

4.3.2 Procedimiento de Cálculo del Nivel de Refuerzo Necesario

Considerando la expresión 4.3.2, se determina la necesidad de reparación de una estructura.

$$\text{Índice de resistencia remanente: } (\alpha_r) \geq 1 \quad (4.3.2)$$

Si se satisface la expresión anterior, la estructura podrá rehabilitarse únicamente con un procedimiento de reparación. En caso de no satisfacerla, será necesario el refuerzo (incluyendo adición de paneles estructurales).

El procedimiento de refuerzo será determinado de tal manera que se satisfaga la expresión 4.3.3.

$$\text{Relación de resistencia calculada después del refuerzo: } (\alpha_p) \geq 1 \quad (4.3.3)$$

La relación de resistencia calculada después del proceso de reparación o refuerzo (α_p), se determinará con un procedimiento similar al empleado para el cálculo de α_r , considerando el Formato de Inspección para Determinar el Origen del Daño del capítulo 5.

El coeficiente de resistencia de cada panel estructural se determinará como se indica: si el panel fue reparado o reforzado, el coeficiente de resistencia se obtendrá por medio del índice reductor de resistencia de la Tabla comentario 4.3.3, considerando que es un panel nuevo; si el panel no fue reparado o reforzado, el coeficiente de resistencia se obtendrá por medio del índice reductor (γ_t), considerando que el panel es nuevo y presenta una deformación.

Comentarios

Para procesos de reparación y refuerzo en edificios dañados, será necesario proporcionar a la estructura una capacidad ante sismo igual o superior a la indicada en el artículo 46 del Reglamento de Construcción, que se refiere al comportamiento sísmico de estructuras reparadas o reforzadas. A ese respecto, la reparación o refuerzo de paneles estructurales (incluyendo la adición de los mismos), se propone que se realice conforme a las siguientes indicaciones:

(1) Se evalúa la necesidad de refuerzo, considerando el índice de resistencia remanente α_r , determinado conforme a lo indicado en el subcapítulo 4.1 "Inspección de la Resistencia Remanente".

(2) Si el índice de resistencia remanente satisface la expresión 4.3.2, se considera que la estructura tiene una resistencia suficiente, por lo que únicamente bastará restituir su estado original por medio de un proceso de reparación

(3) En caso de no satisfacer la expresión 4.3.2, será necesario un proceso de refuerzo. En cuanto al procedimiento de refuerzo, éste deberá elegirse conforme a los presentados en el subcapítulo 5.5 "Rehabilitación de Paneles", de manera que se satisfaga la expresión 4.3.3.

Cuando, basándose en el subcapítulo 5.4 “Rehabilitación de Paneles Estructurales”, se repare o refuerce un panel dañado por sismo, la evaluación de la resistencia se hará con base en la Tabla comentario 4.3.1, y dependerá de la relación entre la deformación máxima experimentada (γ_e , consultar el subcapítulo 4.3.1) y los niveles de reparación o refuerzo que se indican enseguida.

- (1) Demolición total, se restituyen los paneles estructurales a su estado original.
- (2) Demolición total, se restituyen los paneles pero con distribución y funcionamiento estructural diferente.
- (3) Rehabilitación del edificio realizando un refuerzo parcial
- (4) Rehabilitación de la estructura realizando una reparación sencilla.
- (5) Adición completa de paneles estructurales nuevos.

Tabla comentario 4.3.3 Coeficiente de Reducción de Resistencia β en Paneles Estructurales que fueron Reparados o Reforzados debido a la Ocurrencia de Daño por Sismo

Método de reparación o refuerzo del panel estructural	Deformación máxima experimentada γ_e		
	$\gamma_e \leq 1 / 120$ rad	$1 / 120$ rad $\leq \gamma_e \leq 1 / 40$ rad	$\gamma_e \geq 1 / 40$ rad
①	1.0	0.8	0.8
②	1.0	1.0	1.0
③	1.0	0.8	0.6
④	1.0	0.6	0.4
⑤	1.0	1.0	1.0

4.4 DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN Y MÉTODOS DE REHABILITACIÓN PARA CADA ELEMENTO O PARTE DE LA ESTRUCTURA

4.4.1 Descripción del Diseño de la Rehabilitación

Con respecto a los procedimientos de rehabilitación, el método adecuado deberá elegirse de alguno de los procedimientos presentados en los subcapítulos 4.4.2 a 4.4.7. Esta selección se hará considerando los resultados de la evaluación del nivel y clasificación de daño conforme a la Norma para la Evaluación del Nivel de Daño, y lo presentado en el subcapítulo 4.1 “Inspección del Origen del Daño” que se encuentra en el cuerpo de la presente guía. Principalmente, en los referente a paneles estructurales, será necesario considerar todas las medidas adecuadas, incluyendo adición de paneles, para satisfacer el nivel de refuerzo requerido determinado por el cálculo estructural.

En la presente guía se presentan los procedimientos de rehabilitación aplicables a cada tipo de elemento estructural, dentro de una edificación que haya sufrido daño por sismo. Los diferentes elementos que se tratan son:

- 1) Cimentación.
- 2) Sistema de piso.
- 3) Marcos resistentes a momento (columnas, vigas y uniones viga-columna).
- 4) Paneles estructurales.
- 5) Acabados.
- 6) Techos.

Comentarios

Como se mencionó en el Capítulo 1, actualmente la evaluación de las características de comportamiento sísmico de una estructura de madera, aún reglamentariamente, se realiza considerando únicamente los paneles estructurales (incluyendo los elementos internos y externos). Sin embargo, en realidad, el flujo de fuerzas externas incidentes en una estructura se desarrollará desde los techos, paneles y sistemas de piso hacia las vigas, cubiertas, columnas y obviamente hacia los paneles estructurales. A su vez, estos elementos transmitirán las fuerzas a la estructura de cimentación, para luego ser transmitidas al suelo. Por lo tanto, todos estos elementos estructurales deberán tener una resistencia y rigidez suficientes, así como las uniones entre ellos, para transmitir adecuadamente dichas fuerzas sísmicas incidentes. Con respecto a los paneles estructurales, con base en lo presentado en el subcapítulo 4.3 "Cálculo de la Resistencia Remanente y del Nivel de Refuerzo Necesario", se determina el nivel de refuerzo necesario que deberá colocarse. En lo referente a los otros elementos estructurales, la presente guía no necesariamente presenta preceptos relativos a la resistencia y rigidez adicionales; sin embargo, para la determinación de las características necesarias en otro tipo de elementos estructurales, deberán considerarse las condiciones de carga y borde y, con base en ellas, determinar las características a satisfacer para el refuerzo de estos elementos. Por ejemplo, en el caso de tapancos, sistemas de piso, columnas, uniones viga-columna, entre otros, existirán varios sitios o elementos en los que definitivamente no se conozca con claridad la resistencia, rigidez y capacidad de deformación de los mismos. Pero, para elementos de este tipo, donde se pudiera pensar en la existencia de un problema estructural, las características del problema podrán determinarse parcialmente considerando los resultados de las investigaciones realizadas por medio de la "Evaluación de la clasificación y nivel de daño", presentado en la Parte I del presente libro; y por medio de lo indicado en el subcapítulo 4.1 "Inspección del origen de daño". Así, en los elementos donde resulte o se piense existe algún problema estructural, se hará trabajo de refuerzo para incrementar la resistencia y rigidez de dichos elementos.

Aunado a los resultados de la inspección, también deberá considerarse el problema de la durabilidad. La madera que se usa en las edificaciones, presenta aspectos ventajosos respecto a otros materiales de construcción, como resistencia y trabajabilidad entre otros; sin embargo, también presenta aspectos desventajosos por su propia naturaleza, como pueden ser poca resistencia al fuego, a la fractura, al daño por intemperismo e insectos, etc. Eliminando el fuego, todos aquellos aspectos relacionados con la durabilidad de la estructura, deberán ser considerados en el proceso de rehabilitación. Una estructura nueva podrá tener una resistencia suficiente, pero si se presentan fenómenos de putrefacción por intemperismo o daño por insectos en el material de los elementos estructurales primarios, generando degradación de

la resistencia ante sismo, pudiera pensarse que el edificio sería incapaz de soportar daño por sismo o cualquier tipo de excitación lateral.

Los fenómenos de intemperismo (putrefacción y daño por insectos) se presentan ante condiciones moderadas de humedad, acidez y temperatura. Por lo tanto, para evitar ese tipo de fenómenos deteriorantes, será necesario controlar el efecto de las tres condiciones ambientales indicadas, actualmente se trata de controlar principalmente el efecto de la humedad en el ambiente. En la tabla comentario 4.4.1 se presentan las causas principales de incidencia de humedad, y los elementos en los cuales generalmente incide. Para los procesos de rehabilitación, deberán considerarse todos los puntos de inspección, y desarrollar un trabajo adecuado bajo cada aspecto, adicionando elementos donde así se requiera, o bien proporcionando procedimientos de mantenimiento adecuados para evitar cualquier tipo de daño por putrefacción o por ataque de termitas.

Recientemente se han incrementado el uso del modo notable de materiales de importación, debido a su bajo costo, por lo que en estos casos será necesario tomar las medidas adecuadas de mantenimiento para evitar lo fenómenos de intemperismo severo

Tabla comentario 4.4.1 Elementos con Daño y Origen del mismo en Estructuras de Madera (según Kanayama)

Tipo de agua incidente	Elemento filtrado	Causas principales de la filtración	Elementos y zonas de los mismos con daño
Agua de lluvia	Superficie de techos	Daño en los elementos y materiales de cubierta, intemperismo, deslizamiento, fijación inadecuada.	Vigas primarias y secundarias, columnas, empalmes, elementos metálicos de las uniones, vigas de anclaje a la cimentación, material natural usado para acabados en paneles, techos y tapancos, etc.
	Superficie de paneles exteriores	Agrietamiento en el material del panel, daño, intemperismo, fijación inadecuada, deslizamiento, desplomo por empuje de viento y agua, llegada inadecuada a la estructura de techo.	Columnas, acabados de material natural degradable, marcos de ventanas, columnas secundarias, elementos metálicos de las uniones, zonas de empalme, viga de anclaje a la cimentación, en fin, todo aquel elemento importante dentro de la estructura de un panel.
	Vecindad de ventanas y puertas	Ventanas de los paneles, juntas de los marcos de puertas y entradas, intemperismo severo o fijación inadecuada de los materiales impermeabilizantes alrededor del panel.	Columnas, acabados de material natural degradable, marcos y soportes de ventanas, columnas secundarias, elementos metálicos de las uniones, zonas de empalme, vigas de anclaje a la cimentación, etc.
	Paraguas de techo	Daño del paraguas de techo, intemperismo severo, desbordamiento (la demanda de agua supera la capacidad del paraguas de techo, o bien este se obstruyó), desnivel insuficiente para escurrimiento de agua.	Todos los elementos para drenaje dentro de la estructura de techo, baños, interiores, paneles, vigas primarias, columnas verticales exteriores, etc.
	Impermeabilizantes	Rebote de agua de lluvia.	Escaleras exteriores, columnas secundarias, material de acabado de columnas, Viga de anclaje a la cimentación, vigas de soporte o anclaje del material de acabados del techo, pasillos exteriores.
Agua de uso doméstico	Coladeras	Desnivel de escurrimiento, espacio entre mueble de baño y paneles, marco de las puertas de baño, derredor de instalación de mueblería de baño, daño en drenaje.	Baños, lavaderos, cocina, viga de anclaje a la cimentación en la zona de la entrada principal, columnas, elementos metálicos de las uniones, columnas secundarias, vigas primarias y secundarias, marcos de puertas y ventanas, triplays de los sistemas de piso, etc.
	Superficie de pisos (juntas de construcción)	Junta entre triplays de piso, rebote de agua para limpieza.	Triplays de los sistemas de piso, vigas primarias y secundarias, pies derechos del sistema de piso del primer nivel, viga de anclaje a la cimentación.
Rocio	Paneles interiores, mobiliario, superficie de vidrios	Junta de los elementos del panel, junta de piso y panel, vecindad de las ventanas.	Columnas primarias y secundarias, elementos metálicos de las uniones, vigas de anclaje a la cimentación, vigas primarias y secundarias, marcos de ventanas.
	Interior de paneles	Diferencia de temperaturas entre interior y exterior de panel, contenido de humedad en el interior del panel, superficie de instalaciones hidráulicas.	Columnas primarias y secundarias, elementos metálicos de las uniones, vigas de anclaje a la cimentación, triplays usados en los sótanos.
Rocio y humedad por diferencias de temperatura	Parte inferior de pisos	Obstrucción de los agujeros para ventilación en el sótano, insuficiencia de altura del sistema de piso del primer nivel. Deficiencia de ventilación por obstrucción de agujeros por concreto de la cimentación.	Triplays usados en los sistemas de piso, vigas primarias y secundarias, pies derechos del sistema de piso del primer nivel, viga de anclaje a la cimentación, etc., todos los elementos que conforman la estructura del sistema de piso.
	Paneles exteriores	Parte exterior del panel en caso de nevada.	Elementos de un marco resistente a momentos.
Agua de deshielo	Superficie de techos	Separación de materiales y elementos de cubierta.	Elementos que conforman los tapancos y marcos resistentes a momento.

4.4.2 Cimentación

Las estructuras de cimentación de edificaciones de madera, pueden clasificarse en dos grandes grupos, las simples (a base de piedra de río, piedra braza, bloques, etc.), y las continuas (concreto simple o concreto reforzado). Los principios básicos de los procedimientos de rehabilitación para estructuras de cimentación en edificaciones de madera, se indican:

- En caso que se haya determinado, con base en la evaluación de la clasificación y nivel de daño, que la rehabilitación fuera únicamente por reparación, es decir, cuando una edificación sufrió daño ante un sismo extraordinario, bastará con reparar los sitios y elementos dañados. Incluso en el caso de que haya fallado la cimentación, ésta podrá restituirse a un nivel de resistencia similar al original.

- En caso contrario, cuando se presentan problemas de falla por asentamiento diferencial del suelo, por resistencia insuficiente de la estructura de cimentación respecto a la estructura del suelo, deberán reforzarse los elementos con daño. Los elementos dañados en la cimentación, deberán sufrir incrementos en su sección transversal y cuantías de acero de refuerzo, de tal manera que se alcancen las resistencias necesarias del refuerzo. Sin embargo, en caso de haberse reparado y/o reforzado el suelo, no será necesario llevar a cabo ningún procedimiento de los antes mencionados.

Comentarios

1. Conceptos generales

La configuración de las estructuras de cimentación de edificaciones de madera pueden ser simples, de piedra de río, piedra braza, bloque etc., o continuas a base de concreto simple o concreto reforzado. Existen las losas corridas de cimentación, pero son ejemplos contados.

Observando las fallas de estructuras de cimentación, se puede mencionar que cimentaciones simples a base de piedra o bloque, por el hecho de no tener con un junteo adecuado entre los materiales componentes, así como por la poca amplitud de su base, sobresalen con falla por volteo, principalmente. En el caso de cimentaciones continuas, no se presentan fenómenos de volteo, pero sí agrietamiento en esquinas y en la vecindad de huecos para instalaciones. El nivel y tipo de daño de la estructura de cimentación dependerá de las características del suelo que la sustenta. Así, para un suelo adecuado, generalmente los daños no serán de importancia. Aún en caso de que el suelo de cimentación sufra daño por un evento extraordinario, el daño en la estructura de cimentación será poco sobresaliente. Los daños en la estructura del suelo, como son los problemas de asentamiento diferencial y licuación de suelo, generan una pérdida rápida de resistencia en el mismo, provocando desniveles importantes, falla de muros de contención, pérdida de capacidad de carga del suelo, etc.

Excluyendo la falla de muros de contención, existe una alta posibilidad de que las fallas de suelo blando o por licuación de suelos vuelvan a presentarse en el futuro.

Como se mencionó, las características de comportamiento ante sismo de estructuras de cimentación, serán dependientes de las características del suelo sustentante. Así, las características originales de comportamiento ante sismo de una estructura de cimentación, podrán determinarse considerando, conjuntamente, el nivel de daño ante un evento y las características del suelo sustentante. Los principios básicos de los procedimientos de

rehabilitación, siguiendo lo establecido en la Tabla comentario 1.1, se muestran en la Tabla comentario 4.4.2

Con el propósito de eliminar daños en el suelo de cimentación, el procedimiento de rehabilitación más eficaz es la reparación del mismo suelo. Sin embargo, la mayoría de las edificaciones son habitacionales, lo que dificulta las tareas de reparación del suelo sustentante. Por tanto, se podrán hacer trabajos de rehabilitación de cimentaciones por medio del refuerzo de la estructura de cimentación, o por medio de una combinación de reparación parcial de suelo con refuerzo de la cimentación. Por supuesto, en caso de reparar el suelo sustentante, no será necesario reforzar ningún elemento de la estructura de cimentación.

Tabla comentario 4.4.2 Métodos de Rehabilitación de Estructuras de Cimentación

Intensidad del sismo de daño.	Resultados de la evaluación de la clasificación y nivel de daño			
	Ligero	Menor	Medio	Mayor o igual a severo
≤IV	Restitución de los sitios dañados	Refuerzo de los sitios dañados		Demolición mejoramiento de las características sismorresistentes originales
V				
≥ VI				

Demolición, recuperación de las características sismorresistentes a su estado original

2 Métodos de Reparación y Refuerzo

Zona de daño	Condición de daño	Tipo de rehabilitación	Razón de selección y procedimiento	Figuras de referencia
Estructura de cimentación simple	Desplazamiento de la cimentación, desplazamiento relativo de la cimentación.	Reparación	Restablecer la condición original.	
	Inclinación de la cimentación, deslizamiento severo.	Refuerzo	+ En caso de zapatas corridas de piedra, colar concreto en la parte inferior de la cimentación. + En caso de zapatas aisladas de piedra brasa, adición de traveses de liga. + Colado de concreto en la vecindad de la cimentación.	
	Daño severo.	Reparación Refuerzo	Se hace una cimentación continua de concreto simple o concreto reforzado.	
Estructura de cimentación continua de concreto	Agrietamiento.	Reparación	+ Se hace una preparación en V de la zona agrietada para inyectar resina epóxica. + En caso de agrietamiento severo se rellenará con mortero.	1 - 1
	Daño de los tornillos de anclaje.	Reparación	La zona dañada se repara con mortero, se anclará la zona dañada a la zona sana de la cimentación empleando tornillería propia para anclaje en concreto.	1 - 1
	Daño de la parte exterior, en las esquinas	Refuerzo	+ Demolición del concreto de la zona dañada, rearmado del acero de refuerzo y colado de concreto nuevo. + Preparación para una adherencia adecuada en la superficie entre el concreto nuevo y el concreto viejo. En caso de suponer nula o poca adherencia, será necesaria la colocación de llaves de cortante en la unión. + El acero nuevo que se coloque para refuerzo por flexión, deberá unirse al acero ya existente por medio de soldadura (con una longitud de traslape de cinco diámetros), o bien proporcionarle una longitud adecuada de traslape cuando este es sin soldadura (25 diámetros y gancho para aceros lisos, y únicamente 25 diámetros para aceros corrugados). + En el caso de elementos de concreto simple, se colocarán anclas en la superficie de unión para asegurar una adherencia adecuada entre las superficies de concreto.	1 - 2
	Daño de la cimentación por flexión.	Reparación	Se realizará trabajo de refuerzo de la estructura existente, principalmente con la adición de traveses de concreto reforzado.	1 - 2
	Daño severo	Refuerzo	+ Se levanta la estructura por medio de gatos hidráulicos desde las vigas de llegada a la cimentación, de manera que la estructura de cimentación pueda ser reconstruida en su totalidad. + Para cimentaciones continuas, se deberá considerar la resistencia del suelo sustentante y las condiciones de carga del mismo, para determinar las características de la sección transversal y acero de refuerzo de la estructura de cimentación., + Por medio de anclas de alta resistencia, se unen las vigas de llegada a la cimentación con la estructura de la misma	

4.4.3 Sistema de Piso

Los sistemas de piso de las edificaciones de madera generalmente son estructuraciones a base de puntales soportados por pequeñas zapatas aisladas para los sistemas de piso del primer nivel, y a base de vigas para los niveles superiores. Los principios básicos para rehabilitación de sistemas de piso dañados por sismo son como se indica:

+ En caso de haber presentado daño ante un evento extraordinario, o bien que haya presentado daño por efecto secundario del daño de otro elemento en la vecindad, bastará con reparar el elemento o la zona dañada. Incluso, en caso de presentar daño severo, bastará con reconstruir o restituir el sistema de piso con las características que tenía hasta antes del daño.

+ En caso de que la causa de daño haya sido la insuficiencia en la resistencia del sistema de piso (por ejemplo, insuficiencia en la resistencia de la viga de llegada a la cimentación, de las columnas, de las vigas o de los empalmes de unión; o degradación en la resistencia de los elementos por intemperismo y edad), será necesario reforzar todos aquellos sitios que hayan presentado daño. En caso de haber presentado falla o daño severo, será necesario reconstruir la cimentación con una resistencia y rigidez superiores a las que tenía originalmente

En caso que el suelo sustentante sea blando, o con potencial de ser licuable, será deseable que la estructura de piso del primer nivel sea similar a la estructura de piso del segundo nivel, es decir, a base de vigas.

Comentarios

1. Conceptos generales

Los sistemas de piso de las edificaciones de madera, dependerán del uso y dimensiones de la edificación. Así, para sistemas de piso del primer nivel, el sistema de piso podrá ser directamente sustentado en el suelo de apoyo, o sistemas de piso sustentados en zapatas aisladas de piedra y pies derechos. Los sistemas de piso de los niveles superiores podrán ser a base de trabes, vigas primarias y secundarias, o una retícula de vigas y puntales conformando una armadura de tapanco. Sin embargo, los sistemas de mayor uso son el sistema de piso sustentado en zapatas aisladas en el primer nivel, y sistema de piso a base de vigas primarias y secundarias en los niveles superiores. Estos dos sistemas de piso son los que se consideran básicamente en el cuerpo de la presente guía.

Generalmente los daños por sismo son más frecuentes en los sistemas de piso de los primeros niveles que en los de niveles superiores. Principalmente, cuando las estructuras de cimentación son aisladas y simples, donde las uniones entre las zapatas, pies derechos de cimentación, columnas y vigas de anclaje a cimentación no presentan un comportamiento monolítico adecuado, se observan deslizamientos relativos de los elementos que componen la retícula de la estructura del sistema de piso, generando un estado de inestabilidad y desprendimiento del mismo. Incluso en estructuras continuas de cimentación de concreto, donde se tienen sistemas de piso a base de retículas de vigas y armaduras, pudieran presentarse uniones inadecuadas entre la estructura de cimentación y la viga de anclaje de la estructura; esto generaría un daño no de gran severidad en la zona, pero en caso de estructuras de gran superficie y sustentadas sobre suelos blandos, en la parte central de los

sistemas de cimentación se podría presentar un daño similar para cuando se tiene estructuras de cimentación aisladas o simples

En sistemas de piso de niveles superiores, cuando las uniones entre las columnas y vigas que sostienen al mismo están adecuadamente resueltas con elementos metálicos, el nivel de daño será menor. Sin embargo, cuando se tiene alguna deficiencia en resistencia de la unión de los elementos estructurales, o bien se presentan problemas de intemperismo y putrefacción de material, el tipo y nivel de daño será de importancia.

2. Métodos de Reparación y Refuerzo

Zona de daño	Condición de daño	Tipo de rehabilitación	Razón de selección y procedimiento	Figuras de referencia
Unión de elementos estructurales con cimentación, pies derechos de cimentación y zapatas aisladas, triplays del sistema de piso del primer nivel y parte inferior de paneles del primer nivel.	Deslizamiento relativo ligero entre elementos.	Reparación	+ Restablecimiento de la condición original. + Reparación del deslizamiento del sistema de piso, reparación de desnivel, restitución de elementos metálicos de anclaje. + En zonas de anclaje insuficiente, refuerzo con anclas post-construcción (columnas a ambos lados de paneles estructurales, viga de anclaje de la estructura a la cimentación, regiones de espacios para ductos de instalaciones, etc.).	
Unión de la viga de anclaje de la estructura con la cimentación.	Deslizamiento de importancia.	Refuerzo	+ Refuerzo de las anclas originales. + Colocación de anclas post-construcción en zonas de anclaje insuficiente. Extremos de paneles estructurales, viga de anclaje a la cimentación, empalmes y zonas de unión.	2 - 1
Unión de columna o elemento estructural vertical con la cimentación.	Deslizamiento de importancia.	Refuerzo	Adición de dispositivos y elementos metálicos en los empalmes. De ser necesario, colocación de zapatas aisladas de concreto.	2 - 1
Unión de viga principal en la estructura del sistema de piso del primer nivel con el pie derecho de cimentación.	Deslizamiento de importancia.	Refuerzo	+ Reforzamiento de empalmes y uniones con dispositivos metálicos planos. + Si no se refuerza, restitución de elementos estructurales primarios.	2 - 2
Sistema de fijación de columnas en el primer nivel.	Desprendimiento	Refuerzo	Refuerzo de la zona de fijación con elementos metálicos cortos.	2 - 2
Sistema de piso en general.	Daño severo	Reparación Refuerzo	+ Sistema de piso del primer nivel (ejemplo). 1) Sistema de piso sobre cimentación a base de pies derechos (sustituir los triplays del sistema de piso del primer nivel empleando triplays comunes). 2) Transformar el sistema de piso, a ser similar a los de niveles superiores, a base de retículas de vigas primarias y secundarias (problemas por suelo blando o licuación). + Sistema de piso del segundo nivel. Reforzar las uniones y empalmes entre viga y columna con elementos metálicos.	2 - 3

4.4.4 Columnas, Vigas y las Uniones Entre Ellas

Los principios de un procedimiento de rehabilitación por daño en elementos estructurales de un marco resistente a momentos, como son columnas, vigas y zonas de unión viga-columna, son como se indica:

+ Ante un evento extraordinario, fallas en el suelo sustentante o en la estructura de cimentación, se presentarán deformaciones importantes de la estructura, que generen daño en

elementos estructurales de marcos resistentes a momento. En este caso, por regla general, se tratará de restituir a la estructura a sus condiciones iniciales.

+ En caso de presentarse daño ante un sismo de pequeña intensidad, o bien que el daño en los elementos estructurales de un marco resistente a momentos no haya sido producido por daño de otros elementos de la estructura, el procedimiento de reparación y refuerzo se realizará como se indica:

+ En caso de daño por flexión en vigas y/o columnas, se puede pensar en un problema en el material del elemento, así como problema por insuficiencia de la sección transversal; por lo tanto, se tratará de restituir la parte dañada del elemento proporcionando la sección transversal necesaria, o bien se reforzará adecuadamente la sección transversal.

+ En caso de presentarse problemas de durabilidad por intemperismo severo (putrefacción y daño por polilla), se tratará de restituir, parcial o totalmente, el elemento con daño. También, será necesario tomar las medidas preventivas y de mantenimiento adecuadas para disminuir los problemas de durabilidad.

- En caso de presentarse daño severo en las zonas de unión viga-columna, dependiendo de la condición y tipo de daño, se restituirán los elementos incidentes en la unión, o se reforzará la unión con elementos metálicos nuevos.

En caso que el daño en elementos estructurales de un marco resistente a momentos se deba a defectos o deficiencias en la estructura de cimentación, o por insuficiencia de paneles estructurales, bastará con reparar los elementos estructurales del marco una vez reforzados adecuadamente los paneles y la estructura de cimentación.

Comentarios

1.1. Conceptos Generales

En general, la calidad de los materiales con que se hacen los elementos estructurales principales de edificaciones de madera, así como los elementos y materiales de unión y empalme, están debidamente definidos y establecidos en el reglamento y norma para las construcciones. Esto con el propósito de evitar reducción en la resistencia de los elementos por intemperismo severo, deficiencia en las dimensiones y características de la sección transversal de los mismos, existencia de una orientación inadecuada de las fibras en la madera, presencia de ojos en la madera usada, etc. Sin embargo, debido a que los materiales son naturales, no se tiene un control sobre la producción de los mismos, es por eso que deberá tenerse mucho cuidado en su selección y uso posterior. Así, se deberá cuidar la calidad del material componente, de manera que se logren las resistencia y rigidez adecuadas en elementos y uniones entre ellos. En el caso de columnas, éstas deberán ser suficientemente resistentes para soportar cargas axiales producto de cargas verticales, con una configuración tal que impida la presencia del fenómeno de pandeo. Ante la incidencia de fuerzas laterales, las uniones de columnas con vigas de anclaje, así como las uniones entre elementos estructurales deberán ser suficientemente rígidas y resistentes. En el caso de estructuras a base de marcos resistentes a momento, se deberá considerar material que tenga características que permitan proporcionar rigidez y resistencia adecuadas a uniones, empalmes y traslapes, de manera que no se presente

deslizamiento entre ellos. Deberán tener suficiente resistencia a flexión, para evitar problemas de fracturamiento y despostillado.

1.2. Métodos de Rehabilitación de Vigas, Columnas y las Uniones Entre Ellas

Para determinar el tipo de rehabilitación a realizar en elementos viga, columna y uniones viga-columna, se deberá considerar el origen de la falla o daño, con base en lo cual se determinará si se requiere de reparación y/o refuerzo. Si el origen de daño es producto de lo extraordinario de las fuerzas sísmicas incidentes, o por problemas en la estructura del suelo y/o la cimentación, se requerirá únicamente un proceso de reparación parcial o total. Por otra parte, en caso de que el daño fuera originado por insuficiente resistencia en los elementos estructurales, será necesario un proceso de refuerzo que proporcione a los elementos resistencias mayores que las que tenían hasta antes del daño. En caso que el daño haya sido producido por efectos de intemperismo y pudrición, bastará con reponer o sustituir los elementos dañados por unos nuevos. Concretamente, los procedimientos de rehabilitación, se determinarán después de un estudio minucioso sobre el nivel y origen de daño, y siguiendo una metodología similar a la planteada en el diagrama de flujo que se indica. También, en cuanto a la selección de los materiales y métodos para reparación y/o refuerzo estructural, será conveniente considerar el diagrama de flujo de la figura 4.4.1.

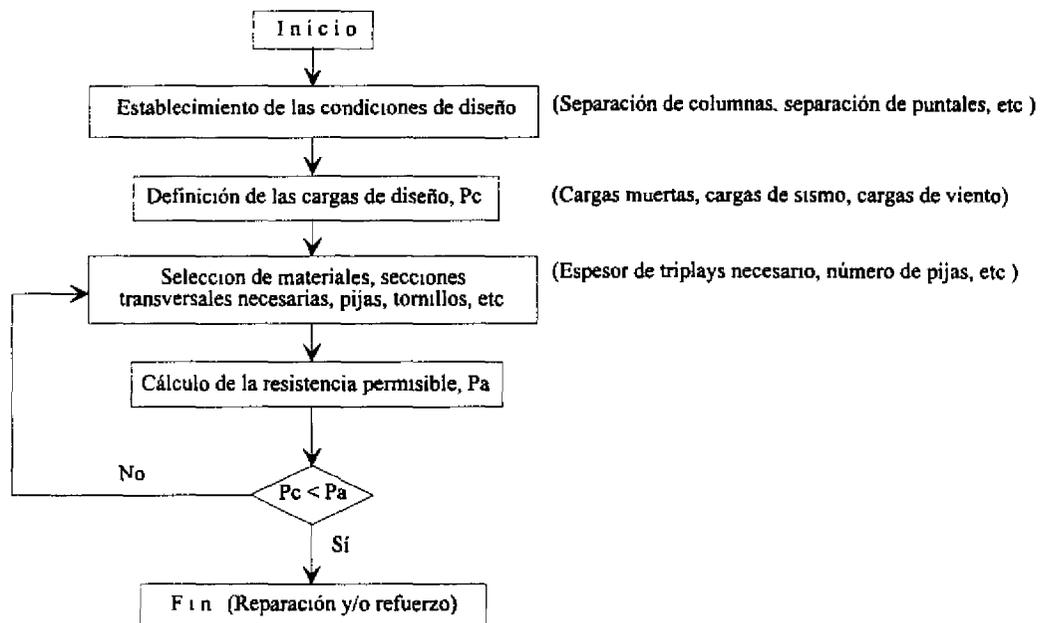


Figura comentario 4.4.1 Diagrama de Flujo para el Diseño de la Rehabilitación de la Unión

2. Método de Rehabilitación

Zona de daño	Condición de daño	Tipo de rehabilitación	Razón de selección y procedimiento	Figuras de referencia
Parte inferior de columnas	Fractura	Reparación	+ Columnas con posibilidad de restitución. Colocación de una nueva columna (levantando y sosteniendo con gatos hidráulicos a la estructura) + Columnas donde es difícil la restitución. Refuerzo de la zona fracturada con soleras de triplays y elementos metálicos de unión. Considerando las dimensiones de la zona dañada, cortar esa parte y colocar un segmento nuevo en su lugar Inyectar mortero entre la viga de anclaje a la cimentación y la estructura de cimentación en la vecindad de la reparación. Se deberá tener cuidado en proporcionar el tratamiento adecuado para evitar, por la humedad del mortero, problemas de intemperismo severo.	3 - 1
Unión viga-columna. preparación para apoyo de viga	Daño, agrietamiento	Reparación	Igual que el caso anterior. Se adicionarán columnas	3 - 1 3 - 2
Unión viga-columna. preparación para paso de viga	Fractura del material usado	Reparación	+ Adición de madera contrachapada en las partes fracturadas o dañadas. Para la unión de ésta se usarán conjuntamente pegamento y pijas, o tornillos en su defecto + Si se requiere, las vigas y viguetas se apoyarán en las columnas y postes. Se adicionarán columnas y/o postes metálicos para este efecto	3 - 2 3 - 3
Unión viga-columna	Pérdida de fijación	Reparación	+ Por medio de malacates y gruas se nivelará el edificio. También, se rigidizará con paneles de madera contrachapada. + Las vigas se fijarán a las columnas por medio de soleras de madera y tornillería + Donde se haya presentado desplazamiento relativo entre columnas y elementos adyacentes, se llevará a la columna a su posición original y se reforzará la unión con elementos metálicos y placas delgadas + Se fijará y sostendrá con puntales	3 - 4
Columna de esquina	Daño por flexión	Reparación Refuerzo	+ Adición de columnas y postes en el exterior, fijados con tornillos. + Construcción de cimentación para apoyar las columnas adicionadas, fijación de las mismas por medio de elementos metálicos + En caso de haber adicionado columnas de acero estructural, se deberán tomar las medidas y precauciones adecuadas en las zonas de unión de estas con las columnas de madera para evitar problemas de intemperismo por filtración de agua.	3 - 4
Columna	Daño por flexión	Refuerzo	+ Eliminación de la columna original y colocación de una nueva. + Refuerzo con elementos metálicos en los extremos superior e inferior de las columnas	3 - 5 3 - 6

4.4.5 Paneles Estructurales

Los procedimientos de rehabilitación de paneles dañados ante sismos, seguirán los lineamientos y principios que se enlistan.

- Si producto de la evaluación de la clasificación y nivel de daño, resultó que la edificación únicamente requiere de un proceso de reparación; así como si el daño fue producto de una fuerza sísmica incidente excesiva (cuando se presente una relación de resistencia calculada $\alpha > 1$); bastará únicamente con reparar los elementos que hayan presentado algún daño. También, si el daño en los elementos estructurales es producto del efecto secundario del daño en suelo y/o estructura de cimentación, se procederá a reparar los elementos dañados de la estructura.

-En aquellos casos no mencionados en el párrafo anterior, se seleccionará el procedimiento de reparación y/o refuerzo adecuado (dentro de los indicados en el subcapítulo 4.4.3 del presente cuerpo, conjuntamente con el procedimiento de cálculo del nivel necesario de refuerzo y del cálculo aproximado de la resistencia remanente), de tal manera que la relación de resistencia calculada después del refuerzo α_p , sea mayor o igual a la unidad.

Comentarios

1. Conceptos generales

Lo que se menciona como estructura panel, es lo definido en el punto 1.2 del subcapítulo de simbología, equivalente a la definición presentada en el artículo 46 del Reglamento para las Construcciones, o en el número 1100 de las publicaciones del Ministerio de la Construcción. El panel puede considerarse como un muro estructural, el cual estará conformado por arriostramiento diagonal, elementos de cubierta y un marco interior conformante. En general, se pueden considerar una gran cantidad de tipos de panel. La definición del porcentaje de paneles existentes, así como el porcentaje de paneles a adicionar, está en la tabla comentario 4.4.3. Las características del arriostramiento diagonal, así como de las uniones de los elementos conformantes del panel se presentan en la figura 4.1 del Apéndice de la Parte III; de igual manera, en la figura 4.2 del mismo Apéndice se presentan las características de los elementos de cubierta del panel.

Con respecto a la rehabilitación, se deberá elegir el procedimiento adecuado de manera que la relación de resistencia calculada α_p , después del procedimiento de refuerzo, sea mayor o igual a la unidad. Para ello se deberá considerar lo indicado en el subcapítulo 4.3 referente al cálculo del nivel de refuerzo necesario, considerando la resistencia remanente calculada. Sin embargo, si producto de la evaluación de la clasificación y nivel de daño (ver subcapítulo 1.1), resulta que únicamente se requiere reparar los elementos dañados, no será necesario realizar una investigación minuciosa; bastará con seleccionar el procedimiento de reparación adecuado para restituir el estado original de los elementos estructurales.

Para el cálculo de la relación de resistencia aproximada después del procedimiento de refuerzo α_p , se calculará en principio la relación de resistencia aproximada antes de la ocurrencia del daño (consultar subcapítulo 4.1). Considerando ese resultado y el de la resistencia remanente calculada (ver sección 4.3), se determinará el nivel de refuerzo requerido, y se podrá definir el procedimiento de reparación y/o refuerzo adecuados. Una vez seleccionado el procedimiento de refuerzo, se calculará la relación de resistencia aproximada posterior al refuerzo α_p , tal que sea mayor o igual a la unidad. Si es así el resultado, se puede proceder a la construcción.