20

Sistemas estructurales:
Rehabilitación y reparación

Instituto Técnico
de la Estructura
en Acero



ITEA

ÍNDICE DEL TOMO 20

SISTEMAS ESTRUCTURALES: REHABILITACIÓN Y REPARACIÓN

Lección 20.1: Reforzar las estructuras 1

1 INTRODUCCIÓN 4
2 NIVELES DE RECONSTRUCCIÓN 5
3 TRABAJOS TEMPORALES 7
3.1 Recalzo de muros y apuntalamiento 7
3.2 Estabilización de los elementos verticales 8
4 SISTEMAS PARA REFORZAR (REPARACIÓN Y REFUERZO) 11
4.1 Refuerzo de las estructuras de mampostería 11
4.2 Estructuras de madera 12
4.3 Estructuras de hormigón 14
4.4 Estructuras de hierro y acero 15
5 RESUMEN FINAL 18
6 BIBLIOGRAFÍA 18
7 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL 18

Lección 20.2: Transformación y reparación 19

1 INTRODUCCIÓN 22
2 MODIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS DE EDIFICIOS 23
2.1 Vaciado 23
2.2 Introducción 23
2.3 Ampliación 23
2.4 Reducción de la carga permanente 24

3 CONSIDERACIONES GENERALES EN LA REPARACIÓN 25
3.1 Construcción 25
3.2 Sustitución de cubiertas 25
3.3 Corrosión de la estructura de acero existente 25
4 ESTUDIO DE CASO PRÁCTICO: EL CENTRO HISTÓRICO DE ANCONA, ITALIA 26
5 ESTUDIO DE CASO PRÁCTICO: EDIFICIO PARA OFICINAS VAN LEER EN AMSTELVEEN, PAÍSES BAJOS 28
5.1 Montaje de la estructura principal y de apoyo 28
5.2 Descenso del piso 29
5.3 Finalización de la estructura 29
6 ESTUDIO DE CASO PRÁCTICO: EDIFICIO PARA OFICINAS, SEA CONTAINERS LIMITED, LONDRES, GRAN BRETAÑA 30
7 ESTUDIO DE CASO PRÁCTICO: GIMNASIO DE CANTU, COMO, ITALIA .. 32
8 ESTUDIO DE CASO PRÁCTICO: RUE DE L'OURCQ, PARÍS, FRANCIA 33
9 ESTUDIO DE CASO PRÁCTICO: EDIFICIOS DE QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BERLÍN, ALEMANIA 35
10 ESTUDIO DE CASO PRÁCTICO: SALA DE EXPOSICIONES ALTER BAHNHOF, ROSENHEIM, ALEMANIA 37
11 ESTUDIO DE CASO PRÁCTICO: RUE ST. JACQUES – UN MODERNO APARTAMENTO SOBRE UNA CASA DEL SIGLO XIX 38
12 ESTUDIO DE CASO PRÁCTICO: ABADÍA DE VAL SAINT-LAMBERT SERAING, BÉLGICA 39
13 ESTUDIO DE CASO PRÁCTICO: AMPLIACIÓN DEL MUSEO IMPERIAL DE GUERRA, LONDRES 40
14 RESUMEN FINAL 41
15 BIBLIOGRAFÍA 41
16 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL 41

Lección 20.3: Nuevo Uso de Edificios 43

1 INTRODUCCIÓN 46
2 PRINCIPIOS DE REHABILITACIÓN 47
2.1 Secuencia de construcción típica 47
2.2 Nueva construcción interna – Sistemas de pisos 47
2.3 Cómo realizar la unión con la fachada 48

2.4 Sistema de retención de la fachada como parte del trabajo permanente 49
2.5 Reestructuración que conlleva modificaciones en la fachada 50
2.6 Consideraciones generales del acero en la reestructuración 50
3 ESTUDIO DE CASO PRÁCTICO: DEPENDENCIAS DE TRABAJO EN LA ESCUELA FOLKWANG DE ESSEN-WERDEN, ALEMANIA 51
4 ESTUDIO DE CASO PRÁCTICO: KANNERLAND, LIMPERTSBERG, LUXEMBURGO 52
5 ESTUDIO DE CASO PRÁCTICO: EL ROEMERHOF EN ZURICH, SUIZA [2] 54
6 ESTUDIO DE CASO PRÁCTICO: EDIFICIO PARA OFICINAS WETERINGS-CHANS 165, AMSTERDAM, PAÍSES BAJOS 55
7 ESTUDIO DE CASO PRÁCTICO: EL TRIBUNAL DE JUSTICIA DE ANCONA, ITALIA 57
8 RESUMEN FINAL 59
9 BIBLIOGRAFÍA 59
10 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL 59

Lección 20.4: Valoración de Vida Residual Tradicional de Puentes 61

1 INTRODUCCIÓN 64
2 ELEMENTOS GENERALES 65
2.1 Las curvas de Wöhler 65
2.2 La Regla de Palmgren-Langer-Miner 66
2.3 Coeficientes dinámicos de los trenes reales 67
2.4 Coeficiente dinámico de la carga de la UIC 67
3 PASOS PRINCIPALES PARA LA VALORACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LA FATIGA DE LOS PUENTES DE FERROCARRILES EXISTENTES 71
4 REFUERZO DE LOS PUENTES DE ACERO 79
4.1 Consideraciones generales 79
4.2 Métodos de refuerzo 79
4.2.1 Refuerzo directo 79
4.2.2 Refuerzo indirecto 79
4.3 El refuerzo del puente "Angel Saligny" sobre el Danubio 83

5 RESUMEN FINAL 2
6 BIBLIOGRAFÍA 86
7 BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL 86
EJEMPLO DE PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO 87

Lección 20.5: Reforma de puentes: Nuevos enfoques 89

1 INTRODUCCIÓN 92
2 PROBLEMA 93
3 ACTUALIZACIÓN O REPRODUCCIÓN DE PLANOS Y ANÁLISIS ESTÁTICO 94
4 LA BASE DE LA VERIFICACIÓN DE LA TENACIDAD 96
4.1 "Fragilidad" y "Ductilidad" 96
4.2 Determinación de los elementos vitales 96
4.3 Hipótesis sobre grietas iniciales 97
4.4 Principios básicos de verificación 98
4.5 El uso de la integral J 100
5 PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN PRÁCTICA 102
5.1 Generalidades 102
5.2 Determinación de a_{crit} 102
5.3 Determinación del tiempo de servicio mínimo $N(t_p)$ 102
5.4 Ejemplo de la aplicación 104
6 VERIFICACIÓN EN CASO DE REFUERZO 106
7 PROCEDIMIENTO SI NO ESTÁN DISPONIBLES LAS MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES 107
8 RESUMEN FINAL 108
9 BIBLIOGRAFÍA 108
DIAPOSITIVAS COMPLEMENTARIAS 109

ESDEP TOMO 20
SISTEMAS ESTRUCTURALES: REHABILITACIÓN Y REPARACIÓN

Lección 20.1: Reforzar las estructuras

OBJETIVOS/CONTENIDO

Ofrecer definiciones generales. Describir las diversas formas de trabajos temporales requeridos en dichos proyectos y proporcionar una introducción a los problemas del refuerzo de estructuras por medio de acero. Identificar las ventajas del acero en estas actividades.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Ninguno.

LECCIONES AFINES

Lección 20.2: Transformación y Reparación

Lección 20.3: Nuevo Uso de Edificios

RESUMEN

En el futuro la industria de la construcción se preocupará cada vez más por la rehabilitación, el nuevo uso y la transformación de los edificios antiguos. Se han desarrollado numerosas técnicas especializadas para reforzar las estructuras de edificios, en todos los casos, las estructuras de acero ofrecen ventajas únicas en cuanto a construcción prefabricada y en seco, velocidad y facilidad de montaje, inmediata resistencia sustentadora y relación entre alta resistencia y peso.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la industria de la construcción considera con un interés especial la restauración del patrimonio arquitectónico. En el futuro esta industria se preocupará exhaustivamente del refuerzo, nuevo uso y modernización de los edificios antiguos que puedan haber sufrido daños como consecuencia de la acción atmosférica, los terremotos, etc.. Lo ideal sería que la necesidad de reforma se considerase como parte del proyecto original, proporcionando flexibilidad y adaptabilidad dentro de la forma estructural utilizada. Desgraciadamente, muchos de los edificios que se reforman actualmente fueron proyectados y construidos hace muchos años, antes de la introducción de características tales como los modernos sistemas de aire acondicionado, redes de telecomunicaciones y revestimientos livianos. Aun cuando se hubieran tenido en cuenta las necesidades de la renovación de equipos de los edificios, apenas se podría esperar que se hubieran previsto los inmensos avances que han tenido lugar. La facilidad del reacondicionamiento de los edificios se ha convertido actualmente en una importante consideración del proyecto.

Algunos de los edificios que se van a reformar pueden ser normales y corrientes, pero muchos poseen un interés histórico y arquitectónico. En todos los casos, el acero es un material ideal para los trabajos de reforma, tanto desde un punto de vista estructural como arquitectónico.

Las estructuras de acero ofrecen una base apropiada para cualquier tipo de reforma y trabajo de reconstrucción, tanto temporal como permanente. Debido a que se elabora fuera de la obra, se reducen al mínimo los requisitos de espacio en lo que a menudo son obras muy limitadas y congestionadas. Puede montarse rápidamente, en muchos casos sin necesidad de equipo de elevación pesado, puesto que se trata de una forma de construcción relativamente liviana. La interrupción de las operaciones habituales dentro del edificio existente se reduce al mínimo, ya que se pueden eliminar los oficios del cemento y del mortero y la nueva estructura es capaz de soportar la carga inmediatamente sin necesidad de puntales.

En cualquier trabajo de reparación o reconstrucción es necesario llevar a cabo una valoración inicial de las necesidades de la estructura existente [1]. Este examen tiene que considerar si el edificio existente es apropiado o no para su mejora y si los elementos de construcción existentes pueden soportar nuevas cargas o si, en caso necesario, pueden cambiar de ubicación para adaptarse a los nuevos requisitos de planificación.

Esta lección perfila la gama de actividades de reforma que pueden ser necesarias. Describe en detalle los tipos de trabajos temporales que están relacionados con las reformas. Se examinan los métodos para reforzar las estructuras de mampostería, madera, hormigón, hierro y acero existentes. En las lecciones 20.2 y 20.3 se abordan con más detalle actividades de reforma más exhaustivas que suponen modificaciones estructurales y reestructuración.

2. NIVELES DE RECONSTRUCCIÓN

Desde el punto de vista estructural, se puede utilizar ampliamente el acero en todas las formas de trabajos de reforma de estructuras existentes. Estos usos se pueden describir por orden de importancia de acuerdo con la siguiente clasificación: garantizar la seguridad, la reparación y el refuerzo.

Garantizar la seguridad es además lo primero en orden cronológico, cuando se requiere una acción de carácter temporal. Puede requerirse una acción urgente en el caso de estructuras que se han vuelto poco seguras, debido a daños accidentales, cargas excesivas o simplemente deterioro prolongado y no verificado. Quizás también sean necesarios los trabajos temporales antes de iniciar cualquier otra actividad de construcción permanente. En todos los casos, el objetivo es conseguir una adecuada seguridad a corto plazo tanto para las personas como para la obra.

Después de conseguir la seguridad, las siguientes etapas, tanto lógica como cronológicamente son la reparación y el refuerzo.

La reparación implica la realización de una serie de operaciones en la estructura de un edificio dañado, con el fin de conseguir su antigua eficacia estructural. Por otra parte, el refuerzo supone la mejora del rendimiento estructural, con el fin de permitir que el edificio cumpla nuevos requisitos funcionales (por ejemplo, condiciones de cargas más pesadas relacionadas con un cambio de uso) o condiciones ambientales (tales como la ubicación en un área recientemente declarada como sujeta a condiciones sísmicas).

Las operaciones de refuerzo se pueden subdividir en:

- modificaciones en los elementos estructurales particulares de un edificio, con el fin de alcanzar un grado de seguridad más alto, pero sin modificar significativamente el rendimiento global;
- modificaciones en la estructura global, por ejemplo, en el caso de alargamientos verticales u horizontales, o siempre que las modificaciones den lugar a una forma estructural diferente a la original.

Existen numerosos sistemas de refuerzo basados en el uso de acero que pueden utilizarse para restaurar estructuras de mampostería, madera, hormigón armado, hierro y acero.

Las modificaciones estructurales, que consisten en la modificación total o parcial de la distribución funcional y de las dimensiones volumétricas, junto con las demás características del edificio, incluido el sistema estructural original, están relacionadas con trabajos de rehabilitación. Estos trabajos pueden conllevar la apertura de espacios internos, la inserción de una estructura adicional, la ampliación en sentido vertical y la eliminación de partes del edificio existente con el fin de reducir las cargas.

Cada vez más, la reforma implica una completa reestructuración de un edificio, de cuya construcción original sólo se conserva la fachada. Este proceso requiere un minucioso análisis de la estabilidad de la fachada durante la reforma, demolición del interior y construcción de la nueva estructura, incluidas las uniones con la fachada que se ha conservado.

La elección del acero como elemento de reforma se basa en buena medida en su gran rendimiento mecánico. Cuando se va a restaurar un edificio de interés histórico, la operación es más delicada y el uso de acero estructural presenta más ventajas. Dicho trabajo supone la conservación de edificios existentes y su integración con un nuevo uso.

Diversas recomendaciones internacionales sobre restauración reconocen que el uso de métodos de construcción del pasado quizás ya no sean convenientes ni posibles por muchas razones, sobre todo de tipo tecnológico, la tradición de construcción, nuevos requisitos funcionales y la falta de disponibilidad de materiales antiguos. Estas recomendaciones, especialmente en casos que implican una recons-

trucción parcial, también indican la necesidad de utilizar tecnologías y materiales que se adapten en forma inequívocamente moderna.

El acero cumple estos requisitos y, por consiguiente, se utiliza ampliamente en el trabajo de restauración en todo tipo de monumentos y edificios antiguos.

3. TRABAJOS TEMPORALES

Los trabajos temporales normalmente son responsabilidad del contratista de obras, más que del ingeniero estructural. No obstante, comprender los puntos principales que se necesitan tener en cuenta a la hora de proyectar sistemas de puntales es importante para todos aquéllos que participan en estas actividades. El problema principal es garantizar que cualquier trabajo temporal que contribuya a sustentar la estructura existente no obstaculice los futuros trabajos finales. Los sistemas apropiados deben ofrecer facilidad de montaje y proporcionar flexibilidad de construcción. Con este fin, el acero, con su forma prefabricada, permite proyectar y adaptar soluciones estándar de forma que se ajusten a los requisitos especificados.



Diapositiva 1

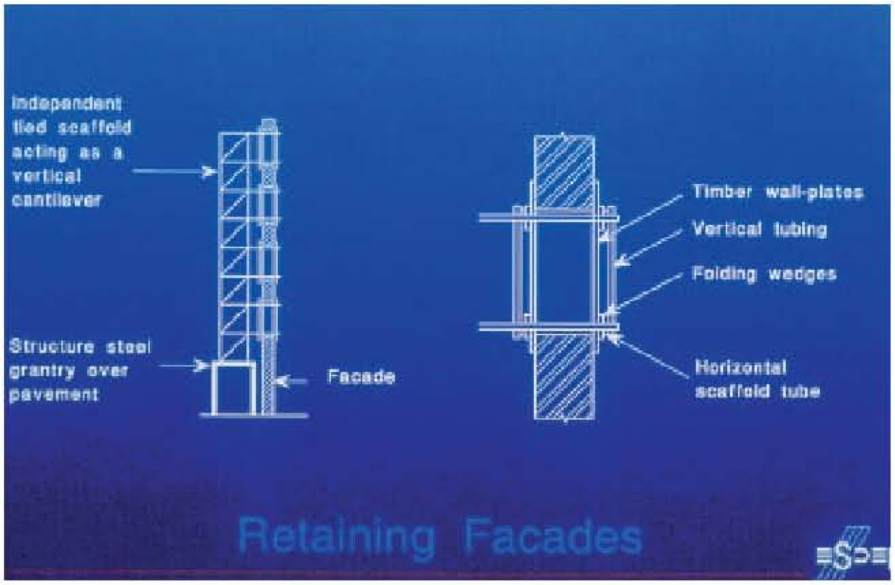
3.1 Recalzo de Muros y Apuntalamiento

Las áreas más frecuentes en las que el ingeniero estructural tomará parte en los trabajos temporales son las de recalzo de muros y apuntalamiento, con el fin de proporcionar un sistema que soporte las cargas verticales. La diapositiva 1 muestra una estructura hecha de perfiles de acero laminado en caliente, que se proyectó para el apuntalamiento temporal de los pilares de piedra del vestíbulo del Palazzo Carigliano de Turín. El trabajo de restauración supuso la sustitución de los antiguos forjados por unos nuevos, consistentes en perfiles IPE y HE con chapas de acero perfiladas, que actúan como encofrado.



Diapositiva 2

Cuando se forman grietas en las paredes, es necesario bajar las cargas procedentes de la parte superior hacia cimientos temporales mientras se introducen las nuevas barras de apoyo. Si se utilizan perfiles de acero como elementos de apuntalamiento, es importante comprobar la resistencia y el pandeo de los mismos (diapositiva 2).



Diapositiva 3



Diapositiva 4

3.2 Estabilización de los Elementos Verticales

A menudo es necesario proporcionar un apoyo lateral temporal para la estabilización de muros que se van a conservar durante la fase de demolición. Existen varios sistemas que se utilizan para esto: puntales inclinados de gran sección, andamios en forma de puntales y como celosías, y marcos metálicos rectangulares dispuestos horizontal y verticalmente.

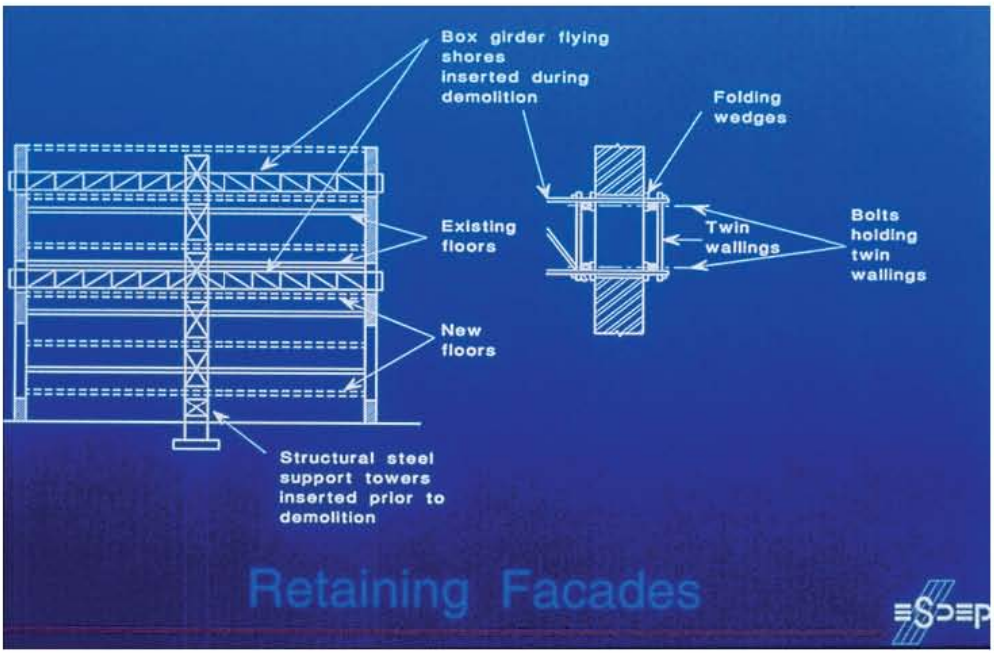
El sistema de apoyo para conservar las fachadas (diapositiva 3) puede colocarse interna o externamente. Si se coloca internamente, debe instalarse mediante cavidades realizadas en la estructura existente y debe asentarse sobre cimentaciones temporales antes de que tenga lugar cualquier demolición importante.

Si los trabajos temporales se sitúan externamente, entonces, los trabajos pueden realizarse independientemente de la demolición. En los concurridos centros de las ciudades es importante proporcionar acceso y protección a las personas, en forma de pórticos de acero sobre las aceras. Generalmente, las celosías horizontales ascienden por las paredes y extienden las cargas debidas al viento hacia atrás, a las celosías verticales (diapositiva 4). Claramente, en dichos casos los trabajos externos no originan ningún obstáculo.

En algunos casos, los trabajos temporales pueden situarse en parte internamente y en parte externamente. En todos los casos está claro que es importante garantizar que no obstaculicen las distintas operaciones, especialmente allí donde las operaciones de recalzo con pilotes sean necesarias.

Una alternativa es utilizar puntales horizontales que se extiendan entre las paredes laterales del edificio. Estos puntales pueden introducirse antes de cualquier demolición. Para tramos

taculicen las distintas operaciones, especialmente allí donde las operaciones de recalzo con pilotes sean necesarias.



Diapositiva 5

Una alternativa es utilizar puntales horizontales que se extiendan entre las paredes laterales del edificio. Estos puntales pueden introducirse antes de cualquier demolición. Para tramos más largos puede requerirse un puntal o torre de apoyo central. Este aparato de apoyo necesitará tener una cimentación temporal que admita las cargas que va a soportar (diapositiva 5). Un sistema así de arriostramiento temporal de los muros perimétricos, por medio de anillos horizontales de perfiles laminados de acero sujetos a los muros, se utilizó durante la reestructuración del antiguo teatro Moller de Darmstadt, Alemania, para su uso como archivo general estatal (diapositiva 6). También se dispone de sistemas patentados de puntales horizontales de acero.

Un problema lo constituye la necesidad de pasar nuevos elementos metálicos a través de los trabajos temporales. Por lo tanto, es necesario estudiar minuciosamente la colocación de los puntales, para evitar la obstrucción de la nueva estructura.

Quizás también sea necesario proporcionar estabilidad en el plano perpendicular a los muros durante la reconstrucción. En este caso, se pueden unir las fachadas para impedir su separación debido a las fuerzas del viento, mediante el uso de perfiles laminados de acero horizontales o inclinados, sujetos como bandas alrededor del perímetro del edificio (diapositiva 7).



Diapositiva 6



Diapositiva 7



Diapositiva 8

Quizás también sea necesario proporcionar estabilidad en el plano perpendicular a los muros durante la reconstrucción. En este caso, se pueden unir las fachadas para impedir su separación debido a las fuerzas del viento, mediante el uso de perfiles laminados de acero horizontales o inclinados, sujetos como bandas alrededor del perímetro del edificio (diapositiva 7).

En muchos casos se requieren diversos trabajos temporales. Por ejemplo, si se va a conservar una fachada y se va a construir un nuevo sótano, será necesaria una combinación de puntales inclinados de gran sección, recalzo de muros y puntales (diapositiva 8).

4. SISTEMAS PARA REFORZAR (REPARACIÓN Y REFUERZO)

Todos los materiales de construcción habituales son propensos al deterioro o desmoronamiento en un período prolongado y, por consiguiente, quizás sea necesario emprender acciones de reparación para reforzar las estructuras debilitadas. Los cambios en el uso de los edificios pueden requerir una mejora en las resistencias sustentadoras, con el fin de permitir un aumento de la carga aplicada. En cualquier caso, se puede utilizar el acero de diversas maneras para reforzar las estructuras existentes. A continuación se describen algunas de estas formas.

4.1 Refuerzo de las Estructuras de Mampostería

El refuerzo de la mampostería se utiliza para el aumento de la resistencia sustentadora, en relación con las cargas verticales, así como las acciones horizontales debidas al asiento de los cimientos, la asimetría de la forma geométrica o de la carga, o -más gravemente- la acción sísmica.

La resistencia sustentadora de cargas verticales puede mejorarse mediante los métodos siguientes:

- rodeando los pilares de albañilería de perfiles laminados de acero verticales y presillas;
- introducción de nuevos pilares de acero, ya sea en perfiles en U realizados en la pared o simplemente colocadas al lado de la pared (diapositiva 9);

El refuerzo de paredes o pilares para resistir las acciones horizontales se puede suministrar de la siguiente manera:

- afianzando las paredes de la fachada con perfiles laminados de acero, dispuestos para conformar una serie de anillos horizontales en diversos niveles, unidos mediante tirantes;
- afianzando las esquinas por medio de perfiles laminados de acero verticales, unidos mediante viguetas o tirantes;
- introduciendo un arriostramiento de acero para proporcionar una unión transversal entre las paredes maestras;
- apuntalando las paredes maestras por medio de sistemas de arriostramiento introducidos entre los pilares de acero (diapositiva 10).



Diapositiva 9

Los arcos de mampostería pueden reforzarse mediante el uso de perfiles laminados de acero doblados según un radio apropiado e instalados debajo de la estructura existente (diapositiva 11).