



**PRESIDENCIA
DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA
DE VENEZUELA**

Comisión Presidencial para la
Evaluación de Habitabilidad de
Infraestructuras

**Comisión
Presidencial**
para la Evaluación
de Habitabilidad
de Infraestructuras

LINEAMIENTOS TÉCNICOS

EVALUACIÓN Y REPARACIÓN DE ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO CON DAÑO LEVE Y MODERADO POR SISMO

Documento de emergencia elaborado con motivo del sismo del 24 de junio de 2026



Urbanización Los Chaguaramos / Valle abajo, Aulas Departamento de Ingeniería Geodésica y
Agrimensura, Parroquia San Pedro, Caracas, Municipio Libertador, Distrito Capital



@COMISIONDEHABITABILIDAD



LINEAMIENTOS TÉCNICOS

EVALUACIÓN Y REPARACIÓN DE

ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO CON DAÑO LEVE Y MODERADO POR SISMO

Documento de emergencia elaborado con motivo del sismo del 24 de junio de 2026

Revisión	Fecha	Descripción	Páginas
5	31/07/2026	Incorporación de observaciones de miembros del comité	46
4	30/07/2026	Incorporación de observaciones de miembros del comité	46
3	26/07/2026	Incorporación de comité asesor, figuras y observaciones de miembros del comité	45
2	23/07/2026	Adecuación de formatos e incorporación de información	34
1	20/07/2026	Borrador preliminar para revisión del comité	15

COMITÉ TÉCNICO DE REDACCIÓN

El presente documento fue elaborado por el comité técnico que se detalla a continuación.

N.º	Nombre y Apellido	Profesión	Grado Académico	Institución
1	Ronald Torres Moreno	Ingeniero Civil	Doctor en Ingeniería Sísmica Dinámica de suelos y Estructuras	Universidad Central de Venezuela, VE
2	Eduardo Nuñez Castellanos	Ingeniero Civil	Doctor en Ingeniería Estructural	Universidad Católica de la Santísima Concepción, CH
3	Ramón Mata Lemus	Ingeniero Civil	Doctor en Ingeniería	Universidad San Sebastián, CH
4	Norberto Fernández	Ingeniero Civil	Magíster en Ingeniería Sismorresistente	Universidad Central de Venezuela, VE
5	José Gregorio Rengel	Ingeniero Civil	Magíster en Ingeniería Sismorresistente	Universidad Central de Venezuela, VE
6	Valentina Páez	Ingeniero Civil	Magíster en Ingeniería Sismorresistente	Universidad Central de Venezuela, VE
7	Ahmad Idrees Rustom	Ingeniero Civil	Magíster en Ingeniería Estructural	Universidad de Carabobo, VE

Coordinadores del Comité Técnico de Redacción:

Msc. Norberto Fernández — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Dr. Eduardo Nuñez — Universidad Católica de la Santísima Concepción, CH

COMITÉ TÉCNICO ASESOR DEL TERREMOTO

Msc. Gustavo Coronel — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Msc. Norberto Fernández — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Dr. Francisco Garcés — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Msc. Ahmad Idrees — Universidad de Carabobo, VE

Msc. José Jácome— CENVIH, VE

Dr. Óscar López — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Dr. Duilio Marcial — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Dr. Ángelo Marinilli — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE / Universidad Católica Andrés Bello, VE

Dr. Ramón Mata — Universidad San Sebastián, CH

Dr. Eduardo Nuñez — Universidad Católica de la Santísima Concepción, CH

Msc. Valentina Páez — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Msc. José Rengel — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Dr. Michael Schmitz— IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Dr. Ronald Torres — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

Msc. Alfredo Urich — ALCONPAT, VE

Coordinador del Comité Técnico Asesor del Terremoto:

Dr. Óscar López — IMME, Universidad Central de Venezuela, VE

ÍNDICE DE CONTENIDO

COMITÉ TÉCNICO DE REDACCIÓN	3
COMITÉ TÉCNICO ASESOR DEL TERREMOTO.....	4
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	5
PRÓLOGO	7
1. OBJETIVO.....	7
2. ALCANCE.....	7
3. REFERENCIAS NORMATIVAS	8
4. TÉRMINOS Y DEFINICIONES	9
5. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS	10
6. EVALUACIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL DAÑO	12
7. REPARACIÓN LOCAL DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	15
7.1 Introducción	15
7.2. Reparación de columnas.....	23
7.3. Clases de intervención y matriz de decisión en columnas	24
7.4. Procedimiento COL-01	27
7.5. Procedimiento COL-02	27
7.6. Procedimiento COL-03	28
7.7. Procedimiento COL-04	29
7.8. Procedimiento COL-05	30
7.9. Reparación de vigas.....	30
7.10. Clases de intervención y matriz de decisión en vigas	31
7.11. Procedimiento VIG-01	34
7.12. Procedimiento VIG-02	34
7.13. Procedimiento VIG-03	35
7.14. Procedimiento VIG-04	35
7.15. Reparación de nervios de losas nervadas armadas en una o dos direcciones	36
8. INYECCIÓN DE GRIETAS Y/O FISURAS	39
9. CONTROL DE CALIDAD, INSPECCIÓN Y ACEPTACIÓN	43
9.1. Plan de inspección y ensayos	43
9.2. Criterios de aceptación.....	44



9.3. No conformidades.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	45

PRÓLOGO

El sismo del 24 de junio de 2026 produjo daños extendidos en elementos de concreto armado, principalmente edificaciones de uso residencial, en varias regiones del país. La experiencia latinoamericana y la evidencia experimental internacional demuestran que es posible llevar a cabo la reparación y restitución de la condición original en la mayor parte de estos daños mediante técnicas normalizadas, siempre que se diagnostique correctamente el mecanismo de falla (INIFED 2021).

Estos lineamientos se elaboran con carácter de emergencia para orientar a profesionales y técnicos en la toma de decisiones para la reparación de columnas y vigas de concreto armado que hayan sido afectadas por el terremoto del 24 de junio del 2026, sin alterar el comportamiento dinámico previsto en el diseño sismorresistente original de la edificación.

El documento fue preparado por el comité técnico antes declarado y sigue la estructura de proyectos de normas venezolanas establecida en la guía GUI-DNO-001 de la Dirección de Normalización de SENCAMER (2021). Asimismo, se emplearon documentos técnicos de apoyo de México como los documentos preparados por INIFED y la Norma Técnica Complementaria para Evaluación y Rehabilitación Estructural de Edificios Existentes.

Es importante destacar que este documento no sustituye la evaluación estructural de la edificación. De igual forma, toda edificación con daños generalizados, hundimientos o desniveles deben ser evaluados por un ingeniero estructural.

1. OBJETIVO

1.1. Establecer los lineamientos generales que deben seguir los Ingenieros Responsables en la elaboración de los proyectos de reparación de los elementos de concreto armado con daño leve y/o moderado afectados por el terremoto del pasado 24 de junio de 2026.

2. ALCANCE

2.1. Se entiende por reparación, reestablecer las condiciones originales de los elementos estructurales dañados antes de la ocurrencia del terremoto y por tal motivo, estos lineamientos no

son suficientes en el caso de que se requiera elaborar un proyecto de reforzamiento estructural parcial o total de la edificación.

2.2. Es importante comprender que es muy probable que las edificaciones dañadas no cumplan con las normativas vigentes, ya sea por la data de la edificación o por problemas en la estructuración y/o diseño, sin embargo, la reparación de elementos dañados tiene por finalidad reestablecer la habitabilidad de la edificación y posteriormente se podrá evaluar la necesidad de un reforzamiento estructural global. Por otra parte, la adecuación o reforzamiento de una estructura busca proporcionar resistencia, rigidez y ductilidad de acuerdo a lo establecido con las nuevas exigencias sismorresistentes, lo cual está fuera del alcance de este documento.

2.3. Todos los proyectos de reparación deben ir acompañados de una memoria descriptiva y de los planos respectivos de detallado, debidamente firmados por un Ingeniero Estructural.

2.4. Este documento no contempla técnicas de reforzamiento, las cuales incrementan la rigidez y la resistencia por encima de las originales y modifican la respuesta dinámica global. Si la evaluación de vulnerabilidad indica la necesidad de reforzar, debe formularse un proyecto de rehabilitación conforme al Capítulo 12 de la Norma Venezolana Covenin 1756-1:2029.

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que, al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta guía. Se aplicará la edición vigente de cada documento.

- COVENIN 1756-1:2019. Construcciones Sismorresistentes. Parte 1: Requisitos.
- COVENIN 1753. Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural.
- COVENIN 2002:1988. Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones.
- SENCAMER (2021). GUI-DNO-001, Rev. 0: Estructura y Presentación de los Documentos Normativos. Dirección de Normalización.
- ACI CODE-562-25. Código para evaluación, reparación y rehabilitación de estructuras de concreto existentes.

- ACI SPEC-563-25. Especificación de referencia para construcción de reparaciones en edificios.
- ACI PRC-546-23. Guías para metodología, técnicas y selección de materiales de reparación.
- ASCE/SEI 41-23. Evaluación sísmica y objetivos de desempeño para edificios existentes.
- FEMA 306/307/308. Evaluación post-sismo, identificación de daños críticos y organización de inspecciones.
- INIFED 2021 y NTC de Ciudad de México Experiencia regional para evaluación, rehabilitación, dictámenes e inspección.

4. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

4.1. Adhesivo epóxico. Sistema epóxico de dos componentes del tipo tixotrópico para anclajes de cabillas.

4.2. Aditivo superplastificante. Es un compuesto químico que se añade a la mezcla de concreto para aumentar su fluidez sin necesidad de agregar agua, o bien para reducir el agua de mezcla manteniendo la misma trabajabilidad.

4.3. Conectores de corte. Son elementos metálicos esenciales que se instalan para garantizar la transferencia de esfuerzos entre la columna de concreto viejo (núcleo) y la nueva capa de concreto que se vacía a su alrededor.

4.4. Fibra de polipropileno. Su función principal es controlar la fisuración por contracción plástica durante las primeras horas del fraguado y reducir la permeabilidad del material final.

4.5. Fisura. Abertura en el plano de la pared de ancho menor que 0,5 mm.

4.6. Grieta. Abertura de ancho igual o mayor que 0,5 mm, producida cuando las tensiones internas superan la resistencia del material.

4.7. Inyección. Relleno a presión o por gravedad de fisuras y grietas con resina epóxica, lechada o mortero fluido, para restablecer la adherencia y el monolitismo.

4.8. Mortero fluido dosificado. Mortero preparado en sitio con la incorporación de cemento, agregados, incorporación de fibra y aditivos superplastificante y debe tener una consistencia fluida con asentamiento del orden de 8" a 10" y resistencia mínima f_c no menor de 300 kgf/cm². La proporción de cada componente es responsabilidad del ingeniero calculista.

4.9. Mortero fluido predosificado. Son morteros de cemento hidráulico de alta resistencia sin retracción, en donde se puede plantear la opción de incorporar arrocillo, fibra de polipropileno, aditivo superplastificante y resina acrílica dependiendo del espesor del elemento a conformar y de las especificaciones del producto a usar.

4.10. Mortero tixotrópico. Es un mortero predosificado de agregados especiales que da como resultado un mortero para reparaciones estructurales en superficies verticales y sobre cabeza, sin necesidad de utilizar encofrado por su consistencia tixotrópica.

4.11. Puente de adherencia. Sistema epóxico de 2 componentes utilizado para adherir concretos o morteros endurecidos a frescos.

4.12. Reforzamiento. Acciones constructivas para mejorar la capacidad estructural o sismorresistente de un elemento estructural, o de una edificación, mediante la modificación de su resistencia, rigidez o ductilidad (COVENIN 5008:2019).

4.13. Reparación. Acciones constructivas para restituir la capacidad estructural o sismorresistente de un elemento estructural dañado, o de una edificación dañada, sin incrementarla más allá de su condición inicial (COVENIN 5008:2019). También conocida como restauración.

4.14. Resina acrílica. Es un líquido usado como adhesivo especial para mezclas de cemento portland que mejora la adherencia e impermeabilización.

4.15. Resina para inyección. Base de resina epóxica para inyección a base de 2 componentes.

5. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

f_c Resistencia especificada a compresión del concreto, determinada a la edad establecida en el proyecto.



w	Ancho de fisura o grieta.
d_b	Diámetro nominal de una barra de refuerzo.
l_d	Longitud de desarrollo de una barra de refuerzo.
l_s	Longitud de empalme por solape.
h_e	Profundidad efectiva de empotramiento de un anclaje instalado posteriormente.
D_r	Diámetro remanente medido de una barra de refuerzo.
D_o	Diámetro nominal original de una barra de refuerzo.
P	Fuerza axial actuante.
V	Fuerza cortante actuante.
M	Momento flector actuante.
T	Momento torsor actuante.
A_s	Área de acero de refuerzo longitudinal.
A_v	Área de acero de refuerzo transversal que actúa dentro del espaciamiento considerado.
s	Separación entre estribos, ligaduras, conectores o puntos de inyección, según corresponda.
t	Espesor del material, de la capa de reparación o del elemento considerado.
r_c	Recubrimiento de concreto medido hasta la superficie exterior del acero de refuerzo.
L	Longitud o luz del elemento.
R1	Reparación localizada admisible, sujeta a verificación ordinaria.

- R2 Reconstrucción equivalente condicionada, que requiere descarga diseñada, memoria de cálculo e inspección especial.
- NA Intervención no admisible como reparación simple; requiere evaluación para reforzamiento, rehabilitación, reemplazo o demolición y queda fuera del alcance de estos lineamientos.
- COL Código de procedimiento aplicable a columnas.
- COL-## Identificación consecutiva de los procedimientos o condiciones de daño en columnas.
- VIG Código de procedimiento aplicable a vigas.
- VIG-## Identificación consecutiva de los procedimientos o condiciones de daño en vigas.
- RAP Repair Application Procedure — procedimiento de aplicación de reparación publicado por ACI.
- RAP-1 Procedimiento ACI para reparación de grietas mediante inyección de resina epóxica.

6. EVALUACIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL DAÑO

6.1. Toda inspección debe considerar los antecedentes de la estructura mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Información a consultar durante inspección.

Grupo	Información a consultar
Identificación	Ubicación, uso, propietario, año aproximado de construcción, número de pisos, importancia, ocupación y restricciones vigentes.
Documentación	Planos, memorias, especificaciones, estudios de suelo, registros de construcción, modificaciones, reparaciones previas y permisos.
Evento	Cronología, duración percibida, orientación del daño, observaciones de ocupantes y fallas de servicios.
Estructura	Sistema resistente, diafragmas, fundaciones, juntas, irregularidades, discontinuidades, elementos críticos y rutas de carga.

Grupo	Información a consultar
Materiales	Resistencia del concreto, acero, recubrimiento, corrosión, exposición, carbonatación, cloruros y antecedentes de deterioro.
Daño	Mapas por piso y elemento, fotografías con escala, croquis, anchos de grieta, desprendimientos, deformaciones, barras expuestas, pérdida de apoyo y evolución.
Entorno	Edificaciones adyacentes, golpes, asentamientos, deslizamientos, licuación, fugas, inundación y acceso de equipos.

Nota: la información mostrada deberá adecuarse a cada caso de estudio y no es condicionante para elaborar la propuesta de reparación dependiendo del tipo del daño.

6.2. En la Tabla 2 se muestran los criterios para realizar la reparación de elementos sin reforzamiento.

Tabla 2. Criterios para reparar sin reforzar.

Condición	Evidencia mínima esperada
Estabilidad	Inspección y análisis que demuestren ruta de carga segura, con obras temporales cuando sean necesarias.
Mecanismo identificado	Patrón de grietas, daño, demanda y detalles consistentes con un mecanismo definido.
Capacidad restaurable	Cálculo o evaluación que muestre que la sección reparada, con propiedades especificadas, cumple el criterio adoptado.
Refuerzo recuperable	Barras sin fractura o pandeo irreparable; o reemplazo equivalente diseñado y ejecutable.
Sustrato competente	Concreto remanente con integridad, resistencia y geometría suficientes para transferir esfuerzos.
Deformaciones aceptables	Desplomes, flechas y desplazamientos residuales dentro de límites establecidos para el objetivo.
Deficiencias preexistentes tratadas	No existe una vulnerabilidad que haga técnicamente improcedente devolver el elemento a su condición anterior.

Condición	Evidencia mínima esperada
Factibilidad de construcción	Acceso, secuencia, apuntalamiento, consolidación, curado e inspección son viables.

6.3. La decisión puede estar basada en el siguiente diagrama de flujo mostrado en Figura 1.

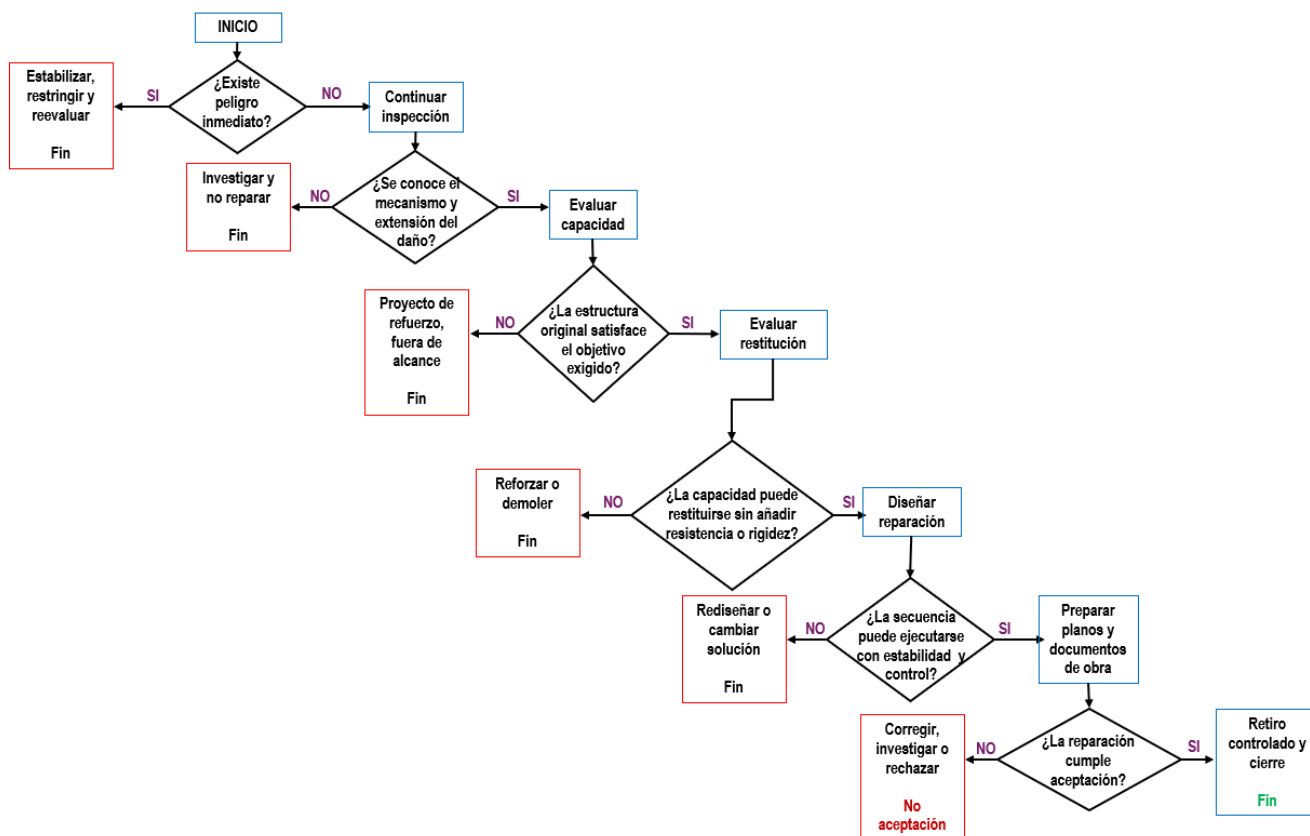


Figura 1. Flujo para toma de decisiones. Elaboración propia.

6.4. La clasificación del daño puede ser realizada según los criterios establecidos en el Boletín 61 de la ANIH 2023, los cuales son mostrados en la Figura 2.

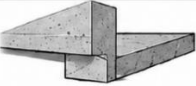
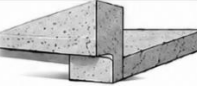
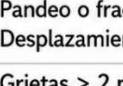
	Sin daño / Leve	Moderado	Severo / Completo
VIGA (flexión/cortante)	 Grietas < 1 mm	 Grietas entre 1 y 2 mm	 - Grietas > 2 mm - Caída de recubrimiento - Pandeo o fractura de barras - Desplazamiento residual
COLUMNA (sísmica)	 Grietas < 1 mm	 Grietas entre 1 y 2 mm	 - Grietas > 2 mm - Caída de recubrimiento - Pandeo o fractura de barras - Desplazamiento residual
LOSA / UNIÓN (referencia)	 Grietas < 1 mm	 Grietas entre 1 y 2 mm	 - Grietas > 2 mm - Caída de recubrimiento - Pandeo o fractura de barras - Desplazamiento residual

Figura 2. Clasificación de daño por tipo de elemento. Adaptada del Boletín 61 ANIH (2023).

7. REPARACIÓN LOCAL DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

7.1 Introducción

7.1.1. La reparación puntual de un elemento estructural de concreto se realiza cuando se requiere recuperar la capacidad original. Si por algún motivo los elementos dañados requieren un reforzamiento, lo que escapa del alcance de estos lineamientos, los mismos deberán ser reparados con anterioridad.

7.1.2. La reparación de un elemento de concreto armado consiste en la colocación de un material compatible con el concreto desprendido y triturado. Usualmente se usan morteros predosificados de alta resistencia para reparación estructural o morteros dosificados en sitio.

7.1.3. Todos los productos a usar, ya sean resinas epóxicas y/o morteros de reparación tienen diferentes formas de ser aplicados y por tal motivo en el desarrollo del proyecto debe estar bien definidos su uso y las técnicas de aplicación.

7.1.4. Un procedimiento general de ejecución puede tener la siguiente secuencia y se muestra en Figura 3:

- a) Confirmar liberación del área, permisos, planos vigentes y reunión previa de obra.
- b) Instalar y precargar, cuando corresponda, el apuntalamiento y la instrumentación; registrar lecturas iniciales.
- c) Marcar límites de intervención y ubicación de armaduras/instalaciones mediante escaneo y calas.
- d) Realizar cortes perimetrales controlados y retirar concreto no competente con método que minimice microfisuración y daño al sustrato.
- e) Detener ante daño oculto, barras no previstas, pérdida de sección mayor, concreto de mala calidad o cambio del mecanismo; emitir consulta técnica.
- f) Limpiar y preparar concreto y acero; verificar perfil, humedad, geometría y continuidad en puertos.
- g) Instalar reemplazos equivalentes, empalmes, separadores y encofrados; inspeccionar antes del cierre.
- h) Colocar el material dentro de su tiempo de uso, consolidar sin segregación y controlar temperatura, espesor y fugas.
- i) Curar y proteger contra vibración, carga prematura, lluvia, viento, sol, pérdida de humedad y temperaturas fuera del rango aprobado.
- j) Ejecutar ensayos y reparación de defectos; mantener apuntalamiento hasta cumplir criterios.
- k) Retirar apuntalamiento por etapas, monitorear respuesta y registrar lecturas finales.
- l) Completar acabados compatibles, planos conforme a obra, informe y plan de seguimiento.

Secuencia para la reparación local de elementos estructurales de concreto armado



Figura 3. Secuencia general para reparación. Elaboración propia.

7.1.5 Un procedimiento general para la remoción de concreto se muestra en Figura 4 y se describe a continuación:

- a) Los límites se definirán hasta concreto sano y competente. No se dejarán bordes biselados muy delgados, superficies pulidas, lechada, polvo o material fracturado.
- b) Los cortes perimetrales deben evitar cortar barras y controlar el borde. La profundidad se ajustará a la geometría, recubrimiento y técnica de colocación.
- c) Los martillos o equipos de impacto, livianos de baja energía, deben limitar energía y tamaño según la sensibilidad del elemento. En zonas críticas puede ser necesario hidro-demolición o herramientas livianas.
- d) Cuando se exponga una barra, la remoción alrededor de ella debe permitir limpieza, inspección y envolvimiento del material de reparación según el detalle aprobado.
- e) No se debe demoler simultáneamente todo el perímetro de una columna cargada salvo que el diseño temporal lo permita expresamente.
- f) El concreto removido se examinará para detectar planos de delaminación, corrosión, segregación, vacíos, contaminación o grietas profundas.

Secuencia para la remoción del concreto



Figura 4. Secuencia general para remoción del concreto. Elaboración propia.

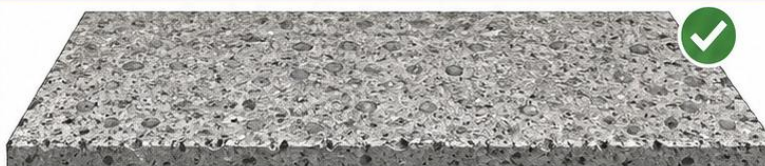
7.1.6 Un procedimiento general para la preparación del sustrato se muestra en Figura 5 y se describe a continuación:

- a) El sustrato debe estar limpio, rugoso según el método de reparación empleado, libre de polvo, lechada, aceite, selladores, partículas sueltas y agua empozada.
- b) La condición de humedad se ajustará al material: seco para ciertos epóxicos; saturado superficialmente seco para muchos materiales cementicios. Se seguirá la especificación, no una regla universal.
- c) La rugosidad se verificará mediante referencia de perfil, panel o método especificado. Un puente de adherencia no compensa una superficie inadecuada.
- d) Las superficies deben protegerse después de la preparación para evitar contaminación y secado no controlado.

Secuencia para la preparación del sustrato

a

El sustrato debe estar limpio, rugoso según el sistema, libre de polvo, lechada, aceite, selladores, partículas sueltas y agua empozada.



POLVO



LECHADA



ACEITE



SELLADORES



PARTÍCULAS
SUeltas



AGUA
EMPOZADA

b

La condición de humedad se ajustará al material: seco para ciertos epóxicos; saturado superficialmente seco para muchos materiales cementicios. Se seguirá la especificación, no una regla universal.



SECO

para ciertos epóxicos



Contenido
de humedad
bajo

DEPENDE
DEL MATERIAL



SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (SSS)

para muchos materiales cementicios



Superficie SSS
sin agua libre



c

La rugosidad se verificará mediante referencia de perfil, panel o método especificado. Un puente de adherencia no compensa una superficie inadecuada.

VERIFICACIÓN DE RUGOSIDAD

REFERENCIA DE PERFIL
(p. ej., ICRI CSP)



PANEL DE COMPARACIÓN
DE PERFIL



MÉTODO ESPECIFICADO
(p. ej., medidor electrónico)



**PUNTE DE ADHERENCIA
NO COMPENSA**



La preparación del sustrato es crítica. No confíe en puentes de adherencia para corregir una superficie inadecuada.

d

Las superficies deben protegerse después de la preparación para evitar contaminación y secado no controlado.



EVITAR
CONTAMINACIÓN



PROTEGER DEL
POLVO Y RESIDUOS



EVITAR
SECADO NO
CONTROLADO



PROTEGER DE
CORRIENTES
DE AIRE



PROTEGER DE
LLUVIA E
HUMEDAD



**Control y protección del
sustrato preparado**



Figura 5. Secuencia general para la preparación del sustrato. Elaboración propia.

7.1.7 Un procedimiento general para el tratamiento del acero se muestra en Figura 6 y se describe a continuación:

- a) Eliminar concreto y productos sueltos hasta permitir inspección completa de la zona afectada.
- b) Limpiar el acero al grado definido por la especificación, sin reducir su sección ni dañar nervaduras.
- c) Medir diámetro remanente y extensión de pérdida. Comparar con el umbral definido por el diseñador; no aplicar porcentajes genéricos sin análisis.
- d) No enderezar barras pandeadas ni calentarlas en obra sin procedimiento metalúrgico y estructural aprobado.
- e) No soldar barras de composición o soldabilidad desconocida.
- f) Los recubrimientos anticorrosivos o inhibidores se utilizarán solo si son compatibles con adherencia, anclaje y sistema de reparación.



El método se seleccionará por el mecanismo de daño y no únicamente por el ancho visible de las grietas.

7.2.2 Antes de retirar concreto se debe conocer la carga que soporta la columna durante la obra, la fracción que será transferida a puntales o pórticos temporales y la deformación admisible durante la descarga y recarga. Una reparación ejecutada con un estado de carga no definido puede quedar solicitada desde el primer momento o introducir redistribuciones no previstas.

7.2.3 Inspeccionar las cuatro caras, el nodo superior e inferior, la continuidad a través de la losa y el estado de columnas alineadas en pisos adyacentes.

7.2.4 Medir desplome, acortamiento residual, desplazamiento del piso y apertura de grietas bajo condiciones de carga conocidas.

7.2.5 Localizar barras longitudinales y transversales, empalmes, recubrimientos y posibles tuberías de servicios embebidas antes de cortar.

7.2.6 No demoler simultáneamente el perímetro completo de una columna cargada salvo que la descarga total y el procedimiento hayan sido diseñados expresamente para ello.

7.3. Clases de intervención y matriz de decisión en columnas

7.3.1 Para este lineamiento se utilizan tres clases de decisión. R1 corresponde a reparación localizada admisible con verificación ordinaria; R2 corresponde a reconstrucción equivalente condicionada, con descarga diseñada, inspección especial y memoria de cálculo; NA identifica daños que no deben tratarse como reparación simple y que están fuera del alcance de este documento. En la Tabla 3 se muestra la clase del daño y la decisión a adoptar, mientras que en la Figura 7 se muestra el tipo de daño en columna.

Tabla 3. Clase de intervención y matriz de decisión en columnas.

Código	Condición observada	Clase	Decisión básica
COL-01	Grieta superficial o de retracción; sin relación con el mecanismo sísmico	R1	Sellado/protección; no atribuir recuperación estructural.

Código	Condición observada	Clase	Decisión básica
COL-02	Grietas a flexión; núcleo y acero competentes	R1	Inyección estructural si se requiere continuidad; verificar estado de carga.
COL-03	Desprendimiento de recubrimiento; núcleo intacto; estribos y barras sin deformación	R1	Reparación localizada con mortero, microconcreto o sistema encofrado.
COL-04	Aplastamiento localizado del concreto confinado sin inestabilidad de barras	R2	Reconstrucción equivalente de la zona después de descarga y exposición integral.
COL-05	Barra longitudinal pandeada	R2	No enderezar por defecto; reemplazo equivalente del tramo bajo descarga o reforzamiento.
COL-06	Fisuración longitudinal por adherencia	NA	Se encuentra fuera del alcance de este documento
COL-07	Estribos abiertos, fracturados o con pérdida de anclaje	NA	Se encuentra fuera del alcance de este documento
COL-08	Barra longitudinal fracturada o con pérdida relevante de sección	NA	Se encuentra fuera del alcance de este documento
COL-09	Agrietamiento diagonal por corte o falla de compresión diagonal	NA	Se encuentra fuera del alcance de este documento
COL-10	Gran acortamiento, desplome o deriva residual asociada	NA	Se encuentra fuera del alcance de este documento
COL-11	Daño del nodo o pérdida de anclaje de vigas	NA	Se encuentra fuera del alcance de este documento

Daños en columnas de concreto armado: clase y decisión básica

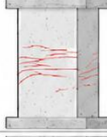
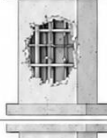
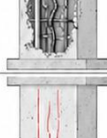
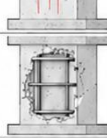
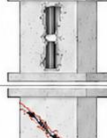
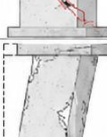
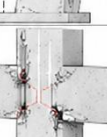
Código	Condición observada	Esquema del daño	Clase	Decisión básica
COL-01	Grieta superficial o de retracción; sin relación con el mecanismo sísmico		R1	Sellado/protección; no atribuir recuperación estructural.
COL-02	Grietas a flexión; núcleo y acero competentes		R1	Inyección estructural si se requiere continuidad; verificar estado de carga.
COL-03	Desprendimiento de recubrimiento; núcleo intacto; estribos y barras sin deformación		R1	Reparación localizada con mortero, microconcreto o sistema encofrado.
COL-04	Aplastamiento localizado del concreto confinado sin inestabilidad de barras		R2	Reconstrucción equivalente de la zona después de descarga y exposición integral.
COL-05	Barra longitudinal pandeada		R2	No enderezar por defecto; reemplazo equivalente del tramo bajo descarga o reforzamiento.
COL-06	Fisuración longitudinal por adherencia		NA	Se encuentra fuera del alcance de este documento
COL-07	Estribos abiertos, fracturados o con pérdida de anclaje		NA	Se encuentra fuera del alcance de este documento
COL-08	Barra longitudinal fracturada o con pérdida relevante de sección		NA	Se encuentra fuera del alcance de este documento
COL-09	Agrietamiento por corte o falla de compresión diagonal		NA	Se encuentra fuera del alcance de este documento
COL-10	Gran acortamiento, desplome o deriva residual asociada		NA	Se encuentra fuera del alcance de este documento
COL-11	Daño del nodo o pérdida de anclaje de vigas		NA	Se encuentra fuera del alcance de este documento

Figura 7. Tipo de daño en columna. Elaboración propia.

7.4. Procedimiento COL-01

7.4.1 Aplica a grietas atribuibles por desprendimientos superficiales, sin patrón sísmico, sin cambio de ancho bajo carga y sin pérdida de adherencia o sección. A continuación, se describe el proceso de intervención:

- a) Confirmar mediante mapa de grietas, fotografías previas y monitoreo que la grieta no corresponde a flexión, corte, adherencia o aplastamiento sísmico.
- b) Limpiar la traza con métodos que no ensanchen ni dañen el concreto. Retirar recubrimientos que impidan inspeccionar la profundidad.
- c) Seleccionar sellador rígido o flexible según movimiento esperado, exposición y objetivo de durabilidad. El sellado flexible no se contabilizará como restitución de resistencia.
- d) Antes de la aplicación del sellador debe colocarse un puente de adherencia.
- e) Preparar bordes y aplicar el material conforme a la ficha técnica, controlando humedad, temperatura y compatibilidad con el acabado.
- f) Registrar longitud, ancho, producto y fecha; verificar que no reaparezca el patrón durante el período de observación definido.

7.5. Procedimiento COL-02

7.5.1 Aplica a grietas transversales o aproximadamente horizontales asociadas a flexión, con concreto no triturado, barras sin pandeo y anclajes competentes. La inyección se utiliza para restablecer continuidad y estanqueidad, no para reemplazar acero ni confinamiento. A continuación, se describe el proceso de intervención:

- a) Definir el estado de carga de reparación. El ingeniero especificará si la columna se mantiene cargada, se descarga parcialmente o se descarga hasta un nivel objetivo, y cómo se medirá el cierre de la grieta.
- b) Verificar que la grieta no esté activa. Una grieta estructural activa no se inyectará con resina rígida hasta controlar su causa.
- c) Retirar pinturas o revestimientos en una banda suficiente; limpiar sin introducir agua, polvo o contaminantes incompatibles.



- d) Seleccionar resina conforme a ACI 548.15 y ASTM C881 o especificación equivalente, considerando ancho —la inyección de fisuras cercanas a 0,05 mm exige productos y equipos apropiados—, humedad, temperatura, orientación y tiempo de trabajo.
- e) Instalar puertos y sello superficial. Comprobar la comunicación entre puertos con presión baja y un medio compatible; no usar presiones capaces de propagar la grieta o levantar el recubrimiento.
- f) Inyectar desde el puerto inferior hacia arriba en grietas verticales o según la trayectoria hidráulica definida. Cerrar cada puerto al observar llegada estable al siguiente y registrar presión, volumen y tiempo.
- g) Mantener el estado de carga y la temperatura dentro del intervalo especificado hasta el curado. Retirar puertos y sellos solo después de alcanzar la condición indicada por el fabricante.
- h) Verificar llenado mediante testigos, ultrasonido, impacto-eco, núcleos selectivos o combinación especificada. La inspección visual del sello no es evidencia suficiente.

7.6. Procedimiento COL-03

7.6.1 Aplica a desprendimiento localizado del recubrimiento o concreto no confinado, sin trituración del núcleo, sin apertura o fractura de estribos y sin deformación permanente del acero longitudinal. A continuación, se describe el proceso de intervención:

- a) Instalar el apuntalamiento requerido y registrar deformaciones. Marcar el límite preliminar de demolición con base en percusión, termografía u otro método de detección de delaminaciones.
- b) Localizar el acero. Ejecutar cortes de borde de profundidad controlada para evitar bordes en pluma, sin alcanzar barras o estribos.
- c) Retirar concreto no competente con herramientas de bajo impacto, trabajando desde zonas dañadas hacia concreto sano. Detener si se detectan grietas del núcleo, estribos deformados o barras inestables.
- d) Exponer completamente la periferia de barras con corrosión o pérdida de adherencia en la longitud necesaria para inspección, limpieza y encapsulado. El espacio libre detrás de la barra será suficiente para retirar concreto fracturado y colocar el material sin vacíos, respetando el tamaño máximo de agregado y las instrucciones del sistema.



- e) Medir diámetros y pérdida de sección; documentar los resultados antes de limpiar. Limpiar acero y concreto hasta la condición especificada. No aplicar pasivadores o puentes de adherencia incompatibles con el material de reparación.
- f) Preparar el sustrato con perfil apropiado. Para materiales cementicios llevar a condición saturada-superficialmente-seca sin agua libre, salvo que el sistema exija otra condición; para resinas cumplir la condición de humedad indicada por el fabricante.
- g) Instalar encofrado estanco, puntos de inyección o guías. Colocar mortero estructural, microconcreto, concreto o material bombeable en capas compatibles con la orientación y espesor, evitando aire atrapado.
- h) Curar por el método y tiempo especificados; proteger de vibraciones, impactos, insolación y pérdida rápida de humedad.
- i) Inspeccionar por percusión y ensayos de adherencia/resistencia previstos. Retirar el apuntalamiento en etapas, registrando deformación y fisuración.

7.7. Procedimiento COL-04

7.7.1 Aplica a zona localizada de concreto confinado fisurado o aplastado, pero sin mecanismo global inestable, sin pérdida generalizada de confinamiento y con posibilidad demostrada de restituir la sección original. A continuación, se describe el proceso de intervención:

- a) Diseñar una transferencia temporal de carga capaz de estabilizar la columna y sus nodos.
- b) Descargar por etapas definidas. Como pauta de planificación, los incrementos de toma o devolución de carga deben ser suficientemente pequeños para detectar respuesta anómala; el valor exacto se fijará en el procedimiento de obra.
- c) Demoler por caras o sectores, conservando un núcleo estable. No retirar simultáneamente todo el concreto alrededor del perímetro salvo descarga total y detalle específico.
- d) Alcanzar concreto sano más allá de la zona triturada y exponer el acero necesario.
- e) Instalar encofrado de alta estanqueidad, ventanas de inspección y venteos en puntos altos.
- f) Colocar microconcreto, concreto autocompactante, grout estructural o sistema bombeado desde el punto bajo hacia los venteos, manteniendo presión o carga hidráulica controlada para llenar alrededor de las barras.



- g) Curar y mantener la descarga hasta alcanzar la resistencia, adherencia y rigidez mínima definidas para iniciar la recarga.
- h) Devolver la carga gradualmente. Detener ante fisuración nueva, pérdida de carga en puntales, acortamiento no previsto o desplazamiento lateral.

7.8. Procedimiento COL-05

7.8.1 Para este caso no se debe enderezar el acero de refuerzo, se debe proveer un reemplazo equivalente del tramo bajo descarga o reforzamiento. A continuación, se describe el proceso de intervención:

- a) Estabilizar y descargar la columna. Identificar el tramo completo entre estribos y la extensión de la zona plástica; revisar barras aparentemente rectas por deformación residual o fisuras.
- b) Definir puntos de corte fuera de la zona dañada y con longitud suficiente para los empalmes. No cortar simultáneamente todas las barras de una cara sin secuencia diseñada.
- c) Seleccionar reemplazo equivalente con acero compatible mediante empalme por solape.
- d) Instalar el tramo nuevo respetando alineación, recubrimiento y posición original. Los empalmes se escalonarán cuando sea posible y se verificará que no creen una sección débil no prevista.
- e) Restituir todos los estribos y amarres que confinan el tramo reemplazado. Un reemplazo de barra sin recuperar el confinamiento no es aceptable.
- f) Reconstruir el concreto, curar y recargar gradualmente con instrumentación.

7.9. Reparación de vigas

7.9.1 La reparación de vigas debe considerar su función en el sistema resistente, la colaboración de la losa, la torsión, los anclajes dentro del nodo y el estado de carga durante la intervención. Una misma grieta puede tener consecuencias distintas en una viga de gravedad, una viga de pórtico a momento, una viga de acoplamiento o un colector. Una secuencia general puede ser:

- a) Identificar la función: gravedad, pórtico a momento, acoplamiento, colector, borde de diafragma, transferencia o soporte de elementos no estructurales.
- b) Inspeccionar cara inferior, laterales y superior; retirar acabados localmente para observar la interfaz con la losa y el nodo.



- c) Medir flecha, rotación residual, pérdida de apoyo, desplazamiento de barras y separación viga-columna.
- d) Diseñar apuntalamiento de la viga y de las cargas tributarias de losa, tabiques, fachada y equipos. Controlar estabilidad lateral durante demolición.
- e) Definir el estado de carga de reparación; la inyección realizada con la viga completamente cargada puede sellar la grieta sin recuperar la rigidez esperada al recargar.

7.10. Clases de intervención y matriz de decisión en vigas

7.10.1 Para este lineamiento se utilizan tres clases de decisión. R1 corresponde a reparación localizada; R2 corresponde a reconstrucción equivalente condicionada a inspección especial y memoria de cálculo; NA identifica daños que no deben tratarse como reparación simple y que están fuera del alcance de este documento. En la Tabla 4 se muestra la clase del daño y la decisión a adoptar, mientras que en la Figura 8 se muestra el tipo de daño en viga.

Tabla 4. Clase de intervención y matriz de decisión en vigas.

Código	Condición observada	Clase	Decisión básica
VIG-01	Grietas a flexión inactivas, sin pérdida de sección	R1	Inyección estructural; definir carga y verificar anclajes.
VIG-02	Desprendimiento de recubrimiento, núcleo y estribos intactos	R1	Reparación localizada y control de adherencia.
VIG-03	Rótula plástica con pérdida de recubrimiento; núcleo estable	R2	Reconstrucción equivalente, inspección de barras y estribos.
VIG-04	Aplastamiento del núcleo o pérdida de altura efectiva	R2	Reconstrucción solo si puede restituirse sección y acero bajo descarga.
VIG-05	Grietas diagonales por corte	R2	Inyección solo para daño leve o moderado; aplicar lo establecido en sección 8.

Código	Condición observada	Clase	Decisión básica
VIG-06	Estribos abiertos/fracturados	NA	Reposición equivalente si puede verificarse cierre y anclaje.
VIG-07	Pandeo o fractura de barras longitudinales	NA	Reemplazo equivalente del tramo; revisar nodo y losa.
VIG-08	Deslizamiento de barras o pérdida de anclaje en nodo	NA	Estabilización inmediata y proyecto específico.
VIG-09	Daño por torsión con fisuración envolvente	NA	Evaluar estribos cerrados y barras longitudinales; frecuente necesidad de reforzamiento.
VIG-10	Flecha o rotación residual importante	NA	Determinar causa; no ocultar deformación con recrecidos.
VIG-11	Pérdida o daño del apoyo	NA	Estabilización inmediata y proyecto específico.

Daños en vigas de concreto armado: clase y decisión básica

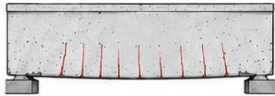
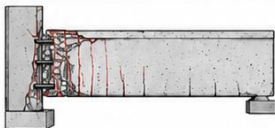
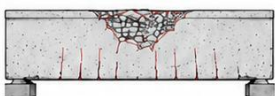
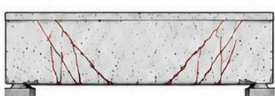
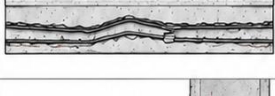
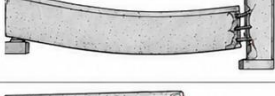
Código	Condición observada	Esquema del daño	Clase	Decisión básica
VIG-01	Grietas a flexión inactivas, sin pérdida de sección		R1	Inyección estructural; definir carga y verificar anclajes.
VIG-02	Desprendimiento de recubrimiento, núcleo y estribos intactos		R1	Reparación localizada y control de adherencia.
VIG-03	Rótula plástica con pérdida de recubrimiento; núcleo estable		R2	Reconstrucción equivalente, inspección de barras y estribos.
VIG-04	Aplastamiento del núcleo o pérdida de altura efectiva		R2	Reconstrucción solo si puede restituirse sección y acero bajo descarga.
VIG-05	Grietas diagonales por corte		R2	Inyección solo para daño leve o moderado; aplicar lo establecido en sección 8.
VIG-06	Estribos abiertos/ fracturados		NA	Reposición equivalente si puede verificarse cierre y anclaje.
VIG-07	Pandeo o fractura de barras longitudinales		NA	Reemplazo equivalente del tramo; revisar nodo y losa.
VIG-08	Deslizamiento de barras o pérdida de anclaje en nodo		NA	Estabilización inmediata y proyecto específico.
VIG-09	Daño por torsión con fisuración envolvente		NA	Evaluar estribos cerrados y barras longitudinales; frecuente necesidad de reforzamiento.
VIG-10	Flecha o rotación residual importante		NA	Determinar causa; no ocultar deformación con recrecidos.
VIG-11	Pérdida o daño del apoyo			Estabilización inmediata y proyecto específico.

Figura 8. Tipo de daño en viga. Elaboración propia.

7.11. Procedimiento VIG-01

- a) Mapear las grietas y distinguir flexión positiva, flexión negativa y fisuras de losa. Medir flecha y ancho bajo carga conocida.
- b) Comprobar que no existen grietas diagonales críticas, aplastamiento, pérdida de apoyo, deslizamiento de barras o daño del nodo.
- c) Diseñar el nivel de descarga. Si se pretende recuperar participación estructural, controlar el cierre de la grieta antes de inyectar; si se inyecta bajo carga de servicio, documentar qué parte de la demanda quedará en el acero y qué función cumple la resina.
- d) Preparar, sellar e instalar puertos. Para grietas horizontales accesibles desde arriba puede evaluarse alimentación por gravedad con resina de baja viscosidad; no usarla cuando no pueda demostrarse penetración.
- e) Inyectar siguiendo ACI 548.15/ACI RAP-1 y el procedimiento aprobado, con presión limitada, control de volumen y venteo.
- f) Curar sin alterar el estado de carga. Verificar llenado mediante testigos y retirar el apuntalamiento por etapas.
- g) Medir flecha y reapertura después de recargar. Una grieta que vuelve a abrir de forma significativa requiere reevaluación del mecanismo.

7.12. Procedimiento VIG-02

- a) Apuntalar cuando la demolición reduzca la sección resistente o afecte la adherencia de barras inferiores/superiores.
- b) Localizar acero y barras de losa. Cortar bordes sin dañar refuerzo; retirar concreto no competente con bajo impacto.
- c) Exponer y limpiar la periferia de barras afectadas. Inspeccionar estribos y anclajes; medir pérdida de sección antes de limpiar.
- d) Preparar el sustrato y fijar encofrado estanco con venteos. Aplicar puente de adherencia. Para reparaciones de cara inferior, seleccionar un método que garantice contacto y llenado sobre las barras: aplicación manual en capas, encofrado y bombeo, o material tixotrópico precalificado.
- e) Colocar desde el punto bajo o desde un extremo para desplazar aire. No cerrar la cara inferior sin comprobar el llenado detrás de las barras.



- f) Curar, inspeccionar por percusión y ensayar. Transferir carga gradualmente y medir flecha.

7.13. Procedimiento VIG-03

- a) Apuntalar la viga y la losa a ambos lados de la región, evitando introducir una inversión de momento no considerada.
- b) Marcar la extensión de la zona plástica observada. Demoler hasta concreto sano, exponiendo la longitud necesaria de barras y estribos para verificar deformación, separación y anclaje.
- c) Ejecutar mediciones de diámetro, curvatura residual de barras, estado de estribos y movimiento en la cara del nudo. Si existe pandeo, fractura o deslizamiento, cambiar al procedimiento correspondiente.
- d) Restituir fijaciones, separadores y geometría originales. No agregar barras, placas o confinamiento externo bajo la denominación de reparación.
- e) Adicionar conectores de corte para anclar a núcleo.
- f) Usar encofrado y material que llenen bajo la losa y alrededor de armaduras congestionadas; prever venteos en la interfaz superior.
- g) Curar y recargar gradualmente. Controlar rotación, flecha y fisuras en la cara del nudo.

7.14. Procedimiento VIG-04

- a) Desarrollar análisis avanzado del pórtico, del nodo y de la viga durante cada etapa. Diseñar apuntalamiento para gravedad y estabilidad lateral.
- b) Demoler por etapas hasta concreto sano, preservando la losa y el núcleo del nodo. Evitar impactos que propaguen fisuras hacia la columna.
- c) Inspeccionar barras superiores, inferiores, de losa y estribos. Verificar si la altura efectiva y la trayectoria del puntal comprimido pueden restituirse.
- d) Reponer acero dañado únicamente mediante detalle equivalente aprobado. La incorporación de acero adicional, perfiles, placas o FRP es reforzamiento.
- e) Presentar la colocación del encofrado cuando la región sea congestionada para asegurar su funcionalidad. Bombear o verter material desde un extremo/punto bajo hasta venteos superiores.
- f) Mantener apuntalamiento hasta cumplir resistencia, módulo/adherencia y curado. Recargar por etapas con medición de flecha y rotación.



7.15. Reparación de nervios de losas nervadas armadas en una o dos direcciones

7.15.1. A continuación, se presenta un procedimiento para reparación de nervios que presentaron desprendimiento en su parte inferior. Asimismo, en la Figura 9 se muestra el procedimiento recomendado.

- a) Evaluación y cálculo para la colocación del apuntalamiento necesario en la vecindad de los elementos a reparar, previo a cualquier demolición e intervención.
- b) Sondear (mediante impactos con martillo u otro método) el concreto para localizar las áreas dañadas.
- c) Delimitar la zona a demoler con corte de disco de diamante y una profundidad de corte de 20 mm con la finalidad de proporcionar un borde vertical (ángulos rectos) para el material de reparación. No realizar cortes al acero de refuerzo.
- d) Demolición y escarificación con martillos roto-percutores livianos de baja energía y herramientas manuales de todo el concreto afectado.
- e) La demolición debe descubrir el acero longitudinal hasta una distancia de aproximadamente 2,0 cm por detrás de la barra o hasta alcanzar el concreto sano.
- f) Generar una superficie rugosa por exposición del agregado grueso con perfil de aproximadamente 6 mm. Este proceso se puede realizar por medios mecánicos manuales y su control de calidad es fundamental para contribuir a garantizar una buena adherencia entre el concreto existente y el nuevo.
- g) Eliminar todo material suelto o semiadherido y proceder a la limpieza de toda la superficie expuesta con chorro de aire comprimido limpio y/o agua a alta presión (2500 psi).
- h) Si en el acero de refuerzo se presenta la presencia del fenómeno de la corrosión limpiar la superficie mediante cepillo metálico por proceso manual o eléctrico. En este punto se debe evaluar si las barras perdieron sección de acero considerable y deben ser reemplazadas. Se recomienda sustituir los aceros cuando se pierda aproximadamente un 25% de la sección transversal.
- i) Si el acero de refuerzo está fracturado o pandeado proceder a su reemplazo.
- j) Para el reemplazo de los aceros longitudinales se debe tener en cuenta lo siguiente:



- i. Si el acero a reemplazar se encuentra en el tramo central del nervio, la sustitución se puede hacer por medio de la técnica de solapes y cumpliendo los valores normativos en función a los diámetros de las cabillas.
 - ii. En cambio, si el acero a reemplazar se encuentra cerca de la viga, un extremo se debe anclar a su cara con adhesivo epóxico y el otro extremo en el nervio por medio de solape.
- k) Se debe instalar conectores de corte de diámetro 9 mm en forma de bastón espaciados a cada 40 cm, colocados mediante resina epóxica y con una profundidad de anclaje de 10 cm.
 - l) Se procede a encofrar la parte inferior del nervio dejando un recubrimiento de 2 cm.
 - m) Colocar sobre la superficie de concreto rugosa, un puente de adherencia para unir concreto viejo con concreto nuevo, y el mismo debe tener una consistencia pegajosa al momento de aplicar los morteros de reparación.
 - n) Restituir los volúmenes de concreto demolidos, mediante la colocación de un mortero tipo Tixotrópico. Este tipo de mortero tiene la ventaja que se puede aplicar en superficies verticales sin necesidad de utilizar encofrado.
 - o) El mortero se prepara en consistencia pastosa y se puede usar una llana metálica dentada o lisa, presionando contra la superficie, hasta el espesor deseado. Deje endurecer lo suficiente hasta alcanzar la consistencia adecuada para el acabado final.
 - p) Cuando la profundidad es mayor a 25 mm esperar que la capa anterior haya secado lo suficiente para recibir la siguiente capa. Se recomienda rayar la superficie de la capa anterior para favorecer la adherencia con la siguiente capa. Entre capa y capa se recomienda colocar un puente de adherencia para unir concreto viejo con concreto nuevo.
 - q) El espesor del material colocado finalmente debe proveer de un recubrimiento adecuado al acero de refuerzo, no menor de 2 cm.
 - r) Los morteros recomendados están elaborados con una base cementosa, por lo tanto, una vez comenzado el fraguado, independientemente del sistema empleado para la restitución de la superficie de concreto, se procede al curado humedeciendo con agua limpia en forma de rocío y de manera continua. Se puede evaluar la opción de lechadas impermeabilizantes con productos ya preestablecidos.

Procedimiento de reparación de nervios en losas nervadas armadas en una dirección

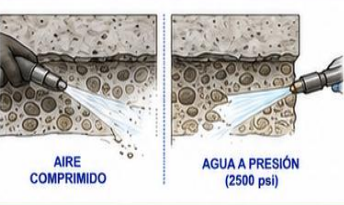
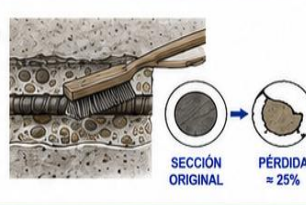
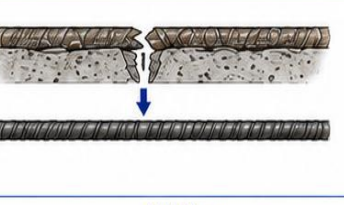
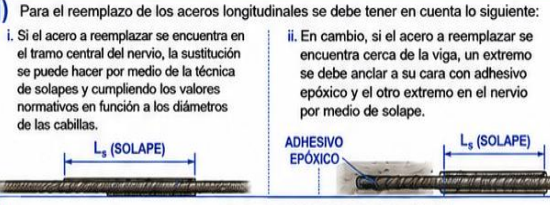
a) Evaluación y cálculo para la colocación del apuntalamiento necesario en la vecindad de los elementos a reparar, previo a cualquier demolición e intervención. 	b) Sondear (mediante impactos con martillo u otro método) el concreto para localizar las áreas dañadas. 
c) Delimitar la zona a demoler con corte de disco de diamante y una profundidad de corte de 20 mm con la finalidad de proporcionar un borde vertical (ángulos rectos) para el material de reparación. Tener mucho cuidado con realizar cortes al acero de refuerzo.  CUIDADO: NO CORTAR EL ACERO DE REFUERZO	d) Demolición y escarificación con martillos roto-percutores livianos de baja energía y herramientas manuales de todo el concreto afectado. 
e) La demolición debe descubrir el acero longitudinal hasta una distancia de aproximadamente 2,0 cm por detrás de la barra o hasta alcanzar el concreto sano. 	f) Generar una superficie rugosa por exposición del agregado grueso con perfil de aproximadamente 6 mm. Este proceso se puede realizar por medios mecánicos manuales y su control de calidad es fundamental para contribuir a garantizar una buena adherencia entre el concreto existente y el nuevo.  CONTROL DE CALIDAD
g) Eliminar todo material suelto o semiadheridos y proceder a la limpieza de toda la superficie expuesta con chorro de aire comprimido limpio y/o agua a alta presión (2500 psi).  AIRE COMPRIMIDO AGUA A PRESIÓN (2500 psi)	h) Si en el acero de refuerzo se presenta la presencia del fenómeno de la corrosión limpiar la superficie mediante cepillo metálico por proceso manual o eléctrico. En este punto se debe evaluar si las barras perdieron sección de acero considerable y deben ser reemplazadas. Se recomienda sustituir los aceros cuando se pierda aproximadamente un 25% de la sección transversal.  SECCIÓN ORIGINAL PÉRDIDA ≈ 25%
i) Si el acero de refuerzo está fracturado o pandeado proceder a su reemplazo. 	j) Para el reemplazo de los aceros longitudinales se debe tener en cuenta lo siguiente: i. Si el acero a reemplazar se encuentra en el tramo central del nervio, la sustitución se puede hacer por medio de la técnica de solapes y cumpliendo los valores normativos en función a los diámetros de las cabillas. ii. En cambio, si el acero a reemplazar se encuentra cerca de la viga, un extremo se debe anclar a su cara con adhesivo epóxico y el otro extremo en el nervio por medio de solape.  L_s (SOLAPE) ADHESIVO EPÓXICO L_a (SOLAPE)
k) Se debe instalar conectores de corte de diámetro 9 mm en forma de bastón espaciados a cada 40 cm, colocados mediante resina epóxica y con una profundidad de anclaje de 10 cm.  Ø 9 mm CADA 40 cm 10 cm RESINA EPÓXICA	l) Se procede a encofrar la parte inferior del nervio dejando un recubrimiento de 2 cm.  RECUBRIMIENTO 2 cm
m) Colocar sobre la superficie de concreto rugosa, un puente de adherencia para unir concreto viejo con concreto, y el mismo debe tener una consistencia pegajosa al momento de aplicar los morteros de reparación. 	n) Restituir los volúmenes de concreto demolidos, mediante la colocación de un mortero tipo Tixotrópico. Este tipo de mortero tiene la ventaja que se puede aplicar en superficies verticales sin necesidad de utilizar encofrado. 

Figura 9. Reparación de nervios en losas nervadas. Elaboración propia.



Figura 9. Reparación de nervios en losas nervadas (continuación). Elaboración propia.

7.15.2. El procedimiento antes mencionado también puede ser aplicado a losas macizas con daño en su parte inferior o superior. Para el caso del daño ubicado en la parte superior no es necesario el uso de morteros del tipo tixotrópico y directamente se puede usar morteros fluidos predosificados o dosificados.

8. INYECCIÓN DE GRIETAS Y/O FISURAS

8.1. Antes de comenzar con la reparación se deberá evaluar las grietas, con el fin de conocer su origen, espesor, longitud y tipo de agrietamiento.

8.2. El método de reparación consiste en inyectar fisuras y/o grietas inactivas en concreto con un material adhesivo de base resina epóxica o de base cemento modificado con polímeros, de baja viscosidad que al solidificarse permita recuperar la continuidad del elemento. Esta técnica se aplica cuando el grado de daño del elemento es bajo y no se tienen desprendimientos de concreto significativos.

8.3. La inyección de grietas con resinas epóxicas son a partir de 0.05 mm hasta 5 mm. Para grietas de mayor espesor se recomienda usar morteros hidráulicos de alta resistencia sin contracción u otros métodos de reparación en función al tamaño del daño.

8.4. A continuación, se describe un procedimiento para el proceso de inyección de grietas, mientras que en la Figura 10 se muestra la secuencia recomendada.

- a) Retirar todos los acabados en un área amplia de la localización de la grieta.
- b) Identifique y marque la grieta en el concreto para poder distinguir fácilmente toda su extensión o longitud.
- c) Se recomienda en lo posible y dependiendo del tamaño de la fisura, realizar una prueba de ensayo no destructivo de ultrasonido sobre el concreto para determinar la profundidad de la fisura y/o grieta.
- d) En caso de existir la presencia de humedad, secar la superficie por medio de aire caliente.
- e) Marcar los puntos para la instalación de las boquillas de inyección a distancias comprendidas entre 10 cm y 30 cm como máximo, la separación depende del espesor, y forma de la grieta. Perforar con taladro eléctrico orificios de 5/16" hasta profundidades de 2 cm a 3 cm. Se puede requerir profundidades mayores en caso de grietas muy profundas en el núcleo del elemento estructural.
- f) Conformar la traza de las grietas con una ranura en forma de "V", usando equipos manuales, de tal forma que la abertura resulte aproximadamente 5 mm y la profundidad 15 mm. Limpiar la ranura cuidadosamente aplicando chorro de aire limpio a alta presión, eliminando polvo, partículas sueltas o semiadheridas, u otro tipo de contaminación.
- g) Preparar los niples de inyección, utilizando tubo de cobre de 5/16" cortado en secciones de 10 cm. Estos niples se introducen en los puntos de inyección.
- h) Aplicar en el fondo de la grieta y alrededor de los niples un puente de adherencia y verificar que no debe existir presencia de humedad.
- i) Inmediatamente después se prepara el material sellador (mortero epóxico) de la grieta y se procede a rellenar con esta pasta, la ranura a lo largo de toda la grieta y reforzar el perímetro de los puntos de inyección alrededor de los tubos. Deje fraguar el relleno por un tiempo mínimo de 24 horas. Este procedimiento tiene la finalidad de evitar la salida del producto de inyección,

garantizando que el material aplicado por las boquillas de entrada, fluya hasta los nipples de retorno o salida.

- j) Después de que el mortero epóxico haya fraguado, se prepara una mezcla de resina para inyección, la cual se pasa a la pistola de inyección. La boquilla de la misma se une con el nipple más bajo. Tranque cuidadosamente la unión entre pistola y nipple. La resina debe tener una viscosidad baja, así como una velocidad y temperatura de endurecimiento adecuada para el proceso de inyección.
- k) Iniciar el bombeo de la mezcla dentro de la grieta a presión constante. Comenzar por el punto de entrada más bajo y continuar hasta que el material salga fluyendo del nipple próximo superior, garantizando que la resina epóxica penetre en toda la grieta hasta la altura del próximo nipple (inmediato superior). Trancar el primer nipple (de entrada) e instalar la boquilla de la pistola en el nipple siguiente (que sirvió de salida), para proceder a inyectar el material epóxico a través él. Repetir el procedimiento de manera sucesiva, hasta sellar toda la grieta.
- l) Si la grieta es pasante (atraviesa la sección transversal del elemento estructural), se debe instalar los nipples de manera alternada en ambas caras. Durante el procedimiento de inyección, verificar que la resina aflora por el punto de la cara opuesta más próximo. Cerrar este punto y seguir inyectando. Si no aflora por el punto opuesto, se inyectará por ambas caras.
- m) Se procede a cortar los restos de las válvulas que sirvieron para el procedimiento de inyección.
- n) De ser requerido, una vez que la resina haya endurecido se retira la capa de sellado de la fisura y/o grieta por medios mecánicos en forma de desbastado.
- o) Para asegurar que la inyección de la resina fue exitosa, se debe realizar una prueba de ensayo no destructiva de ultrasonido sobre el concreto. Si el llenado de resina fue exitoso, el tiempo de recepción de las ondas emitidas antes de la reparación será mayor que el tiempo de recepción medido después de la reparación.

Proceso de inyección de grietas y/o fisuras en concreto

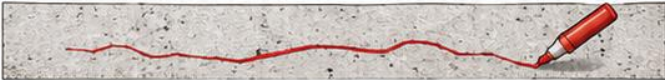
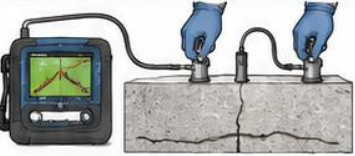
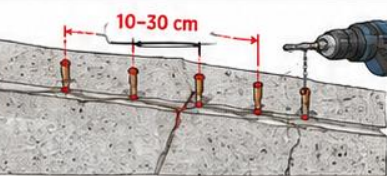
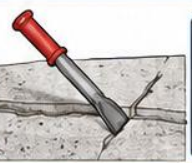
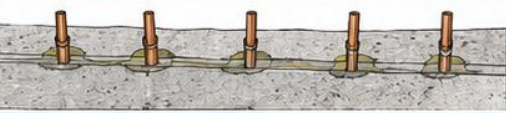
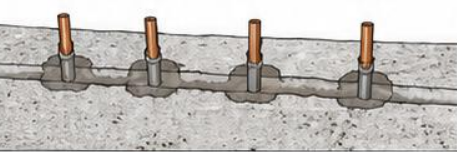
a)	Retirar todos los acabados en un área amplia alrededor de la grieta.	
b)	Identificar y marcar la grieta en toda su longitud.	
c)	Recomendar, cuando sea posible y según tamaño de la fisura, un ensayo no destructivo de ultrasonido para determinar profundidad de la grieta/fisura.	 Medición de profundidad Profundidad estimada: 28 mm 
d)	Si existe humedad, secar la superficie con aire caliente.	
e)	Marcar puntos para instalación de boquillas de inyección separados entre 10 cm y 30 cm máximo; la separación depende del espesor y forma de la grieta. Perforar con taladro eléctrico orificios de 5/16" y profundidad entre 2 cm y 3 cm. Puede requerirse mayor profundidad si la grieta es profunda en el núcleo.	 10-30 cm Ø 5/16" 2-3 cm
f)	Conformar la traza de la grieta con ranura en "V" usando equipos manuales; la abertura debe ser aproximadamente 5 mm y la profundidad 15 mm. Limpiar la ranura con chorro de aire limpio a alta presión para eliminar polvo, partículas sueltas o contaminación.	 5 mm 15 mm 
g)	Preparar niples de inyección usando tubo de cobre de 5/16" cortado en secciones de 10 cm e introducirlos en los puntos de inyección.	 5/16" 10 cm
h)	Aplicar en el fondo de la grieta y alrededor de los niples un puente de adherencia y verificar que no exista humedad.	  Superficie seca
i)	Preparar el material sellador (mortero epóxico) y rellenar la ranura a lo largo de toda la grieta, reforzando el perímetro de los puntos de inyección alrededor de los tubos. Dejar fraguar mínimo 24 horas. Esto evita la salida del producto de inyección y obliga al flujo hacia niples de retorno o salida.	  Fraguado mínimo: 24 h
j)	Tras el fraguado del mortero epóxico, preparar resina de inyección y cargarla en una pistola de inyección. Unir la boquilla de la pistola con el niple más bajo y trabar cuidadosamente la unión.	  Resina de baja viscosidad y curado adecuado

Figura 10. Proceso de inyección en grietas y/o fisuras. Elaboración propia.



Figura 10. Proceso de inyección en grietas y/o fisuras (*continuación*). Elaboración propia.

9. CONTROL DE CALIDAD, INSPECCIÓN Y ACEPTACIÓN

9.1. Plan de inspección y ensayos

9.1.1 El Ingeniero Responsable debe identificar cada actividad, característica a verificar, frecuencia, método, criterio, registro, responsable y punto de espera. Los criterios deben establecerse en documentos contractuales antes de la ejecución.

9.1.2 de igual forma se realizarán controles por etapa los cuales se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Controles a realizar según la etapa.

Etapa	Control	Registro
Recepción de materiales	Producto, lote, fecha, almacenamiento, certificados, condiciones ambientales.	Formato de recepción y certificados.

Etapas	Control	Registro
Preparación	Perfil, limpieza, humedad, temperatura, geometría, profundidad, barras.	Verificación con fotos y mediciones.
Mezclado	Dosificación, agua, componentes, tiempo, equipo, vida útil.	Hoja de lote y operador.
Colocación	Inicio/fin, presión o caudal, espesor, consumo, consolidación, fugas.	Parte diario y mapa de colocación.
Curado	Método, duración, temperatura, protección y eventos.	Bitácora de curado.
Ensayos	Muestras, ubicación, cadena de custodia, método, resultado y modo de falla.	Informe de laboratorio.
Inspección final	Sonido, fisuras, vacíos, geometría, recubrimiento, acabado y deformación.	Acta de aceptación/rechazo.
Transferencia de carga	Secuencia, lecturas, comportamiento y anomalías.	Registro de retiro de puntales.

9.2. Criterios de aceptación

9.2.1 Los criterios de aceptación deben cumplir con al menos los siguientes puntos:

- Cumplimiento de geometría, recubrimiento, armado y empalmes según planos aprobados.
- Resultados de resistencia a las edades definidas para carga y cierre.
- Adherencia de interfaz compatible con el diseño y modo de falla aceptable. Los valores deben ser específicos del proyecto; se recomienda valorar falla en el sustrato competente cuando sea técnicamente apropiado.
- Ausencia de delaminación, vacíos, fugas, segregación, nidos, grietas de retracción o discontinuidades por encima de límites aprobados.
- Para inyección: registro de presión/consumo y evidencia de llenado según el método especificado.
- Deformaciones y movimientos durante transferencia de carga dentro de los límites establecidos.

- g) No existencia de daño nuevo o reactivación no explicada.
- h) Registros completos, no conformidades cerradas y planos conforme a obra.

9.3. No conformidades

Toda no conformidad debe describir ubicación, requisito incumplido, evidencia, causa probable, medida inmediata y disposición propuesta. Las disposiciones posibles son aceptar mediante evaluación, reparar, retirar y rehacer, ampliar investigación o rechazar. El contratista no puede cubrir una NO conformidad antes de la decisión escrita del ingeniero responsable.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. American Concrete Institute, ACI Committee 546. (2023). Concrete Repair—Guide (ACI PRC-546-23). American Concrete Institute.
- [2]. American Concrete Institute, ACI Committee 562. (2025). Assessment, Repair, and Rehabilitation of Existing Concrete Structures—Code Requirements and Commentary (ACI CODE-562-25). American Concrete Institute.
- [3]. American Concrete Institute, ACI Committee 563. (2025). Repair of Concrete in Buildings—Specification (ACI SPEC-563-25). American Concrete Institute.
- [4]. American Society of Civil Engineers. (2023). Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings (ASCE/SEI 41-23). American Society of Civil Engineers.
- [5]. Comisión Venezolana de Normas Industriales. (2019). Construcciones sismorresistentes. Parte 1: Requisitos (COVENIN 1756-1:2019, 2.^a revisión). FODENORCA.
- [6]. Comisión Venezolana de Normas Industriales y Ministerio del Desarrollo Urbano. (1988). Criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones (provisional) (COVENIN-MINDUR 2002-88). Dirección General Sectorial de Edificaciones.
- [7]. Federal Emergency Management Agency. (1998a). Evaluation of Earthquake-Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings: Basic Procedures Manual (FEMA 306; ATC-43A). FEMA.
- [8]. Federal Emergency Management Agency. (1998b). Evaluation of Earthquake-Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings: Technical Resources (FEMA 307; ATC-43B). FEMA.
- [9]. Federal Emergency Management Agency. (1998c). The Repair of Earthquake-Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings (FEMA 308; ATC-43C). FEMA.

- [10]. Federal Emergency Management Agency. (2025). Guidelines for Post-Earthquake Repair and Retrofit of Buildings Based on Assessment of Performance-Critical Damage (FEMA P-2335). FEMA.
- [11]. Fondo para la Normalización y Certificación de la Calidad. (2006). Proyecto y construcción de obras en concreto estructural (FONDONORMA 1753:2006, 1.^a revisión). FONDONORMA.
- [12]. Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa. (2021a). Rehabilitación sísmica de la infraestructura física educativa de México: Guía técnica. Secretaría de Educación Pública e INIFED.
- [13]. Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa. (2021b). Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México: Manual de campo. Secretaría de Educación Pública e INIFED.
- [14]. Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa. (2021c). Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México. Volumen 1: Metodología. Secretaría de Educación Pública e INIFED.
- [15]. Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa e Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. (2021). Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México. Volumen 2: Introducción al comportamiento sísmico de estructuras para fines de evaluación. Secretaría de Educación Pública e INIFED.
- [16]. López O. A., Coronel D., G., Ginés, C., Fierro, F., Marinilli, A. y Urich, A. (2023). Evaluación rápida de daños en edificaciones. Boletín de la Academia de la Ingeniería y el Hábitat, No. 61, p.p. 8-31.
- [17]. Secretaría de Obras y Servicios de la Ciudad de México. (2023). Norma Técnica Complementaria para Evaluación y Rehabilitación Estructural de Edificios Existentes. Gaceta Oficial de la Ciudad de México, 6 de noviembre de 2023.
- [18]. Servicio Desconcentrado de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos. (2022). Estructura y presentación de documentos normativos (GUI-DNO-001, Rev. 0). Dirección de Normalización.