III REFORZAMIENTO

**Guía de intervención y rehabilitación estructural
para edificaciones existentes con y sin valor
patrimonial en el Centro Histórico de San Salvador.**

GUÍA I
INSPECCIONES

GUÍA II
TRAMITOLOGÍA

**GUÍA III
REFORZAMIENTO**

Mayo de 2022.

Proyecto de USAID Gobernabilidad Municipal.

El presente documento es parte de la asistencia técnica “Elaboración del manual para la evaluación, el diagnóstico, el análisis y la rehabilitación estructural de edificaciones existentes con o sin valor patrimonial en el Centro Histórico de San Salvador” y ha sido formulado para la Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS), para que sirva de guía a propietarios de inmuebles o inversionistas que deseen intervenir edificios existentes en el Centro Histórico de San Salvador. Todas las fotografías utilizadas son de autoría propia y su exposición es con fines ilustrativos.

La elaboración de este documento es posible gracias al apoyo del Pueblo de los Estados Unidos de América, a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). El contenido de este documento es responsabilidad exclusiva de la consultora SISMICA, SA de CV y no refleja necesariamente los puntos de vista de USAID o del Gobierno de los Estados Unidos.



Guía ciudadana III

Introducción a la Guía.	3
1. ¿Cuándo un edificio necesita un reforzamiento estructural (rehabilitación sísmica)?	4
2. ¿Si un edificio posee valor patrimonial, hay requisitos especiales que cumplir?	6
3. ¿Existe una normativa que regule el diseño de un reforzamiento estructural?	7
4. ¿Qué técnicas de reforzamiento se pueden utilizar para reforzar un edificio?	8
Glosario	16
Siglaro	17
Bibliografía	19





Introducción



Luego de haber realizado el proceso de inspección (ver la Guía Ciudadana I) existe la posibilidad de que el edificio necesite una evaluación estructural más detallada. La presente guía tiene por objeto el de introducir al propietario en el procedimiento de reforzamiento en un edificio ubicado en el Centro Histórico de San Salvador.

Cuando se realiza una evaluación estructural a un edificio, el propietario se podría preguntar lo siguiente:

1. ¿Cuándo un edificio necesita un reforzamiento estructural (rehabilitación sísmica)?
2. ¿Si un edificio posee valor patrimonial, hay requisitos adicionales que cumplir?
3. ¿Existe una normativa que regule el diseño de un reforzamiento estructural?
4. ¿Qué técnicas de reforzamiento se pueden utilizar para reforzar un edificio?

Estas preguntas y otros temas se aclaran en la presente guía, para el numeral 4, se presentan ejemplos ilustrativos de algunas técnicas de reforzamiento estructural para edificios existentes.

I. ¿Cuándo un edificio necesita un reforzamiento estructural (rehabilitación sísmica)?

Para conocer si un edificio necesita un reforzamiento estructural, este debe ser sometido a un proceso de evaluación y rehabilitación sísmica.

Este proceso incluye una serie de actividades que se indican a continuación:

- Inspección.
- Evaluación de irregularidades (deficiencias) en la estructuración del edificio.
- Análisis del edificio y rehabilitación sísmica.

Inspecciones. Este tema es desarrollado en la Guía Ciudadana I-INSPECCIONES, e incluye actividades como: recolección de información existente, inspección preliminar del edificio y verificación de información existente, recolección de información de campo, elaboración de reporte de inspección.

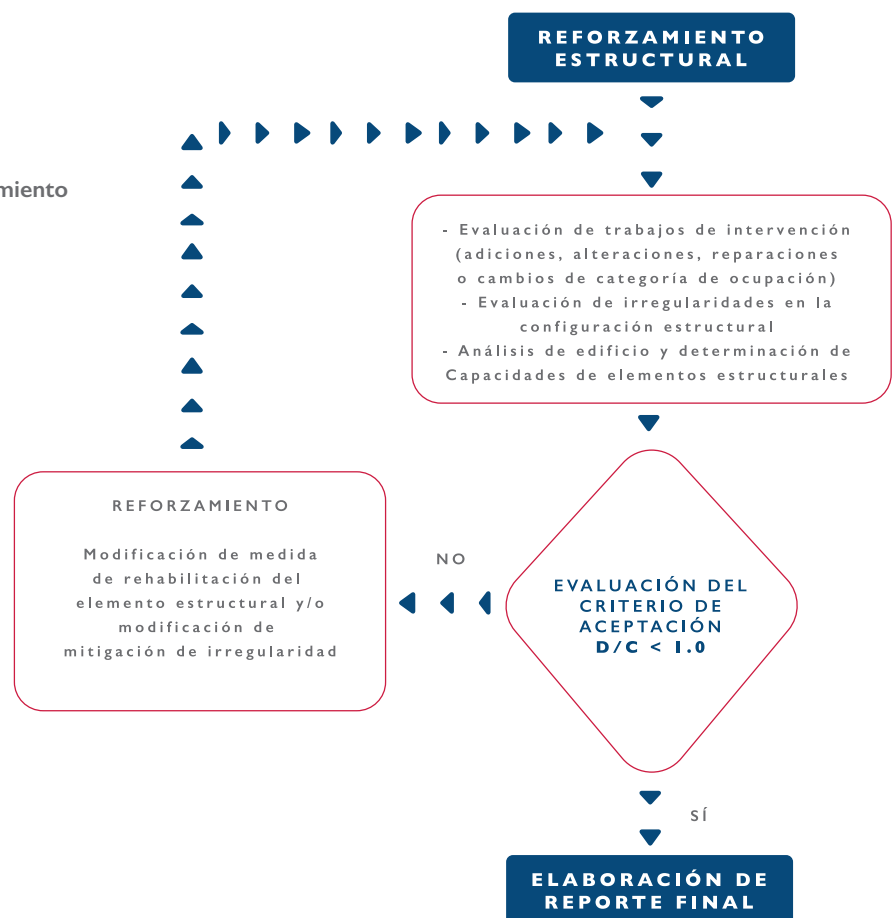
Evaluación de irregularidades. En esta actividad se evalúa si las deficiencias estructurales encontradas en el proceso de inspección son importantes, y si su mitigación nos lleva a un reforzamiento de la estructura.

Análisis del edificio y rehabilitación sísmica. En esta actividad es en donde se determina si el edificio en evaluación deber ser reforzado; para esto, se realiza un modelamiento matemático del edificio, un análisis por gravedad y sismo, un cálculo de capacidades de los componentes de la estructura, y una comparación para conocer si las demandas combinadas de gravedad y sismo (D) son menores que las capacidades (C), para cada componente de la estructura (criterio de aceptación, $D/C < 1$). El proceso termina hasta que, para todos los componentes estructurales las demandas son menores que las capacidades.

Si algún componente estructural no cumple con el criterio de aceptación; este componente será modificado, alterado, o reforzado (aplicación de una técnica de rehabilitación sísmica) y reanalizado nuevamente con el reforzamiento incluido.

Es importante mencionar que en el análisis del edificio se deben incluir todas las proyecciones de modificaciones que el propietario planea realizar (ver la Guía Ciudadana I), la mitigación de deficiencias encontradas en el edificio, así como todas las afectaciones que se deban realizar en los componentes estructurales debido a la falta de mantenimiento. En la Figura 1 Flujograma del procedimiento de reforzamiento, se presentan los pasos a realizar cuando un edificio existente se somete a un reforzamiento estructural.

Figura 1. Flujograma del procedimiento de reforzamiento.



2. ¿Si un edificio posee valor patrimonial, hay requisitos especiales que cumplir?

Adicionalmente a lo mencionado en el numeral I, para un edificio con valor patrimonial se tendrán que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Profesionales que participan en la evaluación (personal mínimo).

- Un ingeniero civil con especialidad en estructuras (ingeniero del proyecto).
- Un arquitecto o ingeniero civil con especialidad en restauración de edificios con valor patrimonial (restaurador).

Inspecciones.

- Para el levantamiento de la estructura, se deberá contar con la participación del restaurador. Con sus recomendaciones se seleccionará en un número mínimo los sitios en donde se removerán acabados y componentes no estructurales para inspeccionar la estructura principal. Siempre tratando de preservar el valor patrimonial de acabados, ornamentaciones y materiales de los componentes estructurales.

- Se evaluará el deterioro y signos de envejecimiento en los materiales de componentes estructurales.

Evaluación y rehabilitación sísmica/Aspectos generales.

- Para cualquier medida de rehabilitación sísmica el restaurador deberá participar en la solución a proponer.

- La rehabilitación de la estructura se realizará de una manera racional, tanto como sea necesaria, en la menor cantidad medidas de intervención posibles. Para cualquier intervención en un edificio con valor patrimonial, esta deberá ser documentada e ingresada al Ministerio de Cultura (MICULTURA) para aprobación.

Existen diferentes niveles de intervención en el patrimonio construido, del Centro Histórico de San Salvador, de modo general aquellas edificaciones que poseen valores culturales deben ser trabajadas de una forma particular, a fin de conservar tipologías, elementos compositivos, técnicas constructivas y espacialidades características de otras épocas; por lo que es necesario la aplicación de metodologías específicas de trabajo, disciplinares y multidisciplinarias; cada propuesta de intervención en patrimonio cultural, debe estar sustentada en el conocimiento de los bienes y de las técnicas de intervención.

En general la estructura metodológica para trabajar intervenciones en bienes culturales puede ser como sigue:

- Recolección y sistematización de información previa o investigación histórica. Contempla un encuadre en el tiempo y espacio, a través del estudio de los procesos de transformación en una línea de tiempo.
- Relevamiento y análisis. Implica levantar aspectos físicos, espaciales y funcionales, tanto como la identificación y el registro de patologías (lesiones físicas, mecánicas, químicas).
- Evaluación de condición existente. Consiste en determinar el estado físico y funcional, estableciendo causas, consecuencias y agentes.

- Marco teórico-técnicas de rehabilitación. Se especifican los criterios de intervención, la toma de decisiones con respecto a las acciones.
- Proyecto de intervención. Implementación y diseño de mecanismos de intervención sobre lo funcional-espacial y sobre lo técnico-constructivo.
- Manual de mantenimiento. Tiene por objetivo formular consideraciones generales sobre procedimientos y técnicas para el mantenimiento del bien después de la intervención.
- Difusión y transferencia. Destinado a la comunicación de los resultados obtenidos, con la finalidad de concientización sobre la problemática patrimonial.

3. ¿Existe una normativa que regule el diseño de un reforzamiento estructural?

Para la evaluación y rehabilitación sísmica de edificios existentes, el reglamento a utilizar es el Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones (RESESCO) y sus Normas Técnicas (Diario Oficial, 1996); o el reglamento que se encuentre vigente a la fecha de realizar la rehabilitación.

El RESESCO incluye las siguientes normas:

1. Diseño por sismo.
2. Diseño por viento.
3. Diseño y construcción de estructuras de concreto.
4. Diseño y construcción de estructuras en acero.
5. Diseño y construcción de estructuras de mampostería.
6. Diseño y construcción de estructuras de madera.
7. Diseño de cimentaciones y estabilidad de taludes.
8. Control de calidad de los materiales estructurales.
9. Norma especial para diseño y construcción de viviendas.

El RESESCO entró en vigencia en 1996 y actualmente es de cumplimiento legal para el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS). La Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del AMSS y de los Municipios Aledaños – (LDOTAMSS) y su Reglamento (COAMSS-OPAMSS, 2020); lo faculta en su Art.VI.7, en donde se indica que,

“Todo diseño de una edificación, remodelación o reparación, así como su respectiva supervisión, deberá regirse por lo establecido en el Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones (RESESCO) y sus normas técnicas”.

4. ¿Qué técnicas de reforzamiento se pueden utilizar para reforzar un edificio?

Para el Centro Histórico de San Salvador, específicamente el Microcentro Histórico, se realizaron 20 inspecciones rápidas para conocer las tipologías estructurales en edificios con y sin valor patrimonial, estas se muestran en las siguientes tablas:

EDIFICIOS CON VALOR PATRIMONIAL	
TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL	NÚMERO OBSERVADO
C4	7
OTROS	3

C4 : Marcos de concreto reforzado con paredes de mampostería confinada/reforzada.

Otros: tipologías mixtas, combinación de tipologías estructurales.

EDIFICIOS SIN VALOR PATRIMONIAL	
TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL	NÚMERO OBSERVADO
C4	4
C1	2
C3	1
S1	1
RM3	1
OTROS	1

C4 : Marcos de concreto reforzado con paredes de mampostería confinada/reforzada.

C1 : Marcos de concreto reforzado momento resistente.

C3 : Marcos de concreto reforzado con paredes de corte de concreto reforzado.

S1 : Marcos de acero momento resistentes.

RM3: Edificaciones de un nivel con paredes de mampostería reforzada con techos flexibles.

Otros: Tipologías mixtas, combinación de tipologías estructurales.

De la muestra inspeccionada, se puede observar una predominancia de sistemas estructurales en concreto reforzado, específicamente marcos de concreto reforzado, combinados con mampostería confinada o reforzada.

Ejemplos ilustrativos de reforzamientos (rehabilitación sísmica).

Tomando en consideración los resultados de las inspecciones realizadas, se presentan ejemplos con propósitos ilustrativos de reforzamientos de componentes estructurales, y se comenta la técnica de rehabilitación sísmica y su asociación con la deficiencia mitigada. Los ejemplos mostrados a continuación, fueron tomados o modificados del FEMA 547 (2006), y/o FEMA 172 (1992).

EDIFICIOS CON VALOR PATRIMONIAL.

En general, una rehabilitación sísmica es invasiva cuando un edificio presenta deficiencias estructurales importantes, y las soluciones estructurales pueden estar en conflicto con los principios de conservación de edificios con valor patrimonial como: intervención mínima, y reversibilidad de la intervención entre otros.

Para cualquier caso de intervención en edificios con valor patrimonial el ingeniero del proyecto conjuntamente con el restaurador, buscarán las soluciones de intervención de manera racional tanto como sean necesarias, en la menor cantidad de medidas posibles.

Para cualquier intervención en un edificio con valor patrimonial, está deberá ser documentada e ingre-

sada en el Ministerio de Cultura para aprobación. En edificios con valor patrimonial deberá consultarse con el Ministerio de Cultura el nivel de intervención permitido.

1. Adición de pared de corte en el eje entre dos columnas de un marco de concreto momento resistente. Sin pared existente.
2. Adición de pared de corte adosada a un marco de concreto momento resistente con una pared existente entre columnas.
3. Encamisado de columna de un marco de concreto momento resistente.
4. Ampliación de una fundación existente.

Adición de paredes de corte.

Descripción. Adición de paredes de corte a un marco de concreto reforzado con o sin paredes de mampostería, es un método común de adicionar capacidad y/o rigidez a una estructura. Las paredes pueden construirse coladas en el sitio o con concreto lanzado.

Localización de las paredes. Paredes en el interior del edificio, pueden ser localizadas a lo largo de los ejes de los marcos, particularmente los vanos de los marcos permiten el uso de la estructura existente como vigas y columnas.



Conexión pared-viga. Uno de los detalles más importantes en la construcción de una pared nueva en un edificio de concreto, es la conexión entre el borde superior de la pared y el borde inferior de la viga. La construcción se debe realizar sin espacio entre la pared y la viga, para facilitar la transferencia de las fuerzas de corte de la losa superior y la pared nueva debajo, y minimizar la posibilidad de un deslizamiento en la junta.

Dependiendo del reforzamiento de las columnas y vigas existentes, puede ser preferible construir la pared a la par de la viga; la conexión de la pared nueva se puede efectuar a través de dovelas al lado de las vigas y columnas existentes, lo cual también puede hacer más fácil la colocación del concreto en el nuevo elemento.

En las Figuras 2 y 3, se presentan ejemplos de la construcción de una pared de concreto para los dos casos antes mencionados, en el eje de un marco de concreto, y a la par de la viga del marco y en donde existe una pared de mampostería.

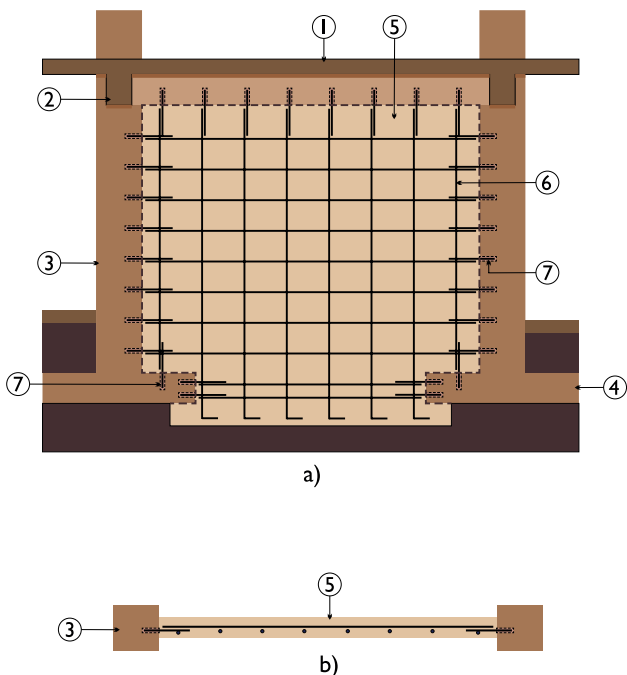


Figura 2. Adición de pared de concreto reforzado entre dos columnas:
a) Vista lateral; b) Vista en planta.

- ① Losa existente.
- ② Viga existente.
- ③ Columna existente.
- ④ Fundación existente.
- ⑤ Pared de concreto reforzado nueva.
- ⑥ Refuerzo a adicionar.
- ⑦ Dovelas de anclaje nuevas a colocar.

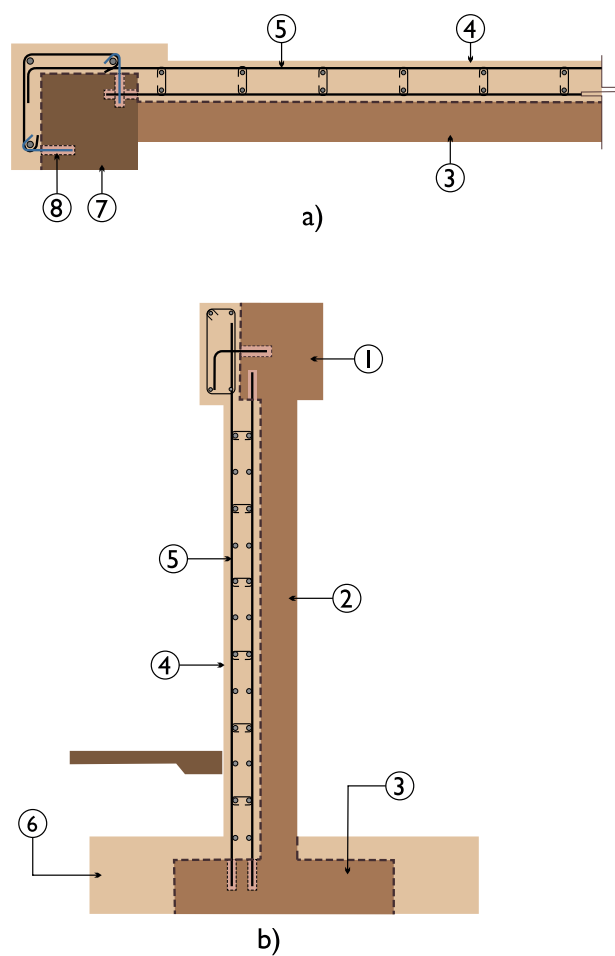


Figura 3. Adición de pared en el vano de una pared de mampostería: a) Vista en planta; b) Sección transversal.

- ① Viga existente.
- ② Pared de mampostería existente.
- ③ Fundación existente.
- ④ Pared de concreto reforzado nueva.
- ⑤ Refuerzo nuevo a colocar.
- ⑥ Ampliación de fundación.
- ⑦ Columna existente.
- ⑧ Dovelas de anclaje nuevas a colocar.

Encamisado de columnas.

Descripción. Encamisado de columnas de concreto reforzado existentes consiste en la colocación de acero longitudinal y transversal embebidos en una capa de concreto que puede ser colocada en el sitio o lanzada.

La técnica es utilizada para mitigar deficiencias como: inadecuada capacidad (corte/flexión/axial), confinamiento inadecuado (por ejemplo, refuerzo transversal ampliamente espaciado) y/o detallamiento de refuerzo inadecuado (por ejemplo, insuficiente longitud de traslape)

Cuando el propósito de un encamisado de columna es el de mejorar la capacidad a flexión, es necesario asegurar la continuidad del acero de refuerzo longitudinal a través de la unión viga-columna. Lo anterior se realiza demoliendo parcialmente la losa existente para permitir el paso del acero de refuerzo; este acceso también se utiliza para colocar el concreto en la unión encamisado de columna-losa.

En la Figura 4, se presenta un ejemplo de encamisado de columna cuyo propósito incluye mejorar la capacidad a flexión de la columna existente.

Ampliación de fundación existente.

Descripción. Una fundación aislada existente puede encontrarse bajo una columna de un marco de concreto, un arriostramiento metálico entre un marco de concreto, y puede estar sujeta a fuerzas de tensión o compresión que exceden su capacidad. La fundación existente puede ser reemplazada o mejorada para incrementar su capacidad a compresión o

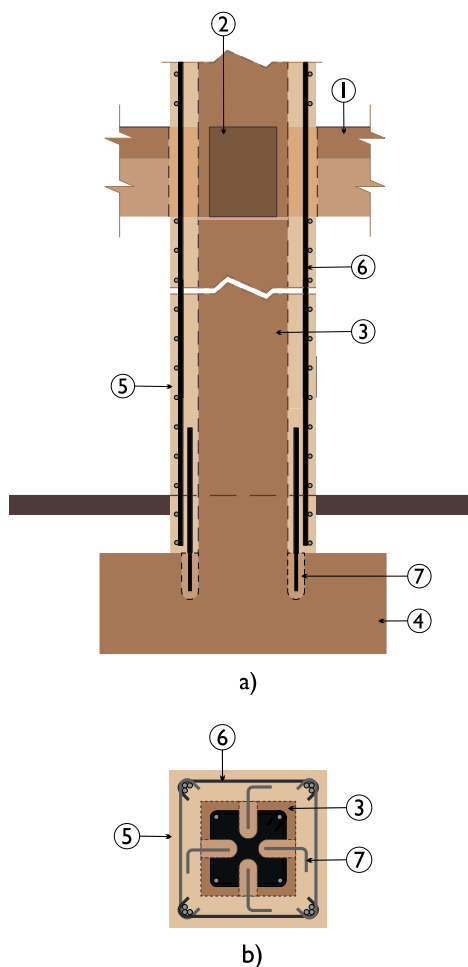


Figura 4. Encamisado de columna:
a) Sección transversal lateral;
b) Sección en planta.

- ① Losa existente.
- ② Viga existente.
- ③ Columna existente.
- ④ Fundación existente.
- ⑤ Concreto nuevo a colocar.
- ⑥ Refuerzo nuevo a colocar.
- ⑦ Dovelas de anclaje nuevas a colocar.

por carga muerta para resistir tensión.

En la Figura 5, se presenta la ampliación de una fundación existente para mejorar su capacidad a compresión y tensión.

EDIFICIOS SIN VALOR PATRIMONIAL.

1. Adición de arriostramiento, conectado a un marco de acero existente.
2. Mejoramiento de columnas metálicas (adición de placas).
3. Adición de pilotes de concreto reforzado perforados en el sitio a una fundación existente con pilotes perforados en el sitio.

Adición de arriostramientos metálicos.

Descripción. El desempeño sísmico de marcos momento resistentes en acero pueden ser mejorados con la adición de arriostramientos metálicos. Estos se agregan sin que ello signifique un gran incremento en la masa del edificio. Existen varias configuraciones de arriostramientos concéntricos, y algunos se comportan mejor que otros durante terremotos. Los sistemas que cumplen con los requerimientos de marcos especiales arriostrados concéntricamente, se comportan de una manera estable y dúctil durante terremotos de gran magnitud.

En la Figura 6, se presenta la adición de riostras concéntricas para convertir marcos momento resistentes en marcos concéntricamente arriostrados.

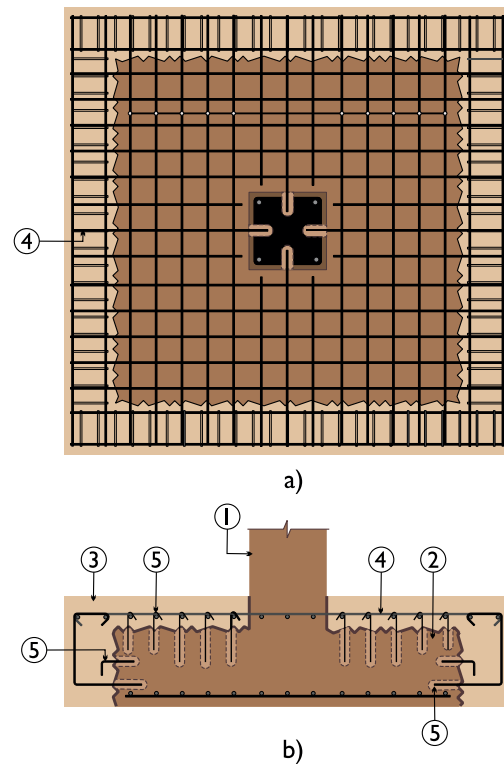


Figura 5. Ampliación de fundación existente: a) Vista en planta; b) Sección transversal.

- ① Columna existente.
- ② Fundación existente.
- ③ Fundación nueva a colocar.
- ④ Refuerzo nuevo a colocar.
- ⑤ Dovelas de anclaje nuevas a colocar.

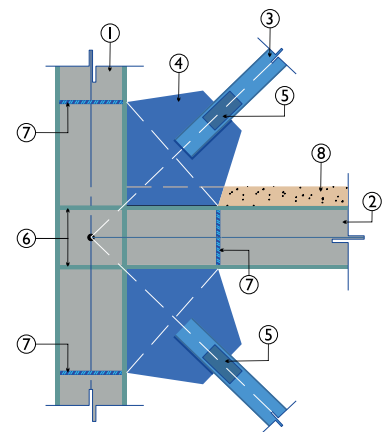


Figura 6. Reforzamiento de marcos de acero con la adición de riostras concéntricas.

- ① Columna existente.
- ② Viga existente.
- ③ Tubo metálico nuevo.
- ④ Placa de conexión nueva.
- ⑤ Placa de refuerzo nueva.
- ⑥ Placa de continuidad existente.
- ⑦ Rigidizador placa, nueva.
- ⑧ Losa existente.



Mejoramiento de columnas.

Deficiencia a mitigar. Miembros de marcos que son inadecuados para resistir demandas sísmicas, pueden ser reforzados con la adición de placas a secciones W para convertirlas en secciones cajón.

Descripción. Para el caso de columnas adicionar placas soldadas a los lados de un perfil W, es una manera efectiva de incrementar las capacidades axiales y a flexión, al convertir una columna en una sección cajón. La capacidad a corte también es incrementada al agregar dos almas adicionales.

En la Figura 7, se presenta el mejoramiento de columnas metálicas existentes, adicionando placas soldadas a los patines.

Se presentan también las diferentes técnicas de soldado que se pueden utilizar.

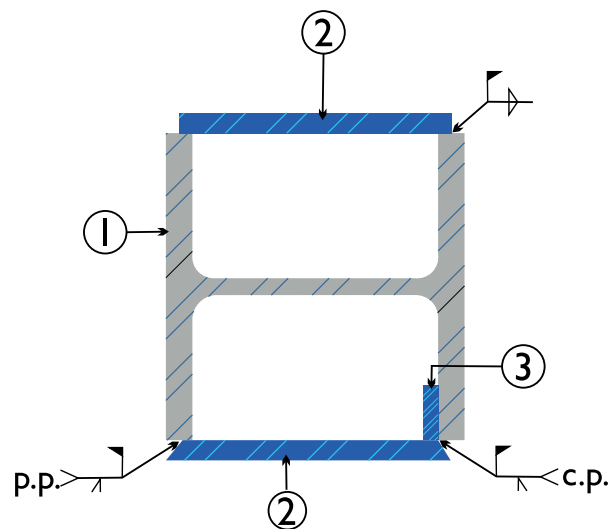


Figura 7. Reforzamiento de columnas metálicas.

- ① Columna existente.
- ② Placa de refuerzo en columnas.
- ③ Placa de respaldo.

Adición de pilotes de concreto reforzado perforados en el sitio a una fundación existente con pilotes perforados en el sitio.

Descripción. Una fundación con pilotes existente que soporta una pared de corte, puede tener falta de capacidad a compresión o tensión en las cercanías de los elementos de borde de la pared. Construir pilotes adicionales para complementar esta falta de capacidad, y reducir la demanda a los pilotes existentes es una medida de mitigación de esta deficiencia en el sistema de fundación.

En la Figura 8, se presenta un sistema de fundación existente como el antes descrito, la medida de mitigación de la técnica es la adición de pilotes colados en el sitio, para suplir la demanda no cubierta por el sistema de fundación existente.

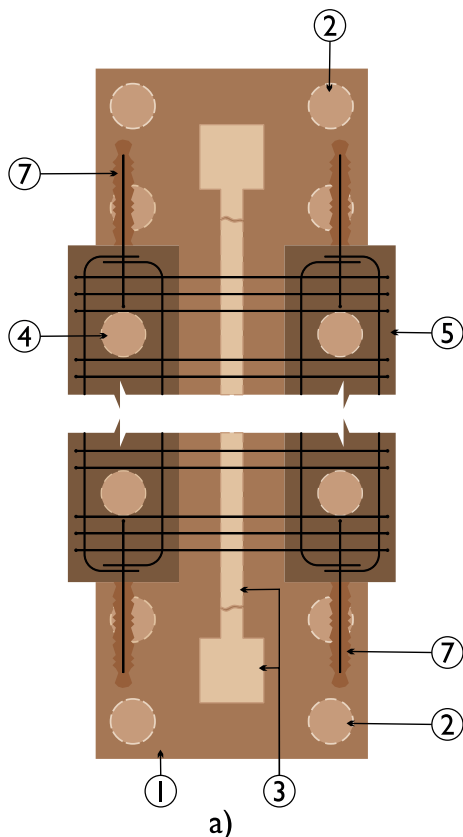
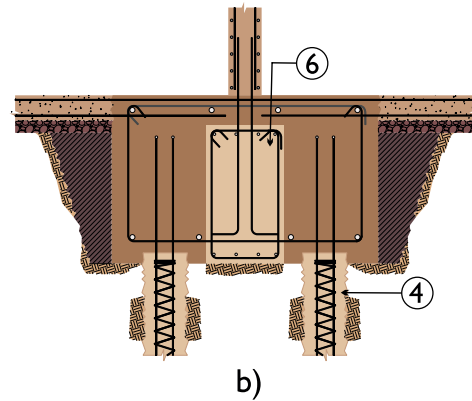


Figura 8. Adición de pilotes de concreto reforzado a una fundación existente: a) Vista en planta de la técnica de reforzamiento; b) Sección transversal de la técnica de reforzamiento.

- ① Cabezal de pilotes existente.
- ② Pilotes existentes.
- ③ Pared de corte y columnas existentes.
- ④ Pilotes perforados nuevos.
- ⑤ Fundación nueva.
- ⑥ Apuntalar si se requiere, demoler el concreto existente, conservar el acero de refuerzo.
- ⑦ Dovelas de anclaje nuevas a colocar.

Glosario

ADICIÓN. Una extensión o incremento de área de piso, números de pisos de un edificio o estructura.

ALTERACIÓN. Construcción o renovación de una estructura existente diferente a una reparación o adición.

CAMBIO DE OCUPACIÓN. Cambio en el uso y/o nivel de actividad dentro de un edificio y que involucra un cambio en la aplicación de los requisitos del reglamento. Cambio en el nivel de importancia del edificio.

EDIFICIO EXISTENTE. Edificio construido antes de la adopción del reglamento en uso, o un edificio para el cual un permiso legal le ha sido emitido.

EVALUACIÓN. Un procedimiento o metodología para la evaluación de un edificio existente para lograr un desempeño objetivo.

INGENIERO DE PROYECTO. Ingeniero civil o ingeniero civil estructurista encargado de la evaluación y/o rehabilitación sísmica de un edificio existente.

REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL. Ver rehabilitación sísmica.

REHABILITACIÓN. Cualquier trabajo, como los descritos en este documento, llevado a cabo en un edificio existente.

REHABILITACIÓN SÍSMICA. Trabajo que conduce al mejoramiento del sistema de resistencia sísmica de un edificio existente.

REPARACIÓN. Restauración a un buen estado, de cualquier parte de un edificio existente por propósitos de recuperación de componentes estructurales después de un sismo o de mantenimiento.

RESTAURADOR. Arquitecto o ingeniero civil con especialidad en restauración de inmuebles con valor patrimonial.

TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL. Clasificación de un edificio como definida en la Tabla 7, Sistemas Estructurales, de la Norma Técnica de Diseño por Sismo.

SISTEMA ESTRUCTURAL. Ver Tipología estructural.

Siglarío

AMSS. Área Metropolitana de San Salvador.

RESESCO. Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones en El Salvador.





Bibliografía

COAMSS-OPAMSS, 2020, **Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Salvador y de los Municipios Aledaños y su Reglamento**, San Salvador.

Diario Oficial, 1996, **Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones y sus Normas Técnicas**, Ministerio de Obras Públicas-República de El Salvador, Imprenta Nacional, Tomo 333, San Salvador.

FEMA 172, 1992, **NEHRP Handbook of Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings**, Building Seismic Safety Council, Washington, D.C., USA.

FEMA 547, 2006, **Techniques for the Seismic Rehabilitation of existing Buildings**, USA.

