

Manual de Reparaciones y Refuerzos Estructurales

SERIE ESTÁNDARES TÉCNICOS DE CONSTRUCCIÓN



Ministerio de
Vivienda y
Urbanismo

Gobierno de Chile

4

MANUAL DE REPARACIONES Y REFUERZOS ESTRUCTURALES

VERSIÓN OFICIAL
MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO
2018



Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile

Santiago, febrero de 2018

Colección: Monografías y Ensayos

Serie 3: Estándares Técnicos de Construcción

ISBN: 978-956-9432-76-7

Título: Vol. 4 Manual de Reparaciones y Refuerzo Estructural

ISBN: 978-956-9432-85-9

Autor: Ministerio de Vivienda y Urbanismo - Minvu

Editor: División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional – Ditec, Minvu

CDU: 69.059.2(035)

Redacción y coordinación editorial: Marcelo Soto, Cristina Barría, Claudio Hernández (Minvu); Claudia Fuentes (Instituto de la Construcción)

Desarrolladores técnicos: Bernardo de la Peña (SIKA S.A.); Claudio Hernández, Cristina Barría (Minvu); Enrique Suazo; Macarena Celis (Repes Ltda.); Gabriela Muñoz (Universidad de Chile); Juan Pablo Donoso, Rodney Bellido de Luna (Elementa BDL); Oriol Reolid, Juan Pablo Rodríguez (Ingelab Ltda.); Josefina Atria (independiente)

Corrección de estilo: Miriam Díaz (Minvu); Gonzalo Muñoz (independiente)

Diseño y diagramación: Marcelo Baeza (independiente)

Fotografías: Banco de Imágenes Ditec Minvu; SIKA S.A.; Repes Ltda.; Elementa BDL

Impresión: 3F Group Impresores S.A.

Desarrollado por: Departamento de Tecnologías de la Construcción, Ditec, Minvu



Bajo licencia Creative Commons:

Se permite la redistribución de este contenido siempre y cuando: se reconozca al autor de la obra, no se haga uso comercial y no se ejecuten obras derivadas.

CONTENIDO

I SALUDOS	XIII	CAPÍTULO 5	39
II PRESENTACIÓN	XVII	RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL PROYECTO ESTRUCTURAL DE REPARACIÓN Y/O REFUERZO	39
1. GENERALIDADES	XVII	5.1 GENERAL	39
2. OBJETIVO	XVII	5.2 APUNTALAMIENTO DE LA ESTRUCTURA	39
3. PARTICIPANTES	XVII	5.3 MATERIALES	40
		5.4 COMPORTAMIENTO ANTE INCENDIOS Y TEMPERATURAS ELEVADAS	40
		5.5 RECUBRIMIENTOS	41
		5.6 GRIETAS	41
		5.7 CORROSIÓN Y DETERIORO DE LAS ARMADURAS	41
		5.8 REVESTIMIENTOS Y TRATAMIENTOS SUPERFICIALES	41
		5.9 CONSIDERACIONES AMBIENTALES	42
		5.10 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	42
		5.11 INSPECCIÓN	42
		5.12 ENTREGA DEL PROYECTO	42
CAPÍTULO 1	21	CAPÍTULO 6	45
INTRODUCCIÓN Y ALCANCES	21	SISTEMAS DE REPARACIÓN Y REFUERZOS PARA HORMIGÓN Y ALBAÑILERÍAS	45
1.1 INTRODUCCIÓN	21	6.1 GENERALIDADES	45
1.2 ALCANCE	21	6.2 TÉCNICAS DE REPARACIÓN Y REFUERZO	45
1.3 CONTENIDO	21		
1.4 LIMITACIONES	21		
		CAPÍTULO 7	49
CAPÍTULO 2	25	CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA PREPARACIÓN DEL SUSTRATO	49
DEFINICIONES	25	7.1 PREPARACIÓN DEL HORMIGÓN Y ALBAÑILERÍA	49
		7.1.1 GENERALIDADES	49
		7.1.2 LIMPIEZA	49
		7.1.3 RUGOSIDAD	49
		7.1.4 REMOCIÓN PARCIAL DE HORMIGÓN Y ALBAÑILERÍA	49
		7.2 PREPARACIÓN DE LAS ARMADURAS	50
		7.2.1 LIMPIEZA	50
		CAPÍTULO 8	53
CAPÍTULO 3	29	DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE REPARACIÓN Y REFUERZO PARA HORMIGÓN Y/O ALBAÑILERÍAS	53
REFERENCIAS NORMATIVAS	29	8.1 GENERALIDADES	53
		8.2. TÉCNICAS, DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO	53
CAPÍTULO 4	33	T1. APLICACIÓN MANUAL DE MORTERO DE REPARACIÓN ESTRUCTURAL TIXOTRÓPICO (AUTOSOPORTANTE)	54
EVALUACIÓN Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL	33	A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA	54
4.1 CONSIDERACIONES GENERALES	33	B) MATERIALES	54
4.2 EVALUACIÓN PRELIMINAR Y RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES	33		
4.2.1 EXAMEN VISUAL Y DIAGNÓSTICO PRELIMINAR	33		
4.2.2 RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES	33		
4.2.3 EVALUACIÓN DEL ENTORNO	33		
4.2.4 INSPECCIÓN, CATASTRO Y LEVANTAMIENTO DE DAÑOS	34		
4.3 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	34		
4.3.1. MARCO NORMATIVO PARA EL DIAGNÓSTICO	34		
4.3.2. PROPIEDADES DEL MATERIAL	34		
4.3.3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES	35		
4.3.4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL PARA EL DISEÑO DE REPARACIÓN Y/O REFUERZO	35		

C) EQUIPOS	54	T7. REEMPLAZO DE ARMADURAS DAÑADAS UTILIZANDO BARRAS DE TRASLAPE	74
D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	54	A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA	74
E) CONTROL DE CALIDAD	55	B) MATERIALES	74
		C) EQUIPOS	74
T2. HORMIGÓN VACIADO EN SITIO (EXPANSIVO-FLUIDO-TRADICIONAL)	56	D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	74
A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA	56	E) CONTROL DE CALIDAD	75
B) MATERIALES	56	T8. FIBRA DE CARBONO EMBEBIDA	76
C) EQUIPOS	56	A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA	76
D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	56	B) MATERIALES	76
E) CONTROL DE CALIDAD	57	C) EQUIPOS	76
		D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	76
T3. HORMIGÓN PREEMPACADO	58	E) CONTROL DE CALIDAD	77
A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA	58		
B) MATERIALES	58	T9. REEMPLAZO DE ARMADURAS DAÑADAS UTILIZANDO CONECTORES MECÁNICOS	78
C) EQUIPOS	60	A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA	78
D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	60	B) MATERIALES	78
E) CONTROL DE CALIDAD	62	C) EQUIPOS	78
		D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	79
T4. HORMIGÓN O MORTERO PROYECTADO (SHOTCRETE) VÍA SECA/VÍA HÚMEDA	63	E) CONTROL DE CALIDAD	80
A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA	63		
B) MATERIALES	63	T10. PLANCHAS DE ACERO ADHERIDAS EXTERIORMENTE	81
C) EQUIPOS	63	A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA	81
D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	64	B) MATERIALES	81
E) CONTROL DE CALIDAD	67	C) EQUIPOS	81
		D) PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO	81
T5. INYECCIÓN DE FISURAS Y/O GRIETAS CON RESINA EPÓXICA	68	E) CONTROL DE CALIDAD	83
A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA	68		
B) MATERIALES	68	T11. FIBRA DE CARBONO ADHERIDA EXTERIORMENTE	84
C) EQUIPOS	68	A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA	84
D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	68	B) MATERIALES	84
E) CONTROL DE CALIDAD	69	C) EQUIPOS	84
		D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	85
T6. INYECCIÓN DE FISURAS Y/O GRIETAS CON LECHADAS O MORTEROS CON BASE EN CEMENTO	70	E) CONTROL DE CALIDAD	86
A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA	70		
B) MATERIALES	70	T12. REPOSICIÓN DE ALBAÑILERÍA	87
C) EQUIPOS	71	A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA	87
D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	72	B) MATERIALES	87
E) CONTROL DE CALIDAD	73	C) EQUIPOS	87
		D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	87
		E) CONTROL DE CALIDAD	88

T13. TÉCNICA: INSERCIÓN DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO EN ALBAÑILERÍAS	89
A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA	89
B) MATERIALES	89
C) EQUIPOS	89
D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	90
E) CONTROL DE CALIDAD	90
T14. ANCLAJES DE ACERO	91
A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA	91
B) MATERIALES	91
C) EQUIPOS	91
D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	91
E) CONTROL DE CALIDAD	92
T15. VINCULACIÓN DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN A LA ALBAÑILERÍA	93
A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA	93
B) MATERIALES	93
C) EQUIPOS	94
D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	94
E) CONTROL DE CALIDAD	94
CAPÍTULO 9	97
FICHAS TIPO DE DAÑO Y OPCIONES DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN	97
9.1 FICHAS	97
A.1 PÉRDIDA O FISURA EN MORTERO DE PEGA	98
A.2 DESPRENDIMIENTO O FALLA LOCAL DE UNIDADES	99
A.3 FISURAS / GRIETAS	100
A.4 GRIETAS ENTRE LA ALBAÑILERÍA Y LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE HORMIGÓN ARMADO	101
A.5 DEFORMACIÓN EXCESIVA, COLAPSO O VACIADO DE LA ALBAÑILERÍA	102
HA.1 PÉRDIDA LOCAL DE MATERIAL	103
HA.2 PÉRDIDA O DETERIORO DE RECUBRIMIENTO DE HORMIGÓN	104
HA.3 NIDOS DE PIEDRA O CAVIDADES	105
HA.4 PÉRDIDA DE MATERIAL DE MAYOR VOLUMEN	106
HA.5 FISURAS / GRIETAS	107
HA.6 ROTURA DE ARMADURA	108
HA.7 PÉRDIDA DE SECCIÓN EN LA ARMADURA POR CORROSIÓN	109
HA.8 DEFORMACIÓN REMANENTE DE ARMADURA	110



I SALUDOS

LA GESTIÓN DE RECONSTRUCCIÓN, UN CONTINUO DESAFÍO

Chile es un país constantemente desafiado por su entorno y por fenómenos naturales, por cuanto, anticiparse a los riesgos que supone una catástrofe es parte de la misión del Estado, así como favorecer la existencia de organismos que realicen la labor de gestión del riesgo que, entre otras tareas, se ocupa de la evaluación temprana de los daños. Junto con ello, es primordial contar con los instrumentos y recursos necesarios para fortalecer la resiliencia de los ciudadanos y de la sociedad en general, así como impulsar los procesos de reconstrucción que se requieran.

En este plano, en 2015 Chile suscribió el Marco de Sendai, a través del cual se comprometió a implementar las medidas para reducir de manera considerable el riesgo de desastres y las pérdidas que estos ocasionan, tanto en términos de vidas humanas, como en bienes económicos, físicos, sociales, culturales y ambientales. En la misma línea, en 2017 el Estado de Chile creó la Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, que establece lineamientos estratégicos para la prevención, respuesta y recuperación ante estos eventos.

Para avanzar en estos compromisos es fundamental el mejoramiento de los estándares de calidad constructiva a través del desarrollo de normativa e instrumentos técnicos que permitan apoyar y fiscalizar el desarrollo de las obras. En esta línea, hemos asumido también el desafío de generar herramientas que refuercen las capacidades profesionales en estas materias, generando documentos de consulta como el Manual de Reparaciones y Refuerzo Estructural que presentamos.

A través de este manual queremos poner a disposición de los profesionales y técnicos del área de la construcción, una herramienta de apoyo que facilite el trabajo en las obras de rehabilitación, reparación y refuerzos de edificaciones, dando una adecuada respuesta que garantice la seguridad de la comunidad.

Cristian Monckeberg Bruner
Ministro de Vivienda y Urbanismo

RECUPERACIÓN DE ESTRUCTURAS

Históricamente, y debido a su situación geográfica y a sus condiciones climáticas y geológicas, los países de América Latina –y en especial Chile– han sido afectados por numerosos y violentos fenómenos naturales, como terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas e inundaciones, entre otros.

Por esta razón se hace cada vez más relevante para nuestro país contar con estrategias que contribuyan a proteger la vida de las personas, pero también a conservar los bienes, recursos y la infraestructura del país, alineándose con las tendencias globales respecto de la gestión integral de protección frente al riesgo de desastres.

Respondiendo a lo anterior, durante los últimos años el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Minvu) ha desarrollado un trabajo relevante para enfrentar los efectos de estos eventos catastróficos en la infraestructura urbana y habitacional, impulsando doce programas de reconstrucción a lo largo del país, y fortaleciendo las capacidades y competencias de los profesionales e instituciones que forman parte del desarrollo constructivo nacional.

En este contexto, en conjunto con el Instituto de la Construcción, profesionales especialistas y empresas con amplio conocimiento en el rubro, el Minvu elaboró un manual asociado a la reparación y reforzamiento de estructuras, cuyo objetivo es apoyar las labores de intervención y reconstrucción de viviendas.

El presente Manual de Reparaciones y Refuerzo Estructural recoge la experiencia nacional adquirida en esta materia, estableciendo recomendaciones para la intervención de proyectos en hormigón armado y albañilería. Asimismo, propone técnicas de reparación especificadas a través de fichas metodológicas de trabajo para cada material y partida a ejecutar. Lo anterior, para aportar a mejorar los procesos y la calidad de las obras de reconstrucción.

Erwin Navarrete Saldivia

Jefe División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional
Ministerio de Vivienda y Urbanismo

II PRESENTACIÓN

1. GENERALIDADES

El presente estudio técnico denominado “Manual de reparaciones y refuerzos estructurales” se enmarca en el convenio de colaboración suscrito entre el Ministerio de Vivienda y Urbanismo y el Instituto de la Construcción, aprobado por Resolución Exenta N° 5622, del 10 de septiembre de 2014.

2. OBJETIVO

El objetivo de este manual técnico es establecer criterios consensuados para la reparación y/o refuerzo estructural en edificaciones de hormigón armado y albañilería, que permitan generar una guía tanto para los diseñadores de reparaciones y refuerzos de estructuras, como a otros profesionales y técnicos que participen del desarrollo de proyectos y ejecución de obras.

3. PARTICIPANTES

Participan en la elaboración del presente documento, las siguientes personas e instituciones:

INTEGRANTES

Bernardo de la Peña R.
Claudia Fuentes Tapia
Claudio Hernández Jones
Cristina Barría Fernández
Enrique Suazo Bonnebas
Gabriela Muñoz Sotomayor
Josefina Atria Mira
Juan Pablo Donoso Manieu
Macarena Celis Contardo
Rodney Bellido de Luna
Elementa BDL

INSTITUCIÓN

SIKA S. A.
Instituto de la Construcción
Minvu
Minvu
Repes Ltda.
Universidad de Chile
Arquitecto independiente
Elementa BDL
Repes Ltda.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN Y ALCANCES

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN Y ALCANCES

1.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente manual técnico es establecer criterios para la evaluación, diseño y construcción de las obras de reparación y/o refuerzo para estructuras o elementos estructurales de hormigón armado y albañilería.

1.2 ALCANCE

Los criterios y procedimientos establecidos en este manual, han sido diseñados para el uso de personas con las competencias necesarias para evaluar la importancia y limitaciones de su contenido y que aceptarán la responsabilidad de la aplicación.

1.3 CONTENIDO

Su contenido es:

- i. Recomendaciones para el desarrollo de la evaluación y análisis estructural: Levantamiento del estado estructural, inspección de la estructura, realización de ensayos, tipificación de daños, criterios de evaluación y cuantificación de los parámetros más importantes dentro de la estructura o elemento como son la pérdida de resistencia, rigidez y ductilidad, entre otras.
- ii. Recomendaciones generales para el proyecto estructural de reparación y/o refuerzo.
- iii. Métodos y criterios de reparación para hormigón armado y albañilería.
- iv. Métodos y criterios de refuerzo para hormigón armado y albañilería.

1.4 LIMITACIONES

Este manual no se ha realizado considerando los criterios que aplican a estructuras históricas, es decir, diseñadas previo a las normas de diseño respectivas. Quedando estas bajo la tutela de las normas o manuales que aplican a intervenciones estructurales en edificaciones de valor patrimonial.

Las disposiciones contenidas en este manual para la reparación y/o refuerzo de elementos de fundaciones tales como zapatas, losas de fundación, pilotes, pilares de hormigón, etc., serán aplicables solo si su ejecución no merma la estabilidad global de la estructura.

CAPÍTULO 2

DEFINICIONES

CAPÍTULO 2

DEFINICIONES

Adherencia: Resistencia que se desarrolla en la unión entre un producto o sistema aplicado y el sustrato, ante fuerzas de tracción y/o de corte.

Diagnóstico: El o los resultados que arrojan las acciones de examinar el estado actual de la estructura de acuerdo con la inspección visual, toma de datos y análisis de estos últimos. En general se evalúa la capacidad residual de la estructura o elemento, así como también la necesidad y urgencia de intervención.

Evaluación estructural: Análisis del estado y características estructurales de una edificación, tanto desde el punto de vista de su diseño como de su calidad constructiva. Puntualmente referido al contexto de este documento, dicha evaluación se realiza en edificaciones dañadas, para lo cual el análisis deberá enfocarse en su situación actual y su eventual requerimiento de intervención.

Mantenimiento: Conjunto de acciones sobre la edificación de índole preventiva que se ejecutan con el propósito de evitar el deterioro de elementos o estructuras que pudieran degradarse, poniendo en riesgo la integridad de la estructura.

Proyectista: Profesional competente a cargo de elaborar y diseñar el proyecto de reparación y/o refuerzo.

Reparación: Consiste en restablecer los niveles originales de resistencia y seguridad de la estructura.

Refuerzo: Acción de incrementar la capacidad resistente, y/o ductilidad y/o rigidez de la estructura.

Sustitución: Se trata del reemplazo de un elemento o parte de una estructura, cuando el nivel de daño o los requerimientos de intervención son tales que hacen inviable la reparación y/o el refuerzo.

Inspección: Revisión visual de la estructura o edificación en estudio, con el fin de evaluar e identificar todos aquellos parámetros que pudiesen servir como antecedente para el análisis o proyecto de reparación y/o refuerzo.

Ensayos no destructivos: Prueba realizada a un material o elemento sin alterar sus propiedades físicas, mecánicas o geométricas en forma permanente.

Prueba de carga: Ensayo no destructivo donde es aplicada una carga a un elemento o estructura permitiendo determinar las características de resistencia-deformación de acuerdo con su respuesta.

Catastro o levantamiento: Censo o registro de antecedentes de interés para el estudio.

Sustrato: Base sobre la que se aplica un material o sistema de reparación y/o refuerzo.

CAPÍTULO 3

REFERENCIAS NORMATIVAS

CAPÍTULO 3

REFERENCIAS NORMATIVAS

Referencias a:

- NCh 3357:** Diseño sísmico de componentes y sistemas no estructurales.
- ACI 318:** American Concrete Institute – Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario.
- NCh 163:** Áridos para morteros y hormigones – Requisitos generales.
- NCh 2471:** Morteros – Ensayo de Adherencia – Método de Tracción Directa.
- ASTM D4541:** Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers.
- UNE-EN 1542:** Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Métodos de ensayo. Determinación de la adhesión por tracción directa (pull –off).
- NCh 158:** Cementos – Ensayo de flexión y compresión de morteros de cemento.
- UNE-EN 12190:** Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Métodos de ensayo. Determinación de la resistencia a compresión de los morteros para reparación.
- ACI 304.1 R-92:** American Concrete Institute, Guide for Use of Preplaced Aggregate Concrete for Structural & Mass Concrete Applications (Reapproved 2005).
- ASTM C939-10:** Standard Test Method for Flow of Grout for Preplaced-Aggregate Concrete (Flow Cone Method).
- NCh 1171:** Hormigón – Testigos de hormigón endurecido – Parte 1: Extracción y ensayo
- UNE-EN 12504-2:** Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 2: Ensayos no destructivos. Determinación del índice de rebote.
- NCh 204:** Acero – Barras laminadas en caliente para hormigón armado.
- ACI 440.2R-08:** American Concrete Institute, 440.2R-08 Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures.
- NCh 430:** Hormigón armado – Requisitos de diseño y cálculo.
- D.S 60:** Reglamento que fija los requisitos de diseño y cálculo para el hormigón armado.
- AC 133:** Mechanical Connector Systems for Steel Reinforcing Bars.
- ACI 440.3 L.1. 440.3R-12:** Guide Test Methods for Fiber-Reinforced Polymers (FRPs) for Reinforcing or Strengthening Concrete Structures.
- ACI 562/13:** American Concrete Institute, Code Requirements for Evaluation, Repair, and Rehabilitation of Concrete Buildings (ACI 562-13) and Commentary.
- EN 1504-10:** Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 10: Aplicación “in situ” de los productos y sistemas y control de calidad de los trabajos.

CAPÍTULO 4

EVALUACIÓN Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL

CAPÍTULO 4

EVALUACIÓN Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL

4.1 CONSIDERACIONES GENERALES

La evaluación estructural se realiza en estructuras dañadas producto de la degradación natural de los materiales componentes, incertidumbre en su proceso constructivo y/o de cálculo, incrementos de carga de uso, desastres naturales u otros procesos o eventos que alteren su estado de servicio.

4.2 EVALUACIÓN PRELIMINAR Y RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES

Una de las primeras labores que deberá realizar el proyectista, antes de un análisis más profundo, será la ejecución de una evaluación preliminar con el fin de cuantificar el nivel y severidad de los daños o deterioro de la estructura o elemento en cuestión. Para lo anterior, deberá revisar planos, datos de construcción, informes y otros documentos disponibles, teniendo en cuenta a lo menos lo siguiente:

4.2.1 EXAMEN VISUAL Y DIAGNÓSTICO PRELIMINAR

Determinar la criticidad del daño en función de la estabilidad local o global de la estructura. En el caso de detectar daños que afecten la estabilidad se deben tomar medidas urgentes, tales como evacuación, apuntalamiento, segregación, demoliciones parciales, etc.

Se debe definir la magnitud y extensión del daño junto con la habitabilidad y/u operatividad de la estructura.

4.2.2 RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES

Recabar la mayor cantidad posible de información de la obra considerando aspectos como la fecha de su construcción y condiciones de ejecución, daños previos –si los hay–, intervenciones de refuerzos o reparación, etc.

Dentro de los antecedentes a recopilar, se recomienda tener presente los siguientes documentos:

- Planos estructurales.
- Especificaciones técnicas.
- Memoria de cálculo.
- Informe de mecánicas de suelo.
- Libro de obra.
- Certificados de ensayos.
- Normativa de diseño vigente al momento de su construcción o permiso de edificación.

En caso de no contar con antecedentes de la estructura original, se recomienda rehacer sus planos estructurales y elaborar nuevas mecánicas de suelos en conjunto con la toma de muestras de materiales, con sus respectivos ensayos.

4.2.3 EVALUACIÓN DEL ENTORNO

Se recomienda el análisis de construcciones y/o terrenos aledaños a las edificaciones en estudio, los cuales pudieran estar afectados a problemáticas similares, aportando algún antecedente adicional. Para lo anterior se deberán considerar condiciones geotécnicas, ambientales, daños por eventos naturales u otros, evaluando su implicancia en el estudio desarrollado.

4.2.4 INSPECCIÓN, CATASTRO Y LEVANTAMIENTO DE DAÑOS

Para una adecuada inspección, catastro y levantamiento de daños, se recomienda contar con una planimetría actualizada de las edificaciones en estudio. Los contenidos mínimos a desarrollar serán:

- A. Levantamiento de daños; considerando el tipo de daño, el tipo de elemento y su ubicación, materialidad y magnitud del daño.
- B. Registro fotográfico.

4.3 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

Se debe realizar una evaluación estructural si durante la evaluación preliminar se determina que un elemento existente, parte de una estructura o la totalidad de esta, presenta signos de deterioro, deficiencia estructural o comportamiento incompatible con los requisitos de diseño y documentos contractuales o con respecto a la normativa vigente al momento de la construcción.

También se debe realizar una evaluación estructural cuando la información con la cual se dispone es insuficiente para determinar si un miembro, porción o la totalidad de la estructura existente, es capaz de soportar las cargas de diseño existentes o nuevas.

Cuando se determine la reparación o refuerzo de algún elemento, parte de una estructura o la totalidad de esta, se debe determinar si otros elementos similares, con o sin daño, también requieren evaluación.

Cuando sea necesario llevar a cabo la evaluación estructural, se deberá documentar las condiciones existentes, considerando:

- A. La medición de las propiedades y dimensiones de los elementos estructurales
- B. La presencia y el efecto de cualquier modificación al sistema estructural
- C. Cargas, ocupación o uso diferente para el cual fue diseñado

El proyectista debe considerar posibles errores de diseño, dimensionamiento, diseño de detalles o ejecución de la estructura, o bien en el uso o mantenimiento de la construcción.

Para detectar posibles errores en el proyecto se debe verificar el cumplimiento de la normativa vigente al momento de la construcción, determinando las cargas aplicadas que serán utilizadas en la evaluación de la estructura existente y en el diseño de la reparación y/o refuerzo.

4.3.1. MARCO NORMATIVO PARA EL DIAGNÓSTICO:

El proyectista determinará, al inicio del proyecto, la normativa de diseño con la cual evaluará y verificará la estructura, siempre teniendo como antecedente el año de construcción de la misma y la normativa vigente en ese tiempo, así como también los actuales criterios establecidos en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones para la normativa aplicable al proyecto.

4.3.2. PROPIEDADES DEL MATERIAL:

Las propiedades de los materiales pueden ser obtenidas a partir de planos disponibles, especificaciones y/u otros documentos propios de la estructura en estudio. Sin embargo, cuando se observe un deterioro o degradación de los materiales componentes, el proyectista deberá evaluar la validez de dichos datos.

En el caso que los datos disponibles no sean suficientes para la determinación de las propiedades de los materiales, estos deberán obtenerse mediante ensayos, los cuales serán definidos por el proyectista estableciendo el número de muestras necesarias, su ubicación y tipo (destrutivo y/o no destructivo). El número de muestras no deberá ser inferior al establecido por la norma respectiva (vigente al momento del proyecto de reparación y/o refuerzo), siempre y cuando este número no signifique una merma en la estructura, en cuyo caso se podrá dictaminar un número inferior de ensayos previa justificación.

Solo se permitirá emplear las propiedades de los materiales establecidas en los informes originales de laboratorio en la etapa de construcción o las informadas en los de ensayo de materiales posteriores, siempre y cuando no haya ocurrido un deterioro visible.

4.3.3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES:

El proyectista será el responsable de definir el alcance y profundidad del análisis estructural, considerando las propiedades del material, su geometría y deformación, retracciones y fluencia, desplazamientos e interacciones entre elementos.

Los elementos deben ser analizados, teniendo en cuenta el efecto de cualquier degradación del material, pérdida de adherencia y la redistribución de fuerzas en los elementos y en el sistema estructural en su conjunto.

El análisis debe considerar los efectos de reparaciones y modificaciones estructurales anteriores al proyecto. Se basará en la documentación disponible, las dimensiones conforme a la obra (planos As-Built), y las propiedades en el lugar de la estructura, incluyendo la pérdida de la sección y/o resistencia.

Para el análisis, modelaciones y verificaciones estructurales, se deberán dejar establecidos los valores de resistencia utilizados, identificando las reducciones de capacidades y rigidez utilizadas (en el caso de elementos dañados), factores de seguridad, verificación de uniones, sobrecargas, etc., con el fin de poder particularizar cada elemento y su capacidad utilizada en las verificaciones.

A su vez, se deberán definir y evaluar las posibles desvinculaciones entre elementos estructurales, de tal forma de modelar de manera veraz el estado de situación de la estructura post daño.

4.3.4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL PARA EL DISEÑO DE REPARACIÓN Y/O REFUERZO:

El análisis estructural utilizado para el diseño de reparación y/o refuerzo deberá considerar el proceso constructivo con el cual se llevará a cabo dicha obra. Este proceso puede involucrar la aplicación y posterior retiro de cargas, por lo cual el análisis estructural debe tener en cuenta esta situación, con el fin de determinar la carga máxima a la cual se verá sometido el elemento o estructura durante todas las fases constructivas.

Las cargas adicionales aplicadas pueden ser, a causa de demolición parcial o total de un elemento, vibraciones, cambios de volumen del material tales como fluencia y retracción, cambios de temperatura, apuntalamiento y la deformación provocada por el desnivel de soportes, entre otras.

El análisis sísmico debe considerar la interacción de los elementos estructurales y los no estructurales que pudieran afectar la respuesta de la estructura a los movimientos sísmicos. El método de análisis deberá considerar la configuración estructural y las propiedades de los materiales después de la reparación.

Al igual que en el análisis de la situación existente, se dejarán establecidos los valores de resistencia utilizados, tanto para los elementos existentes como para los adicionales y/o reforzados, identificando los aumentos de capacidades y rigidez (en el caso de elementos reforzados), factores de seguridad, verificación de uniones, sobrecargas, etc., con el fin de poder particularizar cada elemento y su capacidad utilizada en las verificaciones.

CAPÍTULO 5

RECOMENDACIONES GENERALES
PARA EL PROYECTO ESTRUCTURAL DE
REPARACIÓN Y/O REFUERZO

CAPÍTULO 5

RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL PROYECTO ESTRUCTURAL DE REPARACIÓN Y/O REFUERZO

5.1 GENERAL

La reparación de los elementos estructurales componentes, sus conexiones y el sistema estructural en su conjunto deben ser diseñados de acuerdo con el criterio de restitución de capacidad resistente. (Ver punto 4.3.3).

En caso de refuerzo, este debe ser diseñado de acuerdo con el resultado y criterio establecido en el análisis estructural. (Ver punto 4.3.4).

Para el caso de elementos no estructurales, el proyecto deberá considerar la estabilidad de éstos con el fin de preservar la seguridad y serviciabilidad de los recintos. Para lo anterior deberá considerar lo establecido en la normativa nacional vigente para este tipo de elementos.

Se deberá considerar en el proyecto de reparación y/o refuerzo a lo menos los siguientes puntos:

- Normativa aplicada (de diseño y del material estructural).
- Elementos deficitarios a reparar y/o reforzar.
- Tipo de deficiencia estructural o de serviciabilidad a reparar y/o reforzar.
- Tipo de reparación o refuerzo estructural.
- Documentación mínima que debe contener el proyecto de reparación (especificaciones técnicas, planimetría del proyecto de reparación, fichas de reparación asociadas, en el caso que corresponda, memoria de cálculo, etc.).

El proyecto de reparación y/o refuerzo que incorpore nuevos elementos resistentes a la estructura deberá considerar la interacción de esta con el elemento adicionado, además deberá asegurar que el nuevo sistema estructural creado, ante cualquier solicitación, sea capaz de transferir las cargas entre el elemento existente y el material o sistema de reparación.

La selección de los adhesivos utilizados en el proyecto de reparación y/o refuerzo deberá considerar, entre otros aspectos, la materialidad del sustrato y del elemento a adherir, tipo y duración de la carga, las condiciones climáticas de trabajo y a las que estará expuesto y el efecto que tendrá esto último en sus propiedades. El proyecto de reparación y/o refuerzo deberá especificar la resistencia y capacidad máxima sobre la cual se determinó el uso del adhesivo en el proyecto.

Para técnicas de reparación y/o reforzamiento basadas en normas o códigos extranjeros, el proyecto deberá especificar claramente las hipótesis sobre las cuales se realizaron las modelaciones y diseños.

5.2 APUNTALAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Antes de iniciar las obras de reparación y/o refuerzo, se deberá evaluar la necesidad de apuntalar o sostener la estructura existente, con el fin de mantener la estabilidad estructural global y de cada elemento. Esta evaluación deberá considerar el efecto de las modificaciones debido a las obras de reparación y/o refuerzo.

Los apuntalamientos y/o soportes temporales para los elementos existentes, dañados o no, deben ser diseñados por el proyectista. Estos, cuando sean necesarios, deberán estar presentes durante todas las etapas del proyecto de reparación y/o refuerzo, debiendo considerar la redistribución de cargas que se produzcan debido a la construcción de los mismos.

Para diseñar el apuntalamiento durante las obras de reparación y/o refuerzo u otra construcción temporal, se utilizarán las cargas y su posible redistribución, quedando a criterio y justificación del profesional responsable, la eventual reducción de dichas cargas.

El apuntalamiento temporal y soporte deben estar diseñados para proporcionar una rigidez suficiente para evitar el desplazamiento excesivo de los elementos arriostrados. Si la resistencia y rigidez de cualquier elemento es menor de lo necesario, se deberá disponer de apuntalamiento y permanecer en el lugar hasta que el elemento existente sea reparado.

El proyecto debe identificar claramente la colocación y retiro de cada elemento dentro de la secuencia constructiva (puntales, alzaprims, etc.), como también su ubicación específica en la edificación.

5.3 MATERIALES

Para la elección de los materiales a considerar en el diseño de reparación y/o refuerzo, el proyectista debe considerar a lo menos lo siguiente:

- Propiedades de los materiales de reparación
- Tipo de aplicación
- Adherencia
- Retracción
- Dilatación térmica
- Durabilidad
- Resistencia a la corrosión
- Métodos de instalación
- Requisitos de curado
- Compatibilidad con la estructura
- Condiciones medioambientales, entre otros

Los materiales de reparación y armaduras serán seleccionados de tal manera que las características de cada material no afecten adversamente la durabilidad de los otros materiales.

5.4 COMPORTAMIENTO ANTE INCENDIOS Y TEMPERATURAS ELEVADAS

Es importante considerar en el proyecto de reparación y/o refuerzo, el comportamiento a temperaturas elevadas de los materiales y adhesivos a emplear en dichas obras, debiendo cumplir con los niveles de resistencia al fuego de los elementos estructurales y otros requerimientos de seguridad frente al fuego en concordancia con la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

5.5 RECUBRIMIENTOS

En el caso de las reparaciones y/o refuerzo que incluyan elementos de hormigón armado, los requisitos de recubrimiento de las armaduras deben estar de acuerdo con la normativa vigente o la que se adopte para el proyecto de reparación. Cuando el recubrimiento existente es insuficiente para proporcionar protección contra la corrosión, se debe proporcionar recubrimiento adicional o un medio alternativo de protección para mitigar la corrosión de las armaduras dentro del área de reparación. Al respecto, y en relación con el diseño de los elementos de hormigón armado y la normativa actual vigente, dependiendo del tipo de exposición al que vaya estar sujeto el elemento, en su condición de servicio se debe considerar lo estipulado en ACI 318 capítulo 4, referido a los requisitos de durabilidad del hormigón.

Para métodos y materiales alternativos, el proyectista puede especificar un recubrimiento equivalente el cual deberá proporcionar suficiente protección contra la corrosión e incendios.

5.6 GRIETAS

El diseño de las reparaciones deberá considerar los efectos de las grietas en la durabilidad, rendimiento y vida útil de diseño esperados para el proyecto de reparación y/o refuerzo. La reparación de las grietas deberá ser evaluada y considerada en el diseño de reparación y considerar la posible pérdida de resistencia del elemento o modificación de su capacidad original.

5.7 CORROSIÓN Y DETERIORO DE LAS ARMADURAS

Los materiales de reparación y/o refuerzo no deben contener componentes corrosivos para las armaduras en el área de reparación. Los áridos a emplear deben cumplir con los requisitos de la norma NCh 163.

Cuando se evalúa la durabilidad y la resistencia de un miembro estructural a largo plazo, se debe considerar que la corrosión de las armaduras se encapsula dentro de los nuevos materiales de reparación.

Las armaduras de acero existentes y las adicionadas deben ser protegidas de la corrosión y deterioro. Se debe considerar la corrosión galvánica entre materiales electroquímicamente diferentes.

Si se utilizan sistemas de protección electroquímicos para proteger el acero de refuerzo en las zonas de reparación, se deberá considerar la interacción de este sistema con los elementos reparados, con toda la estructura y el medioambiente.

5.8 REVESTIMIENTOS Y TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Si dentro de las obras de reparación y/o refuerzo se incluyen revestimientos y/o tratamientos superficiales, es importante considerar la influencia que tendrá la transmisión de humedad que se genera por este tipo de obras.

La selección de los tratamientos superficiales debe considerar las grietas existentes y su potencial de movimiento en la durabilidad del sistema de reparación, el tratamiento de superficie, y la vida de servicio esperada de la estructura.

5.9 CONSIDERACIONES AMBIENTALES

Dentro de los documentos que integran el proyecto de reparación y/o refuerzo se deberá incluir un instructivo para el contratista encargado de las obras, el cual deberá incluir las medidas de protección ambiental a considerar en las obras, los protocolos para informar hallazgos o nuevas condiciones que se generen y las labores de control de todos los residuos de la construcción, incluyendo materiales peligrosos para el medioambiente.

5.10 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

La ejecución de los trabajos se debe realizar de acuerdo con el plan de calidad elaborado para el proyecto.

Los productos y sistemas utilizados para la ejecución de los trabajos deben satisfacer los requisitos de control de calidad definidos en los desarrollos de cada técnica que se empleará en el proyecto.

Las condiciones de almacenamiento y los periodos para la utilización de los productos y sistemas deben estar conformes con los definidos en el desarrollo de cada técnica que se empleará en el proyecto.

5.11 INSPECCIÓN

Los proyectos de reparación y/o reforzamiento estructural deberán contar previamente con un programa de inspección y control, con base en el programa de la obra. Para ello, se recomienda utilizar los controles y frecuencias de muestreo establecidas en la normativa vigente para cada técnica constructiva o material utilizado, o lo requerido específicamente para cada proyecto particular, según lo especificado por el proyectista.

El proyectista debe incluir en las especificaciones técnicas del proyecto los requerimientos de ensayos e inspección aplicables al mismo.

5.12 ENTREGA DEL PROYECTO

El proyecto deberá considerar la entrega, como mínimo, de la siguiente documentación:

- Especificaciones técnicas del proyecto (indicando calidad de materiales, metodología constructiva, controles de calidad, etc.).
- Secuencia constructiva (indicando secuencia de instalación de refuerzos, secuencias de reparación, apuntalamientos, etc.).
- Proyecto de estructuras (memoria de cálculo y planimetría, incluyendo detalle de uniones, cortes, plantas, etc.).
- Fichas de reparación y/o reforzamiento (indicando la técnica, metodología y procedimiento específico de la técnica a utilizar en el proyecto).
- Todo documento que, sin ser excluyente de los anteriores, complemente el proyecto específico a desarrollar.

CAPÍTULO 6

SISTEMAS DE REPARACIÓN Y REFUERZOS PARA HORMIGÓN Y ALBAÑILERÍAS

CAPÍTULO 6

SISTEMAS DE REPARACIÓN Y REFUERZOS PARA HORMIGÓN Y ALBAÑILERÍAS

6.1 GENERALIDADES

Dada la importancia de una correcta ejecución de las siguientes técnicas, estas deben ser aplicadas por empresas especialistas con experiencia en el área de reparación y refuerzo estructural.

6.2 TÉCNICAS DE REPARACIÓN Y REFUERZO

A continuación, se listan las principales técnicas de reparación y refuerzo referidas en el presente documento, como también su respectiva aplicación, dependiendo de la materialidad y requisitos de intervención de la estructura.

CUADRO DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN Y REFUERZOS PARA HORMIGÓN Y ALBAÑILERÍA

	TÉCNICA	APLICACIÓN
1	APLICACIÓN MANUAL DE MORTERO DE REPARACIÓN ESTRUCTURAL TIXOTRÓPICO (AUTOSOPORTANTE)	REPARACIÓN DE HORMIGÓN REPARACIÓN DE ALBAÑILERÍAS
2	HORMIGÓN VACIADO EN SITIO EXPANSIVO-FLUIDO-TRADICIONAL	REPARACIÓN DE HORMIGÓN
3	HORMIGÓN PREEMPACADO	REPARACIÓN DE HORMIGÓN
4	HORMIGÓN O MORTERO PROYECTADO (SHOTCRETE)	REPARACIÓN / REFUERZO DE HORMIGÓN REPARACIÓN / REFUERZO DE ALBAÑILERÍA
5	INYECCIÓN DE FISURAS-GRIETAS CON RESINA EPÓXICA	REPARACIÓN DE HORMIGÓN REPARACIÓN DE ALBAÑILERÍAS
6	INYECCIÓN DE FISURAS-GRIETAS CON LECHADAS O MORTEROS CON BASE EN CEMENTO	REPARACIÓN DE ALBAÑILERÍAS
7	REEMPLAZO DE ARMADURAS DAÑADAS UTILIZANDO BARRAS DE TRASLAPE	REPARACIÓN DE HORMIGÓN
8	FIBRAS DE CARBONO EMBEBIDAS	REPARACIÓN / REFUERZO DE HORMIGÓN
9	REEMPLAZO DE ARMADURAS DAÑADAS UTILIZANDO CONECTORES MECÁNICOS	REPARACIÓN / REFUERZO DE HORMIGÓN
10	PLANCHAS DE ACERO ADHERIDAS EXTERIORMENTE	REPARACIÓN / REFUERZO DE HORMIGÓN REPARACIÓN / REFUERZO DE ALBAÑILERÍA
11	FIBRAS DE CARBONO ADHERIDAS EXTERIORMENTE	REPARACIÓN / REFUERZO DE HORMIGÓN REPARACIÓN / REFUERZO DE ALBAÑILERÍA
12	REPOSICIÓN DE ALBAÑILERÍAS	REPARACIÓN DE ALBAÑILERÍAS
13	INSERCIÓN DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO EN ALBAÑILERÍAS	REFUERZO DE ALBAÑILERÍAS
14	ANCLAJES DE ACERO	REPARACIÓN / REFUERZO DE HORMIGÓN REPARACIÓN / REFUERZO DE ALBAÑILERÍA
15	VINCULACIÓN DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN CON ALBAÑILERÍA	REPARACIÓN DE ALBAÑILERÍAS

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 7

CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA
PREPARACIÓN DEL SUSTRATO

CAPÍTULO 7

CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA PREPARACIÓN DEL SUSTRATO

7.1 PREPARACIÓN DEL HORMIGÓN Y ALBAÑILERÍA

7.1.1 GENERALIDADES

Para la preparación del sustrato se debe levantar todo el material débil, dañado o deteriorado; adicionalmente se debe retirar el material microfisurado o despegado, incluyendo el causado por las técnicas de limpieza, picado o levantado que reducen la adherencia o la integridad estructural. La superficie final se debe inspeccionar visualmente y, para el caso del hormigón, someter a una prueba de golpeo con un mazo para detectar material no adherido.

7.1.2 LIMPIEZA

Se deben considerar los requisitos siguientes:

- A. El sustrato debe estar exento de polvo, material desprendido, contaminantes en la superficie y materiales que reduzcan o impidan la adherencia o la succión o la humidificación por los materiales de reparación.
- B. A menos que la limpieza se realice inmediatamente antes de la aplicación de los materiales de protección y de reparación, el sustrato limpio debe protegerse contra el riesgo de una nueva contaminación.

7.1.3 RUGOSIDAD

Para los métodos que requieran una rugosidad determinada, la textura de la superficie debe ser la adecuada para los productos y sistemas a aplicar.

7.1.4 REMOCIÓN PARCIAL DE HORMIGÓN Y ALBAÑILERÍA

Se deben respetar los siguientes requisitos para los métodos que requieran una remoción parcial de hormigón o albañilería:

1. La remoción se debe limitar al mínimo necesario.
2. La remoción no debe reducir la integridad estructural más allá de la capacidad de la estructura para garantizar su función. Puede ser necesario un soporte temporal previendo no dañar estructura existente.
3. La extensión de la remoción debe estar de acuerdo con el método elegido y se debe especificar, teniendo en cuenta los aspectos siguientes:
 - La presencia de contaminantes, carbonatación y corrosión de armaduras antes y después de la reparación.
 - El recubrimiento de las armaduras.
 - La necesidad de compactación del material para reparación.
 - La necesidad de adherencia al sustrato.
 - La necesidad de un tratamiento de las armaduras.



7.2 PREPARACIÓN DE LAS ARMADURAS

7.2.1 LIMPIEZA

Se deben cumplir los siguientes requisitos para los métodos que precisen una limpieza:

- Se debe retirar el óxido, el mortero, el hormigón, el polvo y cualquier otro material suelto o deteriorado que reduzca la adherencia o contribuya a la corrosión;
- La armadura expuesta se debe limpiar uniformemente sobre su circunferencia íntegra, excepto donde lo impidan consideraciones estructurales;
- Salvo que la limpieza se realice justo antes de la aplicación de los productos y sistemas para la protección y reparación, el soporte limpio se debe proteger contra el riesgo de una nueva contaminación;
- La armadura se debe limpiar sin causarle daño, deterioro o contaminación para el hormigón adyacente o su entorno;
- Cuando la armadura expuesta esté contaminada por cloruros u otras materias que puedan causar corrosión, se debe limpiar la armadura contaminada en todo su perímetro por proyección de agua a presión, hidroarenado o granallado que no dañe el hormigón adyacente, salvo que se utilicen métodos de protección y/o tratamientos electroquímicos.

CAPÍTULO 8

DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE REPARACIÓN Y REFUERZO PARA HORMIGÓN Y/O ALBAÑILERÍAS

CAPÍTULO 8

DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE REPARACIÓN Y REFUERZO PARA HORMIGÓN Y/O ALBAÑILERÍAS

8.1 GENERALIDADES

Los productos, antes de su utilización, se deben almacenar de acuerdo con las indicaciones del fabricante, de manera que no se deterioren sus propiedades.

Antes y durante la aplicación de los productos y sistemas, se deben tener en cuenta la temperatura y el contenido de humedad del sustrato, así como las características del entorno, como, por ejemplo, la temperatura, la humedad relativa, el punto de rocío, la velocidad de variación de la humedad bajo los efectos de la lluvia y del viento.

Se deben considerar y tener presentes las fichas técnicas del fabricante de todos los productos a utilizar en las técnicas de reparación y refuerzos, siguiendo las indicaciones de este para la preparación y aplicación de productos y sistemas.

8.2. TÉCNICAS, DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO

A continuación, se describen las principales técnicas detalladas en la tabla del capítulo 6, como también sus respectivos materiales, equipos, procedimiento de trabajo y controles de calidad aplicados.



T1. APLICACIÓN MANUAL DE MORTERO DE REPARACIÓN ESTRUCTURAL TIXOTRÓPICO (AUTOSOPORTANTE)

A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

Técnica de reparación estructural en la que un volumen de hormigón o albañilería dañado es reemplazado por un mortero de reparación estructural autosoportante. En general se utiliza para reparaciones localizadas y de bajos volúmenes.

Esta técnica es también utilizada para la reparación de fisuras existentes en el mortero de pega en albañilerías.

B) MATERIALES

MORTERO DE REPARACIÓN:

El mortero de reparación estructural es predosificado y diseñado específicamente para esta aplicación, puede ser de base cementicia o epóxica. Independiente de su naturaleza, se debe tener en cuenta que su resistencia mecánica y módulo de elasticidad sean compatibles con el sustrato a reparar. Adicionalmente, la elección del tipo de mortero a utilizar dependerá de las características de resistencia química, profundidad y relevancia del daño y tiempo de puesta en servicio requeridas, según sea el caso. Los morteros de reparación estructural tienen la característica de ser tixotrópicos (autosoportantes).

PUENTE ADHERENTE:

Para el caso del mortero de reparación estructural de base cementicia se requiere el uso de un puente adherente epóxico como película de unión entre el sustrato y el mortero de reparación.

Para los morteros de reparación estructural epóxicos esta característica viene incorporada en la mezcla predosificada.

Para los morteros de reparación estructural y puentes de adherencia se debe respetar de manera rigurosa la dosificación especificada en la ficha técnica del producto.

C) EQUIPOS

Para la aplicación de esta técnica no se requieren equipos especiales. Sin embargo, se recomienda utilizar, para el caso de mortero de reparación estructural de base epóxica, un sistema revolver automatizado mixer para asegurar la homogeneidad requerida para la mezcla.

D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

Se debe retirar todo material suelto o dañado hasta obtener un sustrato sano, limpio y rugoso. En el caso del hormigón, el acero de refuerzo debe limpiarse o reemplazarse dependiendo del nivel de corrosión detectado. Los bordes de la reparación deben ser rectos.

En el caso de reparación de fisuras en las canterías de albañilería, se debe retirar todo el mortero de pega que se encuentre dañado; si la fisura traspasa la cantería de lado a lado, debe retirarse la totalidad de mortero de pega accediendo por una de sus caras y luego por la otra cara del muro. Posteriormente se debe efectuar una limpieza rigurosa con base en aire a presión. Se recomienda en los morteros de reparación estructural con base en cemento el uso de puente de adherencia epóxico; en caso de no considerar dicha base, el sustrato debe ser humedecido correctamente, teniendo presente que la superficie esté libre de agua en el momento de la aplicación.

El mortero para reparación se debe aplicar en el sustrato preparado y se debe compactar evitando la inclusión de burbujas de aire atrapado, de manera que se obtenga la resistencia requerida y se protejan las armaduras frente a la corrosión, en el caso de hormigón.

Para reparación de daños localizados en hormigón o albañilería, esta técnica se ejecuta mediante la aplicación de capas de espesores máximos definidos en la ficha técnica del producto, para evitar el riesgo de deslizamiento del material y asegurar su correcto fraguado. La primera capa de mortero se debe presionar manualmente contra la superficie. Las capas siguientes deben ser compactadas enérgicamente. Se recomienda aplicar la última capa con platacho de madera para dar una terminación adecuada. El tiempo de espera entre la aplicación de cada capa y el curado posterior se encuentra definido en la ficha técnica del producto.

Para la reparación de fisuras en canterías de albañilería, se debe realizar este mismo procedimiento, accediendo por una de sus caras y luego por la otra cara del muro hasta completar la totalidad del espesor a reparar.

E) CONTROL DE CALIDAD

Los sectores a reparar con mortero deben ser claramente identificados en obra y se debe llevar un registro de la preparación de superficie, mezcla de los materiales y aplicación del mortero, indicando fecha y cantidades involucradas.

Se requiere una adecuada inspección visual durante y después de la aplicación.

Se debe controlar la correcta dosificación del mortero de reparación estructural y puente adherente.

Posterior a la aplicación, se debe controlar el adecuado curado del mortero durante el tiempo de fraguado. El mortero epóxico no requiere curado húmedo.

Para verificar la adherencia del mortero de reparación estructural al sustrato, se deben efectuar golpes en la superficie terminada.

T2. HORMIGÓN VACIADO EN SITIO (EXPANSIVO-FLUIDO-TRADICIONAL)

A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

Técnica de reparación estructural en la que un volumen de hormigón dañado es reemplazado por un nuevo hormigón de reparación estructural. También se utiliza para el caso de recrecidos de algún elemento estructural.

B) MATERIALES

La resistencia del hormigón de reparación deberá ser la misma que la del elemento a reparar. El tamaño máximo del árido debe ser compatible con los espesores a hormigonar y la densidad de armaduras existentes.

HORMIGÓN:

El tipo de hormigón (expansivo, fluido o tradicional) dependerá de las características, accesibilidad y magnitud de la reparación.

Se recomienda seleccionar hormigones fluidos cuando la reparación se realice en sectores estrechos, de difícil acceso y de gran densidad de armaduras. Además, estos funcionan de forma eficiente en sectores horizontales (pisos) por su característica de autonivelación.

Se recomienda seleccionar hormigones o morteros expansivos en rellenos donde el material quedará confinado, o donde debido a la fuerza de gravedad no sea posible ejecutar el relleno.

PUENTE ADHERENTE:

Se requiere el uso de un puente adherente epóxico como película de unión entre el sustrato y el hormigón de reparación. Se debe respetar de manera rigurosa la dosificación especificada en la ficha técnica del producto.

C) EQUIPOS

Dentro de los equipos podemos encontrar:

- Demoledor
- Taladro
- Betonera
- Equipos de compactación (vibradores o pisones)

D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

Se debe remover todo el hormigón defectuoso y picar hasta alcanzar el hormigón sano. Se debe eliminar el exceso de irregularidades, dando una forma geométrica adecuada para facilitar el escurrimiento del hormigón.

Toda la superficie del sustrato que estará en contacto con el nuevo hormigón vaciado en sitio deberá estar limpia, libre de polvo, sin partes sueltas u otras materias extrañas que puedan impedir su adherencia.

Se debe aplicar un puente de adherencia en todas las zonas donde el nuevo hormigón estará en contacto con el ya endurecido, respetando los tiempos de pot life (vida útil).

PROCEDIMIENTO DE VACIADO

Previo al vaciado del hormigón se deberán instalar moldajes, los cuales deben ser estancos y provistos de buzón si es necesario.

Para que la masa de hormigón se mantenga homogénea y se distribuya uniformemente en todo el espacio interior del moldaje, se debe evitar que al momento del vaciado se produzcan segregaciones.

Se deben rellenar todas las secciones con el nuevo hormigón, cuidando de no dejar oquedades o vacíos en la sección a reparar.

Recomendaciones generales:

- El vaciado no debe efectuarse desde gran altura (uno o dos metros como máximo), procurando que su dirección sea vertical y evitando desplazamientos horizontales de la masa de hormigón. Es conveniente abrir buzones en el moldaje para reducir la altura de caída del hormigón. El hormigón debe ir dirigido durante el vaciado mediante canaletas u otros dispositivos que impidan su choque libre contra los moldajes y/o armaduras.
- La colocación se efectuará por capas horizontales con un espesor que permita una buena compactación de la masa (en general, de 20 a 30 cm, sin superar los 40 cm cuando se trate de hormigón en masa, ni los 60 cm en hormigón armado).
- No se permitirá arrojar el hormigón con pala a gran distancia, ni distribuirlo con rastrillos para no disgregarlo. Tampoco se podrá desplazar el hormigón más de un metro del lugar de vaciado.

COMPACTACIÓN

La compactación podrá realizarse mediante vibración o por apisonado manual. La elección de un método u otro dependerá del asentamiento de cono de la mezcla.

CURADO DEL HORMIGÓN

Es necesario curar el hormigón, para lo cual existen diferentes métodos, los que se pueden agrupar en los que se basan en tratamientos húmedos y los que emplean cubiertas protectoras para evitar la pérdida de humedad.

E) CONTROL DE CALIDAD

- Se requiere una adecuada inspección visual durante y después de la preparación de la superficie.
- Se debe controlar la correcta dosificación del hormigón de reparación y el puente adherente.
- Se debe verificar mediante golpes en la superficie terminada la adherencia del hormigón de reparación estructural al sustrato.
- Se debe controlar el adecuado curado del hormigón durante el tiempo de fraguado.
- Se debe controlar la resistencia final del hormigón de reparación mediante ensayos de probetas y/o extracción de testigos.

T3. HORMIGÓN PREEMPACADO

A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

Técnica de reparación estructural utilizada en lugares donde se requiere volver a hormigonar una zona localizada de difícil acceso.

Se entiende por hormigón preempacado, al hormigón confeccionado mediante el método de colocar el agregado grueso previo a la instalación del moldaje, para posteriormente inyectar a presión un grout compuesto de cemento, arena y aditivos hasta llenar completamente los huecos de la matriz de grava.

B) MATERIALES

ÁRIDO GRUESO:

Este debe ser un material limpio, de preferencia grava natural o proveniente de piedra chancada que debe cumplir con las exigencias aplicables a las de un hormigón tradicional y cuya granulometría debe satisfacer alguna de las siguientes bandas:

Banda N°1: Tamaño entre 1/2" y 1/4"

Banda N°2: Tamaño entre 3/4" y 1/4"

MALLA	PORCENTAJE QUE PASA (%)	
	Banda N°1	Banda N°2
ASTM N°		
1 1/2" (37,5 mm)	95 - 100	-
1" (25 mm)	40 - 80	-
3/4" (19 mm)	20 - 45	0 - 10
1/2" (12,5 mm)	0 - 10	0 - 2
3/8" (9,5 mm)	0 - 2	0 - 1

Fuente: Elaboración propia.

La banda granulométrica a utilizar depende de las condiciones particulares del trabajo a ejecutar. Como regla general debe considerarse apropiado un contenido de huecos de aproximadamente 35 % en la matriz de grava, por lo que debe privilegiarse el uso de la banda N°1 (Banda Gruesa) para reparaciones con formas complejas y volúmenes de difícil acceso.

ÁRIDO FINO:

Este deberá ser arena natural o proveniente de planta, debiendo cumplir con las especificaciones para hormigón tradicional, salvo en lo que a granulometría se refiere, la cual debe cumplir con la siguiente banda:

MALLA N°	PORCENTAJE (%) QUE PASA
N°4 (4,75 mm)	-
N°8 (2,36 mm)	100
N°16 (1,18 mm)	95 - 100
N°30 (0,6 mm)	55 - 80
N°50 (0,3 mm)	30 - 55
N°100 (0,15 mm)	10 - 30
N°200 (0,075 mm)	0 - 10

Fuente: Elaboración propia.

Módulo de finura: 1,3-2,1

CEMENTO:

Para la inyección se utilizará una lechada o mortero de cemento. La mezcla debe ser de alta fluidez y consistencia, sin exudación o retracción y tener una alta adherencia al sustrato.

Se podrán utilizar dos tipos de mezclas: las preparadas en terreno con la incorporación de aditivos y las predosificadas preparadas en fábrica.

El cemento utilizado debe cumplir con las especificaciones de las normas chilenas respectivas. La dosificación deberá asegurar la resistencia especificada por el proyectista. Se recomienda que la dosificación sea determinada por ensayos de laboratorio.

En general para trabajos de inyección se requiere una resistencia a los 28 días igual o levemente superior a la resistencia de la estructura original a reparar.

ADITIVOS:

La incorporación de aditivos es opcional. El uso de aditivos permite mejorar una serie de características de la lechada y mortero, tales como: incremento de la resistencia; disminución de retracciones; características de bombeabilidad; disminución de exudación y aumento de cohesión, entre otras.

Entre los productos que son utilizados se encuentran los siguientes:

- Reductores de agua
- Aditivos para mejorar cohesión y disminuir la exudación
- Aditivos expansores
- Aditivos para mejorar adherencia y bombeabilidad

DOSIFICACIÓN:

La resistencia y dosificación debe ser determinada por el proyectista.

En general, los materiales que componen el grout deben ser dosificados en peso.

La cantidad de arena que puede ser utilizada en la mezcla queda limitada por las exigencias en cuanto a resistencia a compresión requerida, bombeabilidad y capacidad de penetración en los huecos.

En caso de elementos de poca sección, en vigas y columnas, la razón de material cementicio/arena generalmente es del orden de 1:1 en peso (Banda N°1). Para colocaciones más masivas con agregado grueso de tamaño mínimo nominal de $\frac{3}{4}$ " –19 mm– (Banda N°2), la razón cemento/arena puede ser incrementada a 1:1,5.

C) EQUIPOS

El equipamiento previsto para la inyección deberá incluir mezcladora, bomba de inyección de pistón de tipo neumática, regulador de presión de inyección, packers o boquillas de inyección, tubería de inyección, depósitos o recipientes reguladores.

El equipo de inyección debe suministrar un flujo continuo de mezcla homogénea y se requerirá de un estanque de regulación provisto de agitadores mecánicos para mantener la mezcla en movimiento y garantizar el flujo continuo en caso de interrupción de la faena de inyección. La salida de la bomba debe equiparse con un baipás que conecte la descarga con la tolva o agitador.

La bomba de inyección deberá permitir una regulación independiente de caudal y presión, debiendo ser de pistón con desplazamiento positivo.

D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

En la ejecución del hormigón preempacado se deben contemplar los siguientes pasos o etapas:

1. Preparación de las superficies en las cuales se ejecutará el hormigón preempacado.
2. Colocación de armaduras en caso necesario, e instalación de las tuberías de inyección.
3. Colocación de agregado grueso.
4. Colocación de moldajes.
5. Preparación de la mezcla de inyección.
6. Inyección de la mezcla mediante bombeo en la matriz de grava.
7. Terminaciones y curado, según sea requerido.

PREPARACIÓN DE SUPERFICIE EXISTENTE:

Para obtener una adecuada adherencia, las superficies de hormigón existente deben ser prolijamente limpiadas, retirando todo el material suelto o dañado hasta llegar al hormigón sano.

INSERTOS**A. TUBERÍAS DE INYECCIÓN:**

Estas cañerías de $\frac{3}{4}$ " a $1\frac{1}{4}$ " de diámetro se extenderán dentro de los moldajes, penetrando verticalmente hasta 7 cm sobre el fondo del agregado grueso, u horizontalmente a través del moldaje lateral a diferentes elevaciones.

El espaciamiento entre tuberías de inyección es variable y se recomienda lo siguiente:

ESPESOR DEL ELEMENTO	ESPACIAMIENTO ENTRE TUBERÍAS
Hasta 10 cm	Entre 50 y 90 cm
Entre 11 y 45 cm	Entre 90 y 150 cm
Mayores a 45 cm	Entre 150 y 180 cm

Fuente: Elaboración propia.

B. DUCTOS DE VENTEO

En lugares donde puede quedar aire atrapado se deben colocar tuberías o mangueras para permitir la salida del aire (agua) y obtener un pleno llenado de la sección.

MOLDAJES

Los moldajes deben ser de la resistencia adecuada y estancos para evitar la fuga del grout, permitiendo la salida del aire y agua.

De preferencia, deben ser fabricados con tabla machihembrada en los costados y con placa carpintera en los fondos.

Para mejorar la estanqueidad se podrá utilizar arpillera o material similar en la unión entre moldajes. Los pernos de anclaje o cualquier material que penetre al moldaje deben ser adecuadamente sellados por el interior para prevenir fugas de material.

COLOCACIÓN DE ÁRIDO GRUESO

Previo a la colocación manual del árido grueso, este debe ser adecuadamente lavado para eliminar toda suciedad o polvo adherido.

En casos especiales de alta densidad de armaduras o colocaciones sobre cabezales, se puede utilizar en forma auxiliar el varillado. También se puede utilizar una malla de metal desplegado afianzada a la armadura existente, para contener el árido colocado.

INYECCIÓN DEL GROUT

La secuencia para el procedimiento de mezclado, debe ser: agua, aditivos, material cementicio y agregado fino.

Al momento de la inyección, el agregado grueso y las superficies de hormigón existentes deben encontrarse en condición saturada. Para asegurarse de lo anterior y con el objeto de verificar que los moldajes sean estancos, es conveniente llenar los moldes con agua utilizando las cañerías insertas de inyección y mantener el agua durante 12 horas como mínimo. Posteriormente se vacía el agua de los moldes antes de iniciar el proceso de llenado con grout.

La inyección del grout se debe iniciar por los puntos más bajos del moldaje, empleando el método de llenado por capas horizontales.

El método consiste en inyectar el grout desde la boquilla de inyección más baja, hasta que empiece a fluir por la boquilla de inyección más próxima. Luego, se continuará con la siguiente boquilla de

inyección ubicada en el mismo nivel, repitiendo el procedimiento en forma sucesiva hasta completar toda la línea de boquillas inferiores. Continuar llenando de esta forma las capas horizontales superiores.

La inyección del grout debe ser continua, hasta que emerja por los tubos de venteo que indican un llenado completo de los moldes.

Para una mejor terminación superficial en la zona de contacto con los moldes, se puede aplicar vibración externa, la que debe ser de baja frecuencia y alta amplitud, evitando una excesiva vibración, la que puede ser dañina.

CURADO

El hormigón preempacado debe curarse del mismo modo que el hormigón convencional.

E) CONTROL DE CALIDAD

PREVIO A LA COLOCACIÓN:

Previo al inicio de la faena, se deberán hacer las dosificaciones de prueba que aseguren el cumplimiento de las especificaciones técnicas. Para cada dosificación en estudio se deberán preparar cilindros de prueba llenos con la matriz de grava y hormigón preempacado, los cuales deben ser ensayados.

El equipo de mezclado y bombeo debe ser verificado y estar en perfectas condiciones de trabajo antes del inicio de la faena.

DURANTE LA EJECUCIÓN:

- Árido grueso. Se debe controlar que el árido esté limpio y sin partículas de bajo tamaño. Posteriormente a la colocación de los moldajes, se deberán mojar hasta condición de saturado sin agua superficial.
- Árido fino. Se debe verificar el cumplimiento de la banda granulométrica especificada, medirse el grado de humedad y hacer los ajustes correspondientes a la cantidad de agua a agregar para obtener la razón agua/cemento especificada.
- Grout de inyección. Se deberá controlar la fluidez de la mezcla a lo menos una vez por jornada de trabajo a través del ensayo de cono de flujo definido en norma ASTM C939.
- Control de resistencia: Se deben preparar en el lugar del trabajo cilindros de muestra replicando el proceso de hormigón preempacado, utilizando el mismo árido, equipo y mezcla de grout que se esté inyectando en la obra, los cuales serán enviados a laboratorio.

T4. HORMIGÓN O MORTERO PROYECTADO (SHOTCRETE) VÍA SECA/VÍA HÚMEDA

A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

El hormigón (mortero) proyectado se define como aquel material colocado por lanzamiento a alta presión sobre una superficie por cubrir, siendo capaz de autosoportarse sin escurrir ni desprenderse en cualquier posición en la que sea aplicado.

Podrá aplicarse por vía húmeda o vía seca dependiendo del volumen de material a requerir y del tipo de equipo a utilizar en la reparación. Esta técnica exige de personal experimentado para su aplicación.

B) MATERIALES

HORMIGÓN O MORTERO

Se podrá utilizar en la confección del hormigón o mortero a proyectar material del siguiente origen:

- Material premezclado proveniente de plantas hormigoneras, con o sin incorporación del agua de amasado, según sea el método de colocación húmedo o seco.
- Materiales mezclados en obra con o sin incorporación del agua de amasado, según sea el método de colocación húmedo o seco.
- Material predosificado envasado y mezclado en seco, suministrado por la industria del ramo para este tipo de aplicaciones.

ADITIVOS

El hormigón o mortero proyectado podrá incluir dentro de sus componentes un acelerador de fraguado que le confiera resistencia inicial en el plazo más breve posible, compatible con su adecuada manipulación.

La utilización de otros aditivos será de acuerdo con los requisitos definidos para el hormigón proyectado según las condiciones particulares de la obra y aprobados por el profesional responsable.

FIBRAS

Opcionalmente, en caso de ser requerido o especificado, podrán adicionarse fibras de acero o polímeros a la mezcla de hormigón o mortero, con la finalidad de disminuir el porcentaje de rebote de material, la fisuración por retracción plástica y para mejorar la resistencia al fuego.

ARMADURA DE REFUERZO

En caso de ser requerido por el proyecto, el hormigón proyectado podrá ser armado utilizando fierro de construcción o bien mallas electrosoldadas.

C) EQUIPOS

El equipamiento para la aplicación de hormigón proyectado deberá incluir una bomba de pistón hidráulica para la proyección por vía húmeda y del tipo neumática para la proyección por vía seca, mangueras, accesorios, pitón de proyección, bomba dosificadora de aditivos y compresor de aire para la proyección.

El equipo de proyección debe entregar un flujo continuo de una mezcla homogénea con tolva provista de agitadores mecánicos para mantener la mezcla en movimiento.

La bomba hidráulica y neumática debe contar con un dispositivo para regular la presión y el caudal de la mezcla.

D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

CONSIDERACIONES GENERALES

Antes de la aplicación principal del hormigón proyectado, deberán realizarse ensayos de calificación del operador. Además, deberán realizarse ensayos de resistencia del material a utilizar, salvo que sea material predosificado. Se deberá tener especial cuidado de que las armaduras queden correctamente embebidas y que la terminación sea la especificada. Estos ensayos se deberán efectuar con suficiente anticipación para asegurar el éxito de la reparación.

PREPARACIÓN DE SUPERFICIE

Se debe retirar todo tipo de recubrimiento de la superficie del sustrato a proyectar, la cual debe quedar libre de polvo, aceite u otro material que incida en la adherencia; para esto se recomienda la aplicación de arenado o granallado.

Para la aplicación de mortero u hormigón proyectado sobre sustratos de hormigón se debe preparar la superficie con base en puntereo, abujardado o escarificado de la superficie.

ACERO DE REFUERZO

En caso de ser especificado un acero de refuerzo, posterior a la preparación de la superficie este debe ser afianzado en el sustrato mediante anclajes (dowels). El procedimiento de instalación de estos anclajes se debe ejecutar según las recomendaciones de la T14: "Anclajes de acero". La cantidad y especificación del anclaje debe ser determinada por cada proyecto.

RECOMENDACIONES GENERALES DE LA APLICACIÓN

Al comenzar el trabajo, debe orientarse el pitón lejos de la zona de aplicación hasta que la mezcla esté correctamente ajustada.

El mortero u hormigón proyectado debe ser aplicado mediante capas sobre el sustrato, haciendo varias pasadas con la boquilla hasta conseguir el espesor especificado.

Cuando la profundidad de la reparación excede el espesor de capa máximo característico del material de reparación, entonces pueden aplicarse varias capas. La capa precedente deberá estar endurecida, a temperatura ambiente, sin alisar, limpia y sin material suelto antes de aplicar la siguiente capa. El mortero u hormigón proyectado debe salir de la boquilla en un flujo continuo sin interrupciones. La boquilla se mantendrá a la distancia adecuada y a 90 grados con respecto a la superficie.

Cuando la proyección se realice detrás de las armaduras, la boquilla debe acercarse a la superficie del sustrato en ángulo para evitar que el rebote de material quede atrapado detrás de las barras. El operador debe asegurar que las barras queden embebidas totalmente y que no queden vacíos entre las barras y el sustrato.

Para aplicaciones verticales, la proyección comenzará desde la parte inferior hacia arriba. En superficies curvas, el mortero se aplicará desde el hombro a la corona. En caso de superficies horizontales se debe proyectar desde un extremo al otro.

Los traslapes en aplicaciones de mayor espesor, deben quedar terminados en 45 grados con respecto a la superficie.

No debe aplicarse mortero u hormigón proyectado sobre las superficies que contienen material de rebote. Se debe necesariamente extraer todo el material de rebote del área de trabajo y no volver a utilizar.

Defectos en el mortero proyectado, tales como: vacíos, escurrimientos u otros deben removerse cuidadosamente y vueltos a proyectar. Se recomienda que la zona a reparar sea superior de 300 x 300 mm.

La aplicación se debe proteger del sol directo, lluvia, helada y viento.

La temperatura del sustrato y del mortero u hormigón de reparación no debe diferir significativamente.

TIPOS DE HORMIGÓN O MORTERO PROYECTADO

El mortero u hormigón proyectado podrá ser aplicado mediante vía seca o húmeda.

La elección del sistema de proyección podrá considerar en su análisis algunos de los siguientes aspectos:

ÍTEM	VÍA HÚMEDA	VÍA SECA
Rendimiento	Promedio entre 3 a 10 m ³ /hora	Promedio entre 1 a 3 m ³ /hora
Porcentaje de rebote	Promedio entre 5 a 15 %	Promedio entre 30 a 60 %
Polución	Baja	Alta
Control de calidad de la mezcla	Baja	Alta
Transporte a través de ductos	Distancia máxima recomendable: 200 m	Distancia máxima recomendable: 500 m
Aplicaciones	Altos volúmenes de aplicación	Bajos volúmenes de aplicación
Espesores	Mayores espesores de aplicación	Menores espesores de aplicación

Fuente: Elaboración propia.

PROYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA

Este proceso consiste en que el mortero u hormigón premezclado es suministrado en la tolva de la máquina de proyección. La bomba luego transporta el mortero u hormigón hasta el punto de aplicación, donde el aire incorporado en la boquilla disipa y proyecta el mortero u hormigón sobre el sustrato.

Al inicio, la bomba, manguera y tubería deben lubricarse usando una lechada de cemento. Esta lechada debe contener el agua adecuada para evitar su sedimentación. No debe utilizarse este material para proyección sobre el sustrato.

El mortero u hormigón de reparación deberá contener una cantidad de agua adecuada para obtener la fluidez requerida. Una mezcla de mortero u hormigón muy fluida puede causar escurrimiento en la superficie. Un mortero u hormigón muy seco puede no ser transportado por la bomba causando atascos de material.

El pitonero debe ajustar la cantidad de aire a alta presión requerida para producir una masa homogénea del mortero u hormigón en el sustrato de aplicación. Un exceso de aire a alta presión causará un aumento en el porcentaje de rebote, teniendo como consecuencia una mayor pérdida de material. Muy poco aire no proporcionará la suficiente compactación del mortero u hormigón en la superficie de aplicación.

PROYECCIÓN POR VÍA SECA

Este proceso consiste en colocar el mortero u hormigón en estado seco en la tolva de la bomba, el que luego es transportado por aire comprimido hacia la boquilla de aplicación, donde el material es mezclado con agua y proyectado al sustrato utilizando aire a presión.

El equipo de pulverización permite una regulación continua de la producción y el ajuste proporcional del material y el agua. El pitonero debe regular la cantidad de agua para asegurar una mezcla homogénea con el material seco.

La máquina de proyección y la manguera deben estar secas al empezar a trabajar. No se debe agregar agua al material seco y se debe además evitar su aplicación en condiciones expuestas al agua o de alta humedad.

Un exceso de agua en la boquilla hará que el mortero sea muy fluido y probablemente se escurrirá sobre la superficie. Por el contrario, muy poca agua evitará que el mortero se compacte adecuadamente, causando un exceso de material seco y rebote.

TERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE

Se recomienda que el mortero u hormigón quede con un espesor ligeramente mayor al requerido. Retirar el exceso de la mezcla con una regla de acero o madera, sin alterar la adherencia del mortero sobre el sustrato.

Terminar suavemente la superficie con un plato de madera o de PVC, evitando un exceso de manipulación para disminuir la fisuración y no alterar la adherencia sobre el sustrato. No se debe agregar agua adicional en la superficie.

CURADO

El método y periodo de curado deberá ser especificado por el ingeniero proyectista en los documentos del proyecto; en cualquier caso, el periodo mínimo de curado no podrá ser inferior a tres días, pudiendo requerir más días dependiendo de las condiciones climáticas donde se emplaza la reparación.

Los métodos de curado incluyen arpillera húmeda, riego con agua, láminas de polietileno y compuestos formados por membranas de curado. Cabe señalar que el inicio del proceso de curado no debe sobrepasar los 60 minutos después de la aplicación del shotcrete.

Se recomienda no aplicar un compuesto de curado si una capa de pintura o revestimiento debe ser aplicada posteriormente, a menos que se compruebe la compatibilidad entre el compuesto y la pintura posterior.

E) CONTROL DE CALIDAD

ANTES Y DESPUÉS DE LA PREPARACIÓN DE SUPERFICIE:

CARACTERÍSTICA	REFERENCIA	FRECUENCIA	CRITERIO DE ACEPTACIÓN
Limpieza de sustrato	Visual	Siempre después de la preparación e inmediatamente antes de la aplicación	Sin contaminación, partículas sueltas o defectos
Limpieza de barras de acero	Visual	Siempre después de la preparación e inmediatamente antes de la aplicación	Sin óxido ni contaminación.
Delaminación del Sustrato (en caso de hormigón)	Sonido de martillo (UNE-EN 12504-2)	Siempre después de la preparación e inmediatamente antes de la aplicación	Sin delaminación
Rugosidad	Visual	Siempre después de la preparación e inmediatamente antes de la aplicación	Con rugosidad
Resistencia a la tracción de la superficie (<i>pull off</i>)	NCh 2471 (ASTM D4541)	Después de la preparación	De acuerdo con lo especificado por el proyectista

Fuente: Elaboración propia.

ANTES Y DURANTE LA APLICACIÓN:

CARACTERÍSTICA	REFERENCIA	FRECUENCIA	CRITERIO DE ACEPTACIÓN
Mortero predosificado de reparación envasado	Visual	Cada envase	Sin alteraciones
Equipo de proyección	Según catálogo	Antes de la aplicación	Condiciones apropiadas
Material: Hormigón o mortero premezclado u hormigón elaborado en obra	Visual	Cada mezcla	Homogénea, sin grumos, sin material no mezclado
Viento	Registro	Durante la aplicación	Menos de 8 m/seg o colocar protección
Lluvia	Registro	Diaria	Colocar protección y mantener registro

Fuente: Elaboración propia.

POSTERIOR A LA APLICACIÓN:

CARACTERÍSTICA	REFERENCIA	FRECUENCIA	CRITERIO DE ACEPTACIÓN
Resistencia a la compresión de mortero en prismas	NCh 158 (UNE-EN 12190)	A determinar por el proyectista	Resistencia requerida por proyecto
Resistencia a la compresión de testigos de hormigón endurecidos	NCh1171	A determinar por el proyectista	Resistencia requerida por el proyecto
Agrietamiento	Visual	Siempre, 28 días después de la aplicación	Sin grietas
Presencia de vacíos o delaminación	Sonido de martillo (UNE-EN 12504-2)	Siempre después de la aplicación	Sin delaminación

Fuente: Elaboración propia.

T5. INYECCIÓN DE FISURAS Y/O GRIETAS CON RESINA EPÓXICA

A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

La inyección epóxica de grietas y fisuras inactivas tiene como objetivo restaurar el monolitismo de la estructura. La tecnología y productos existentes permiten inyectar grietas de espesores tan bajos como 0,05 mm.

Existen diversas técnicas de inyección epóxica, pudiendo ser esta manual o mecanizada. El sistema recomendado, por su mayor eficiencia y calidad, es mediante equipos de mezcla e inyección simultánea.

B) MATERIALES

SELLO DE SUPERFICIE

El material usado como sello de superficie es una masilla epóxica de dos componentes, el que presenta la resistencia y adhesión adecuada para confinar en la grieta el adhesivo de inyección hasta que este termine su curado.

ADHESIVO PARA INYECCIÓN

Este debe ser epóxico de dos componentes: resina epóxica y agente endurecedor (catalizador). Se debe respetar estrictamente la relación de mezcla señalada por el fabricante para asegurar las propiedades establecidas en la ficha del producto.

Se recomienda que la mezcla y la inyección sea simultánea, a fin de garantizar que el adhesivo esté plenamente reactivo. El tiempo de aplicación del producto debe estar dentro del tiempo de pot life (vida útil) indicado por el fabricante.

Los materiales se deben entregar en obra en envases de fábrica etiquetados y sellados.

C) EQUIPOS

Se recomienda un equipo de inyección automatizada de mezcla en punta que permita medir y mezclar los dos componentes del adhesivo de inyección. Las características del equipo deben ser:

- Relación de mezcla constante entre los dos componentes de la resina.
- Mantención durante todo el proceso de inyección de la viscosidad nominal de la mezcla, dado que esta se produce en el extremo de salida del equipo.
- Control permanente de la presión de inyección, regulable en un rango de 20 a 500 psi.

El equipo debe ser capaz de mantener la relación de mezcla prevista por el fabricante del adhesivo de inyección dentro de la tolerancia de $\pm 5\%$ en volumen, a cualquier presión de descarga.

D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

Una vez retirados los recubrimientos, la superficie del sustrato a lo largo de la traza de las grietas debe ser sometida a una limpieza superficial en una franja de aproximadamente 5 cm de ancho que permita obtener una superficie de sustrato totalmente exenta de impurezas, lechada superficial y en general de cualquier material suelto. El trabajo de limpieza se debe efectuar mediante medios mecanizados con disco abrasivo o manualmente con escobillas de acero.

SELLO DE GRIETAS Y COLOCACIÓN DE BOQUILLAS

Una vez terminada la limpieza, se procede a la fijación de boquillas de inyección, las cuales se deben instalar a una separación aproximada al espesor del elemento.

La fisura se sella en la misma operación de anclaje de boquillas, dejando boquillas de control por la otra cara del elemento. El material que se utiliza para el sellado de las fisuras y el anclaje de boquillas es la masilla epóxica descrita anteriormente. Se recomienda siempre sellar la grieta por ambas caras, salvo en los casos en que no se tenga acceso.

INYECCIÓN DE GRIETAS

Una vez fraguado y endurecido el material de anclaje de boquillas y sello de fisura, se procede al control de comunicación entre boquillas mediante inyección de aire, lo cual permite adicionalmente extraer el agua que eventualmente pudiera estar atrapada al interior de la grieta.

Verificada la comunicación entre boquillas se prosigue a realizar la inyección de resina epóxica, utilizando para ello el equipo de inyección de mezcla en punta con desplazamiento positivo.

La inyección de cada fisura se efectúa en un solo acto, iniciándose desde la boquilla del extremo inferior. Una vez que la resina aflora por la boquilla siguiente, esta se obtura. Se continúa sucesivamente inyectando el resto de las boquillas hasta el otro extremo, controlando el desplazamiento de la resina a través de toda la grieta. Las boquillas de control permiten visualizar el llenado de la grieta en todo el espesor del elemento. En caso de elementos en que no se pueda acceder a la tras cara, se debe inyectar determinando previamente el volumen teórico de resina necesario para asegurar el llenado óptimo de la grieta en todo su desarrollo.

Una vez fraguada y endurecida la resina epóxica se procede a retirar las boquillas y desbastar el sello.

E) CONTROL DE CALIDAD

Antes de comenzar el trabajo de inyección, se deben realizar pruebas de presión y de relación de mezcla al equipo.

Durante el trabajo, se deben registrar, al menos los siguientes datos:

- Temperatura ambiente y del sustrato.
- Ubicación, longitud y abertura de las grietas.
- Presión de inyección.
- Volumen de resina inyectada.
- Duración de la inyección.

Con el objeto de evaluar la efectividad de la inyección (penetración), se deben extraer testigos aleatoriamente en las zonas reparadas, teniendo la precaución de no cortar las barras de acero en el hormigón armado. Este control es de carácter visual y el testigo es aceptado cuando el adhesivo de inyección llena al menos el 90 % de la profundidad de la grieta visible. La frecuencia de los ensayos debe ser determinada por el proyectista.

T6. INYECCIÓN DE FISURAS Y/O GRIETAS CON LECHADAS O MORTEROS CON BASE EN CEMENTO

A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

Este procedimiento se aplica para la reparación de grietas de espesor mayor o igual a 1,5 mm (lechadas) y/o relleno de cavidades en albañilería (mortero de cemento), permitiendo la recuperación del monolitismo con la inyección de lechada o mortero de cemento.

B) MATERIALES

SELLO DE SUPERFICIE

El material usado como sello de superficie puede ser una masilla epóxica de dos componentes, que presente la resistencia y adhesión adecuada para confinar en la grieta el adhesivo de inyección hasta que este termine su curado. En forma alternativa el sello podrá ser realizado con una mezcla de cemento (alta resistencia), aditivos aceleradores de fraguado o cualquier elemento que permita contener la mezcla inyectada.

MATERIAL DE INYECCIÓN

Para la inyección se utilizará una lechada o mortero de cemento. La mezcla debe ser de alta fluidez y consistencia, sin exudación o retracción y tener alta adherencia al sustrato.

Se podrán utilizar dos tipos de mezclas: Las preparadas en terreno con la incorporación de aditivos y las predosificadas preparadas en fábrica.

El cemento utilizado debe cumplir con las especificaciones de normas chilenas respectivas. La dosificación deberá asegurar la resistencia especificada por el proyectista. Se recomienda que esta sea determinada por ensayos de laboratorio.

En general para trabajos de inyección se requiere una resistencia a los 28 días igual o superior a la resistencia de la estructura original a reparar. Con la utilización de aditivos es posible obtener resistencia $R_{28} \geq 300 \text{ kg/cm}^2$, para lo que se deberá hacer ensayos de probetas al material de inyección por un laboratorio autorizado.

ADITIVOS

La incorporación de aditivos es opcional. El uso de aditivos permite mejorar una serie de características de la lechada y mortero, tales como: incremento de la resistencia; disminución de retracciones; características de bombeabilidad; disminución de exudación y aumento de cohesión, entre otras.

Entre los productos que son utilizados se encuentran los siguientes:

- Reductores de agua
- Aditivos para mejorar la cohesión y disminuir la exudación
- Aditivos expansores
- Aditivos para mejorar adherencia y bombeabilidad

C) EQUIPOS

El equipamiento previsto para la inyección debe incluir: mezcladora, bomba de inyección de pistón de tipo neumática, regulador de presión de inyección, packers o boquillas de inyección, tubería de inyección, depósitos o recipientes reguladores.

El equipo de inyección debe suministrar un flujo continuo de mezcla homogénea y se requerirá de un tanque de regulación provisto de agitadores mecánicos para mantener la mezcla en movimiento y garantizar el flujo continuo en caso de interrupción de la faena de inyección. La salida de la bomba debe equiparse con un baipás que conecte la descarga con la tolva o agitador.

La bomba de inyección debe permitir una regulación independiente de caudal y presión, debiendo ser de pistón con desplazamiento positivo.

D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

PREPARACIÓN DE SUPERFICIE

Se debe retirar todo elemento que impida la adherencia del sello en un ancho de aproximadamente 2,5 cm a cada lado de la grieta, hasta dejar una superficie limpia, libre de polvo, grasas u otros.

En caso de estucos no adheridos al sustrato (soplados), estos deben ser retirados antes de realizar la preparación de superficie.

Al momento de la inyección la superficie de contacto existente debe encontrarse en condición saturada, esto se hará inyectando previamente agua a través de los packers o boquillas y mantenerla saturada superficialmente seca como mínimo 12 horas. Con esto se evitará que la lechada o mortero pierda agua de hidratación del cemento.

SELLO Y COLOCACIÓN DE BOQUILLAS O PACKERS

Una vez terminada la limpieza, se procede a la fijación de boquillas o packers de inyección, las cuales se instalan a una separación aproximada al espesor del elemento, teniendo en consideración el espesor de la grieta.

La grieta se sella en la misma operación de anclaje de boquillas, dejando boquillas de control por la otra cara del elemento. El material que se utiliza para el sellado de las fisuras y anclaje de boquillas es la masilla epóxica descrita anteriormente o la mezcla de cemento. Se recomienda siempre sellar la grieta por ambas caras.

PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

De acuerdo con lo señalado anteriormente, la lechada o mortero de cemento puede ser predosificada o elaborada en terreno. La secuencia estándar de incorporación de los materiales para la preparación de la mezcla en obra debe ser: agua, aditivos, cemento y agregado fino.

Una vez preparada la lechada o mortero, esta se debe mantener en la mezcladora en agitación permanente a baja revolución, para que la bomba de desplazamiento positivo sea alimentada en forma continua y homogénea.

La lechada de inyección elaborada en terreno debe cumplir con las siguientes características:

A)	Fluidez	≤ 20 s (ASTM C939)
B)	Decantación	< 8 %
C)	Resistencia a compresión	Según proyecto
D)	Relación A/C	≤ 0,6
E)	Aditivos	Según recomendación de fábrica

Fuente: Elaboración propia.

El mortero (grout) de relleno elaborado en terreno deberá cumplir con las siguientes características:

- Resistencia a compresión	≥ 200 kg/cm ²
- Relación A/C	≤ 0,6
- Relación cemento/arena	≤ 1/3 en peso
- Aditivos	Según recomendación del fabricante

Fuente: Elaboración propia.

Valores distintos a los exigidos deberán ser aprobados por el proyectista y avalados por laboratorio.

PROCEDIMIENTO DE INYECCIÓN

Una vez fraguado y endurecido el material de anclaje de boquillas o packers y sello, se procede al control de comunicación entre boquillas mediante inyección de aire o agua.

Verificada la comunicación entre boquillas, se prosigue a realizar la inyección de lechada o mortero de cemento, utilizando para ello el equipo de inyección descrito anteriormente.

La inyección de cada grieta se efectúa en un solo acto, iniciándose desde la boquilla del extremo inferior. Una vez que la lechada aflora por la boquilla siguiente, esta se obtura. Se continúa sucesivamente inyectando el resto de las boquillas hasta el otro extremo, controlando el desplazamiento de la lechada a través de toda la grieta. Las boquillas o packers de control, permiten visualizar el llenado de la grieta en todo el espesor del elemento. En caso de elementos en los que no se pueda acceder a la tras cara, se debe inyectar determinando previamente el volumen teórico de la lechada necesaria para asegurar el llenado óptimo de la grieta en todo su desarrollo.

Una vez fraguada y endurecida la lechada o mortero de cemento, se procede a retirar las boquillas y desbastar el sello.

E) CONTROL DE CALIDAD

CONTROL DE FLUIDEZ

Se debe controlar la fluidez de la mezcla de trabajo a través del ensayo de cono de flujo definido en norma ASTM C939. La frecuencia del ensayo debe ser determinada el proyectista.

CONTROL DE DECANTACIÓN

Consiste en vaciar 200 ml de mezcla en una probeta de vidrio de 250 ml, colocándola en una superficie lisa y nivelada, anotando las lecturas del nivel de sólidos cada 15 minutos durante la primera hora y media, y después cada 30 minutos, hasta obtener por lo menos dos lecturas iguales, con lo que se obtiene el porcentaje de decantación y el tiempo de estabilización de la mezcla (sección 6 del Apéndice M de la Especificación API-10A).

CONTROL DE RESISTENCIA

Se debe realizar un ensayo preparando una muestra compuesta de 3 probetas Rilem o cubos de 5 × 5 cm.

TESTIGOS DE INYECCIÓN

Con el objeto de evaluar la efectividad de la inyección (penetración), se deben extraer testigos aleatoriamente en las zonas reparadas. Este control es de carácter visual y el testigo es aceptado cuando la lechada de inyección llena al menos el 90 % de la profundidad de la grieta visible. La frecuencia de los ensayos deberá ser determinada por el proyectista.

7.7. REEMPLAZO DE ARMADURAS DAÑADAS UTILIZANDO BARRAS DE TRASLAPE

A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

Esta técnica permite reparar y restituir la continuidad de una barra de acero cortada o que haya superado el límite de fluencia, utilizando una barra de acero como “suple” que se traslapará a los extremos de la barra cortada o dañada.

Se recomienda utilizar esta técnica en elementos con daño localizado de armaduras.

B) MATERIALES

Para esta técnica se requiere:

- Acero del mismo diámetro y calidad que el dañado
- Hormigón o mortero vaciado en sitio

C) EQUIPOS

Esta técnica no requiere de equipos especiales para su ejecución.

Como esta técnica está asociada a faenas tradicionales de construcción, los equipos necesarios para su ejecución son de fácil acceso, tales como:

- Demoledor
- Esmeril angular con disco para corte de acero y grata
- Taladro
- Revolvedor mecánico
- Compresor

D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

PREPARACIÓN DE SUPERFICIE

Se debe despejar y picar el área afectada, retirando todo el hormigón circundante a la barra a conectar en al menos 2 cm, asegurando un volumen de trabajo suficiente para la colocación del suple.

Se debe cortar todo el desarrollo de la o las barras dobladas o dañadas.

INSTALACIÓN DEL SUPLE

El largo del suple debe ser determinado por el profesional responsable del proyecto respecto al diámetro de la barra a conectar y basado en las disposiciones del código ACI 318.

Tanto el suple como la barra a conectar deben estar limpios y libres de residuos que impidan la unión de los elementos, para lo cual se debe efectuar una limpieza exhaustiva mediante aire a presión.

Colocar el suple en su posición definitiva respetando el largo de traslapo determinado por el proyecto. El suple debe fijarse en su posición mediante alambres cada 10 cm como máximo en toda la longitud de traslape. El suple debe estar completamente recto y alineado con los extremos de la barra existente.

RELLENO CON HORMIGÓN O MORTERO VACIADO EN SITIO

Previo al relleno se debe limpiar nuevamente la zona con escobilla para eliminar residuos superficiales.

Rellenar con hormigón o mortero de acuerdo con lo descrito en T2: “Hormigón vaciado en sitio”.

E) CONTROL DE CALIDAD

Los puntos que deben controlarse para asegurar un buen comportamiento de la reparación son:

- Barra de acero existente: Sus extremos libres deben estar rectos y sanos.
- Barra para suple: Debe tener la misma calidad y diámetro de la barra a conectar.
- Empalme del suple con los extremos de la barra existente: los extremos deben estar bien conectados para evitar que el suple se separe de la barra existente al momento de rellenar con hormigón o mortero. El largo de los traslapes en ambos extremos debe corresponder a lo indicado por el proyectista.
- Hormigón o mortero vaciado in situ: Debe tener como mínimo la misma resistencia que el hormigón existente o la resistencia especificada en el proyecto original.

T8. FIBRA DE CARBONO EMBEBIDA

A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

El refuerzo estructural de hormigón con elementos de fibra de carbono embebidos, es un sistema que consiste en la inserción de placas o varillas en calados realizados en la superficie del elemento y fijado a este mediante adhesivos epóxicos adecuados.

El diseño del refuerzo debe realizarse mediante las indicaciones de la guía ACI 440.2R.

B) MATERIALES

FIBRAS DE CARBONO

Para la aplicación de un sistema de refuerzo estructural con fibra de carbono embebida se requerirá como mínimo la utilización de los siguientes materiales:

- Varillas de fibra de carbono
- Placas de fibra de carbono

ADHESIVO EPÓXICO

El adhesivo a utilizar debe ser epóxico. La utilización de cualquier sistema compuesto debe considerar la compatibilidad entre la fibra y el adhesivo. La ficha técnica del producto base (fibra de carbono), actuará como especificación principal en relación con los materiales y condiciones apropiadas a utilizar para dicho sistema.

Cualquier cambio de los materiales especificados en la ficha técnica del producto base, debe ser autorizado por el profesional responsable del proyecto.

C) EQUIPOS

Para un mayor control en el proceso de mezclado del adhesivo epóxico se requiere de un mezclador mecánico de baja revolución. Además, dentro de los equipos necesarios para la ejecución de esta técnica se incluyen:

- Caladora para corte de hormigón
- Detector de armaduras
- Compresor

D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

VERIFICACIÓN PREVIA

En la zona a reforzar, se debe verificar la profundidad de las armaduras existentes con un equipo detector de armaduras.

El espesor del recubrimiento del hormigón debe permitir la instalación de la fibra de refuerzo. Se debe tener cuidado de no dañar las armaduras, los cables de acero, conductos integrados u otros elementos.

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

Se debe realizar calados con una profundidad y ancho según la fibra a instalar de acuerdo con el proyecto.

Inmediatamente antes de la instalación, limpiar el calado con agua a alta presión o con aire comprimido. La superficie debe quedar superficialmente seca, limpia y sana, libre de polvo, lechada, grasa, compuestos de curado, impregnaciones, ceras u otro material que inhiba la adherencia.

PREPARACIÓN DEL ADHESIVO

El adhesivo se debe preparar, mezclar y aplicar de acuerdo con lo definido en la ficha técnica del fabricante, respetando la cantidad necesaria mezclando los componentes "A" y "B" en la proporción señalada.

La mezcla del producto base (A) y del catalizador (B) se hará mecánicamente hasta lograr un producto uniforme, evitándose la incorporación de aire y cuidando el tiempo de pot life.

COLOCACIÓN DE LAS VARILLAS O PLACAS DE FIBRA DE CARBONO

Previo a la instalación de las varillas o placas, se debe tener especial cuidado en que las ranuras estén llenas por completo y que no exista aire incorporado en la mezcla.

Una vez preparadas las superficies se colocarán las varillas o placas siguiendo el siguiente procedimiento:

- Se debe limpiar el elemento de refuerzo para eliminar impurezas presentes.
- Después de obtener una mezcla homogénea, el adhesivo se debe introducir en cartuchos para la aplicación con pistolas u otro método apropiado en los calados del hormigón, en la cantidad necesaria para asegurar que el refuerzo quede totalmente embebido.
- La fibra se debe insertar completamente en el calado y posteriormente se debe retirar el exceso de adhesivo.
- En caso de que el calado no quede completamente lleno se podrá rellenar con el mismo adhesivo u otro material técnicamente aprobado por el proyectista.

E) CONTROL DE CALIDAD

Antes de la instalación del refuerzo se debe asegurar que no exista agua condensada en la superficie de aplicación. La temperatura ambiente debe ser de al menos 3 °C por sobre el punto de rocío.

Se debe comprobar que los calados estén llenos de adhesivo epóxico, sin aire y que este no presente un secado prematuro antes de la inserción del elemento de refuerzo; además de garantizar siempre que las placas o varillas estén completamente embebidas en el adhesivo.

T9. REEMPLAZO DE ARMADURAS DAÑADAS UTILIZANDO CONECTORES MECÁNICOS

A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

Esta técnica permite reparar y restituir la continuidad de una barra de acero tradicional utilizando conectores mecánicos. El conector mecánico consiste en un cilindro metálico donde las barras de acero a conectar son insertadas en sus extremos. La conexión entre el conector y la barra se produce por distintos sistemas. Dentro de los utilizados con mayor frecuencia se encuentran:

- Conector mecánico relleno con mortero especial sin retracción.
- Conector mecánico con pernos de apriete.
- Conector mecánico con rosca.

La utilización de uno u otro sistema depende de factores tales como, el elemento de hormigón armado dañado, su condición estructural y los requisitos de capacidad especificados en el proyecto.

B) MATERIALES

Se requiere de:

- Conector
- Sistema de conexión respectivo.
- Kit de instalación
- Acero del mismo diámetro y calidad que el dañado
- Hormigón o mortero vaciado en sitio

C) EQUIPOS

Una de las ventajas de esta técnica de reparación es su facilidad de instalación, por lo que en general, no se requiere de maquinaria especializada para su ejecución. Todos los sistemas mencionados son de aplicación manual.

Dependiendo del sistema que se utilice se requerirán herramientas o equipos tales como:

- Demoledor
- Esmeril angular con disco para corte de acero y grata
- Revolvedor mecánico de baja revolución
- Máquina de inyección de lechada de mortero
- Llave de torque
- Compresor
- Taladro

Para casos de conectores con rosca se requiere un equipo adicional que permita materializar el hilo en la barra a conectar y además un equipo de apriete.

D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

Despejar y picar el área afectada retirando todo el hormigón circundante a la barra a conectar, asegurando una superficie de trabajo suficiente para el sistema de conexión a utilizar de acuerdo con lo indicado en las especificaciones técnicas del proveedor.

Se recomienda, en general, que la barra a conectar esté limpia y libre de residuos que impidan la unión de los elementos de conexión.

INSTALACIÓN DEL CONECTOR

La instalación del conector dependerá del sistema de conexión a utilizar, por lo que se recomienda seguir estrictamente las indicaciones de cada fabricante.

En todos los casos, se debe asegurar la perfecta alineación del conector respecto a las barras durante todo el proceso de instalación.

Conector mecánico relleno con mortero especial sin retracción

Se deben colocar los conectores en los extremos a unir de la barra existente, para luego insertar la barra suple que le dará continuidad a la barra original. Los conectores se deben deslizar a su posición definitiva uniendo la barra existente con la barra de suple. La fijación definitiva del conector se materializa mediante un perno propio del sistema.

Se debe preparar el mortero especificado por el proveedor del sistema, el cual se inyecta dentro del conector, rellenando la totalidad de los espacios disponibles. El llenado del conector se debe verificar mediante una boquilla de control, asegurando la salida del material por ella.

Conector mecánico con pernos de apriete

Se deben colocar los conectores en los extremos a unir de la barra existente, para luego insertar la barra suple que le dará continuidad a la barra original. Los conectores se deben deslizar a su posición definitiva uniendo la barra existente con la barra de suple. La fijación definitiva del conector se materializa mediante los pernos de apriete propios del sistema. Se deben apretar los pernos con el equipo respectivo hasta alcanzar el apriete correcto de instalación, el cual se verificará visualmente con el corte de las cabezas de los pernos.

Conector mecánico con rosca

Para utilizar este sistema se debe contar con una máquina roscadora, que debe materializar el hilo en cada barra a conectar. Este equipo se instala en los extremos de las barras generando un hilo en forma cónica que permite que las barras se inserten en el conector y se ajusten a la geometría interna del conector.

La fijación final del conector a la barra debe realizarse con llave de apriete manual. Cada proveedor debe indicar las características de la llave de apriete a utilizar dependiendo de los diámetros de las barras a conectar.

RELLENO CON HORMIGÓN O MORTERO VACIADO EN SITIO

Previo al relleno se debe limpiar nuevamente la zona con escobilla para eliminar residuos superficiales.

Rellenar con hormigón o mortero de acuerdo con lo descrito en la T2 “Hormigón vaciado en sitio”.

E) CONTROL DE CALIDAD

Los conectores mecánicos no se ensayan en obra. Cada sistema cuenta con sus respectivas certificaciones, sin embargo, es de responsabilidad del proyectista revisar las certificaciones del sistema y si estas son suficientes para su utilización.

Desde el punto de vista del diseño, deben utilizarse sistemas de conexión que cumplan como mínimo con lo dispuesto en las normas NCh 430 y D.S. 60, ACI 318, y testeado de acuerdo con lo dispuesto en AC 133 – 2015.

Desde el punto de vista de la ejecución, el control de calidad debe ser visual y dependerá del sistema de conexión que se utilice; por ejemplo, en caso de conexión con pernos de apriete estos deben romperse al ejercer el torque necesario y en caso de unión con inyección de lechada de mortero se debe asegurar el completo llenado del conector a través de boquillas de control.

T10. PLANCHAS DE ACERO ADHERIDAS EXTERIORMENTE

A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

Esta técnica consiste en la ejecución de refuerzos mediante el uso de planchas de acero adheridas a los elementos estructurales mediante la aplicación de masillas epóxicas.

Se recomienda que el uso de refuerzos mediante la técnica de planchas de acero adheridas se restrinja solo a diseños formulados por especialistas que conozcan a cabalidad los límites de aplicabilidad de dicha técnica. Dada la diferencia existente en módulos de elasticidad y coeficientes de dilatación térmica de los materiales: hormigón, adhesivo y acero, esta técnica puede aplicarse con éxito solo para determinados tipos de refuerzo y siempre que se cumplan requisitos técnicos muy rigurosos.

B) MATERIALES

ACERO

Las planchas de acero y los pernos de anclaje que se utilicen tendrán las dimensiones señaladas en los planos del proyecto y serán de la calidad especificada, la cual debe estar certificada.

ADHESIVO

El adhesivo que se utilice será una masilla epóxica tixotrópica de dos componentes con las propiedades que se definan en las especificaciones particulares de cada proyecto.

C) EQUIPOS

Para el desarrollo de esta técnica se requiere, de acuerdo con las condiciones de la superficie a reforzar, de los siguientes equipos:

- Mezclador mecánico de baja revolución
- Esmeril angular con disco de desbaste
- Arenadora, granalladora, escarificadora o martillo de aguja
- Esmeril angular o taladro con disco de copa diamantado

Se recomienda la utilización de accesorios para optimizar y controlar el espesor del adhesivo sobre la pletina.

D) PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

Esta técnica puede requerir de reparaciones adicionales para el sustrato, previo a la ejecución del refuerzo, con el objetivo de asegurar el monolitismo del elemento a reforzar (inyección con resina epóxica) y mejorar las condiciones del sustrato (mortero de reparación).

Las superficies de los materiales base deben ser preparadas hasta alcanzar una superficie seca, limpia y libre de lechadas o cualquier contaminación adherida. Dicha preparación, tanto del elemento base como de la plancha de acero, es fundamental para lograr un refuerzo realmente eficaz, por lo cual se debe seguir el siguiente procedimiento:

a. Planchas de acero

La superficie de la plancha de acero que estará en contacto con el adhesivo debe estar sin óxido o sustancia contaminante, grasas, aceites, suciedad y laminilla, para lo cual se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Eliminar las grasas y aceites con un solvente como acetona, tricloro etileno o isopropanol.
- Aplicar un chorro de arena en la superficie que será adherida hasta alcanzar la terminación a metal blanco (SSPC-SP5).
- En caso de que la plancha no vaya a ser colocada inmediatamente después de arenada se debe aplicar una capa de imprimación epóxica.
- Lijar la superficie protegida con epóxico de modo de eliminar el brillo superficial de esta.

b. Superficie del sustrato

La superficie del sustrato sobre la que se va a colocar las planchas de acero debe prepararse de la siguiente forma:

- Se deben eliminar resaltos, lechada superficial, impurezas y material débil, así como también lograr una planeidad de la superficie en el sentido longitudinal y transversal del área de refuerzo.
- Se requiere obtener una rugosidad superficial adecuada para aumentar la superficie de contacto entre el adhesivo y el sustrato.
- Para la eliminación de resaltos superficiales y alcanzar la planeidad adecuada pueden usarse esmeriles con disco de desbaste. La planeidad se medirá con una regla de aluminio de 2 m de longitud, aceptándose diferencias de hasta 2 mm.
- Para lograr la rugosidad superficial y limpieza adecuada, el método más apropiado es el arenado de la superficie; alternativamente pueden usarse otros métodos de abrasión mecánica, como escarificadores o martillos de aguja.
 - En el caso de escarificación la máquina debe pasarse dos veces por la superficie en direcciones ortogonales entre sí para formar una retícula a 90°.
 - El martillo de aguja es un buen elemento para superficies de difícil acceso.

PREPARACIÓN DEL ADHESIVO

El adhesivo debe prepararse en la cantidad necesaria mezclando los componentes “A” y “B” en la proporción señalada por el fabricante y según sus instrucciones.

La mezcla del producto base (A) y del catalizador (B) se hará mecánicamente hasta lograr un producto uniforme, evitándose la incorporación de aire y cuidando el tiempo de pot life.

COLOCACIÓN DE LAS PLANCHAS

Una vez preparadas las superficies se colocarán las planchas siguiendo el siguiente procedimiento:

- Cuando se haya usado imprimación epóxica como protección, se debe lijar la superficie de la plancha de acero. En caso de arenado en obra, eliminar polvo y otros elementos adheridos.
- Colocar una capa delgada de adhesivo, compatible con la rugosidad de la superficie, aproximadamente de 1 a 2 mm.
- Presionar la plancha metálica contra la superficie del sustrato mediante la utilización de algún dispositivo que permita mantener una presión uniforme, tales como: pernos, alzaprima u otros. El adhesivo debe fluir por los costados de la plancha para asegurar el relleno entre esta y el sustrato base.

- La presión debe mantenerse por el tiempo necesario para que la masilla epóxica endurezca totalmente, lo que dependerá del tipo de masilla utilizado y de la temperatura ambiente.

E) CONTROL DE CALIDAD

Es necesario verificar la preparación de la superficie del sustrato y de la plancha metálica para asegurar una adecuada adherencia, de acuerdo con las siguientes consideraciones:

CARACTERÍSTICA	REFERENCIA	FRECUENCIA	CRITERIO DE ACEPTACIÓN
Limpieza de sustrato	Visual	Después de la preparación de la superficie del sustrato e inmediatamente antes de aplicación	Sin contaminación, partículas sueltas o defectos
Limpieza de planchas de acero	Visual	Después de la preparación de la superficie de la plancha e inmediatamente antes de aplicación	Sin óxido ni contaminación
Delaminación del sustrato	Sonido de martillo	Después de la preparación de la superficie del sustrato	Sin delaminación
Planeidad	Regla de aluminio de 2 m de longitud	Después de la preparación e inmediatamente antes de aplicación	De acuerdo con la indicación del proyecto
Rugosidad	Visual	Después de la preparación de la superficie del sustrato	Con rugosidad
Resistencia a la tracción de la superficie	NCh 2471 (ASTM D4541)	Después de la preparación de la superficie del sustrato	De acuerdo con la indicación del proyecto

Fuente: Elaboración propia.

T11. FIBRA DE CARBONO ADHERIDA EXTERIORMENTE

A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

Esta técnica permite restituir o incrementar la resistencia de un elemento estructural, utilizando sistemas compuestos con fibra de carbono adherido externamente al elemento estructural.

Este tipo de refuerzos deben ser siempre respaldados por una memoria de cálculo o proyecto de refuerzo, que considere las condiciones existentes y diseñe la solución de acuerdo con los códigos de diseño aplicables para esta técnica.

B) MATERIALES

Para la aplicación de un sistema de refuerzo estructural con fibra de carbono se requerirá como mínimo la utilización de los siguientes materiales:

FIBRA DE CARBONO:

Puede variar en su presentación en el mercado; sin embargo, los formatos más utilizados son:

- Formato tipo pletina rígida
- Formato tipo tejido flexible unidireccional
- Formato tipo tejido flexible bidireccional

ADHESIVO

La utilización de cualquier sistema compuesto debe considerar la compatibilidad entre la fibra y el adhesivo. La ficha técnica del producto base (fibra de carbono), actuará como especificación principal en relación con los materiales apropiados a utilizar para dicho sistema. El adhesivo más utilizado es de tipo epóxico.

Cualquier cambio de los materiales especificados en la ficha técnica del producto base, debe ser autorizado por el proyectista.

C) EQUIPOS

Para el desarrollo de esta técnica se requiere de acuerdo con las condiciones de la superficie a reforzar de los siguientes equipos:

- Mezclador mecánico de baja revolución
- Esmeril angular con disco de desbaste
- Arenadora, granalladora, escarificadora o martillo de aguja

Se recomienda la utilización de accesorios para optimizar y controlar el espesor del adhesivo sobre la pletina.

Se recomiendan de manera opcional los siguientes accesorios:

- Accesorios para controlar el espesor del adhesivo sobre la pletina. Accesorios para la aplicación de adhesivo en el sistema húmedo.

D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

El sustrato a reforzar debe ser preparado hasta alcanzar una superficie seca, limpia y libre de lechadas o cualquier contaminación adherida.

Esta técnica puede requerir de reparaciones adicionales para el sustrato, previo a la ejecución del refuerzo, con el objetivo de asegurar el monolitismo del elemento a reforzar (inyección con resina epóxica) y mejorar las condiciones del sustrato (mortero de reparación).

La superficie del sustrato sobre la que se va a instalar la fibra de carbono debe prepararse de la siguiente forma:

Se deben eliminar resaltes, lechada superficial, impurezas y material débil, así como también lograr una planeidad de la superficie en el sentido longitudinal y transversal del área de refuerzo. Se requiere obtener una rugosidad superficial adecuada para aumentar la superficie de contacto entre el adhesivo y el sustrato. Para la eliminación de resaltes superficiales y alcanzar la planeidad adecuada pueden usarse esmeriles con disco de desbaste. La planeidad se medirá con una regla de aluminio de 2 m de longitud aceptándose diferencias de hasta 2 mm. Para lograr la rugosidad superficial y limpieza adecuada el método más apropiado es el arenado o granallado de la superficie. Alternativamente pueden usarse otros métodos de abrasión mecánico como escarificadores o martillos de aguja. En el caso de escarificación, la máquina debe pasarse dos veces por la superficie en direcciones ortogonales entre sí para formar una retícula a 90°. El martillo de aguja es un buen elemento para superficies de difícil acceso.

RESISTENCIA MÍNIMA DEL SUSTRATO

El valor de la resistencia de tracción superficial del sustrato preparado, debe ser como mínimo el establecido por el proyectista, o en su defecto el definido en la ficha técnica del producto a emplear o las normas referidas a esta técnica.

PREPARACIÓN DEL ADHESIVO

El adhesivo debe prepararse en la cantidad necesaria mezclando los componentes “A” y “B” en la proporción señalada por el fabricante y según sus instrucciones.

La mezcla del producto base (A) y del catalizador (B) se hará mecánicamente hasta lograr un producto uniforme, evitándose la incorporación de aire y cuidando el tiempo de pot life.

APLICACIÓN DEL SISTEMA

RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA APLICACIÓN

- Se debe controlar la temperatura ambiente antes de ejecutar el refuerzo. Por lo general el rango de aplicación aceptado es entre 5 °C y 35 °C. Sin embargo, esto debe verificarse con la ficha técnica del producto.
- Se debe controlar la humedad del sustrato, la cual no debe superar el 4 %.
- Se debe verificar la temperatura del ambiente, cuidando que esta se encuentre como mínimo 3 °C sobre la temperatura de condensación.
- Verificar el pot life de los adhesivos de acuerdo con la ficha técnica. Los adhesivos que superen su tiempo de pot life, deben ser rechazados y descartados.
- Esperar el tiempo de fraguado que la ficha técnica de cada material indique antes de aplicar las cargas definitivas al elemento.
- Se recomienda proteger el refuerzo contra los efectos de los rayos UV. Asimismo, en sectores con riesgo de impacto, fuego o vandalismo se recomienda la aplicación de algún mortero o estuco.

APLICACIÓN PARA REFUERZO CON PLETINAS

Una vez preparada la superficie y mezclado el adhesivo, se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Limpiar la pletina para eliminar impurezas presentes; se recomienda utilizar solvente como acetona, tricloro etileno o isopropanol.
- Las pletinas deben ser cortadas con sierra de diamante o sierra para metales.
- Colocar el adhesivo en la pletina de acuerdo con el consumo mínimo recomendado en la ficha técnica del producto.
- Colocar la pletina en su posición definitiva de acuerdo con el proyecto. Presionar la pletina con rodillo duro hasta reventar adhesivo por ambos lados de la pletina.

APLICACIÓN PARA REFUERZO CON TEJIDOS

Una vez preparada la superficie y mezclado el adhesivo, se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Se debe cortar el tejido utilizando tijeras o cuchillos afilados.
- Imprimir el sustrato de acuerdo con el consumo recomendado por la ficha técnica.
- Instalar el tejido; a este respecto existen dos métodos que se describen a continuación:

APLICACIÓN MANUAL EN SECO

En este método el tejido se debe aplicar sobre la superficie ya imprimada. Una vez colocado el tejido en la posición definitiva de acuerdo con el diseño, se debe aplicar nuevamente adhesivo recubriendo la totalidad del tejido y cuidando de eliminar las bolsas de aire presentes entre el sustrato y el tejido.

En caso de que el proyecto lo requiera, se debe ejecutar el mismo procedimiento para capas sucesivas.

APLICACIÓN MANUAL EN HÚMEDO

En este método el tejido se debe saturar previamente con el adhesivo, controlando que este penetre a través de toda su superficie. Para estos efectos, se recomienda utilizar rodillo duro dentado.

Una vez saturado el tejido, este debe ser colocado en la posición definitiva de acuerdo con el diseño, cuidando de eliminar las bolsas de aire presentes entre el sustrato y el tejido. En caso de que el proyecto lo requiera, se debe ejecutar el mismo procedimiento para capas sucesivas.

En general, para revestimientos posteriores de terminación se recomienda aplicar arena de cuarzo como puente de adherencia.

E) CONTROL DE CALIDAD

Para la verificación de la resistencia mínima a la tracción del sustrato a reforzar, se debe realizar ensayo Pull-off, de acuerdo con lo establecido en normas NCh 2471 (ASTM D4541). La cantidad de ensayos a realizar debe ser determinada por el proyectista.

El control de calidad de la instalación del refuerzo, se realiza visual y manualmente mediante golpes con varilla a lo largo del refuerzo, detectando posibles vacíos. En caso de encontrarse algunos sectores con aire, este tramo debe ser reemplazado. Además, se deben verificar los bordes del refuerzo, poniendo atención a que no presenten desprendimiento respecto al sustrato o a capas sucesivas de refuerzo.

Adicionalmente, se recomienda un ensayo Pull-off (ACI 440.3R-ASTM D4541) sobre el refuerzo ejecutado, el cual verificará la calidad de la ejecución en función de la fuerza a la tracción obtenida.

T12. REPOSICIÓN DE ALBAÑILERÍA

A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

Técnica de reparación de reemplazo de paños o unidades de ladrillos o bloques en muros de albañilería producto del desprendimiento o rotura parcial o total de estos, afectando parcial o totalmente la estabilidad del muro. En caso necesario, esta técnica se complementa con la técnica de anclajes y conectores entre albañilerías y los elementos de confinamiento.

B) MATERIALES

Para la reposición de unidades en un muro de albañilería se requiere:

- Unidades de ladrillo o bloque de reemplazo similares a los existentes.
- Mortero de pega con aditivo expansivo con resistencia especificada por el proyectista.
- Escalerilla de 4,2 mm de diámetro, en caso necesario.

C) EQUIPOS

Esta técnica no requiere equipos especiales; sin embargo, se sugiere considerar las siguientes herramientas:

- Cíncel
- Martillo
- Martillo percutor
- Taladro
- Espátula
- Llana
- Batea
- Escobilla

D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

Antes de la reposición, si el muro se encuentra estucado, se debe despejar la zona afectada, utilizando para ello cíncel y martillo.

Se debe despejar el área afectada retirando todas las unidades sueltas o dañadas, incluido el mortero de pega, en forma manual o utilizando equipos de baja potencia, teniendo la precaución de no dañar las escalerillas existentes ni las unidades adyacentes. Si la escalerilla está dañada, se debe cortar la zona correspondiente. Se debe retirar todo el material suelto y el polvo con la escobilla.

Cuando corresponda, se debe preparar la superficie de los elementos de confinamiento de hormigón que estén en contacto con los ladrillos o bloques, hasta obtener una superficie regular y rugosa.

REPOSICIÓN DE ALBAÑILERÍA

Se debe colocar el mortero de pega en la cara superior y en las caras laterales del ladrillo o bloque a reponer. Introducir la nueva unidad con mezcla y apoyarla en una capa de mortero previamente aplicada en la base de apoyo. Se debe verificar que esta haya quedado aplomada con el resto del muro. En caso de existir escalerillas dañadas, estas se deberán reemplazar considerando un traslape de 30 cm con las existentes.

Se debe completar el relleno de las canterías con el mortero de pega, presionando hacia el interior con la espátula para permitir el relleno completo de estas, retirando los posibles excesos de mortero. Luego de colocar la última hilada, se debe asegurar de introducir el mortero de pega a presión con medios auxiliares.

En climas calurosos y en la intemperie se debe humectar la albañilería mediante riego al menos dos veces al día, durante siete días.

Cuando corresponda se debe unir los nuevos ladrillos o bloques a los elementos existentes de confinamiento mediante la aplicación de T14: "Anclajes de Acero".

E) CONTROL DE CALIDAD

Al finalizar el proceso, se debe realizar una inspección visual, verificando que todas las unidades estén en el plomo del muro, sus canterías alineadas y exista monolitismo de todos los elementos.

T13. TÉCNICA: INSERCIÓN DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO EN ALBAÑILERÍAS

A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

Esta técnica consiste en la incorporación de elementos de hormigón armado en muros de albañilería con el fin de reforzarlos o confinarlos. Estos elementos de hormigón armado podrán ser pilares y/o cadenas y pasarán a formar parte del muro en el cual se insertan.

B) MATERIALES

ACERO

Las barras de acero que se utilicen tendrán las dimensiones, calidad y cuantía especificadas por el proyectista.

HORMIGÓN

La resistencia del hormigón deberá ser la especificada por el proyectista y el tamaño máximo del árido debe ser compatible con la densidad de armaduras del elemento a incorporar.

El tipo de hormigón (expansivo, fluido o tradicional) dependerá de las características, accesibilidad y magnitud del elemento.

PUENTE ADHERENTE

Es recomendable el uso de un puente adherente epóxico como película de unión entre la albañilería y el hormigón, en cuyo caso se debe respetar de manera rigurosa la preparación especificada en la ficha técnica del producto y el tiempo entre su aplicación y el hormigonado.

ADITIVOS

La incorporación de aditivos al hormigón es opcional, permitiendo mejorar una serie de características, tales como: incremento de la resistencia; disminución de retracciones; características de bombeabilidad; disminución de exudación y aumento de cohesión, entre otras.

C) EQUIPOS

Esta técnica no requiere de equipos especiales; sin embargo, se sugiere considerar lo siguiente:

- Cíncel
- Martillo
- Martillo percutor
- Taladro
- Escobilla
- Compresor de aire
- Batea
- Betonera
- Equipo de vibrado

D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

Previo a la inserción del elemento de hormigón armado, se debe despejar y alzaprimar el área donde se demolerá la albañilería de acuerdo con las especificaciones del proyectista, con el fin de asegurar la estabilidad estructural del elemento a intervenir.

Luego se debe demoler la albañilería existente en el sector de emplazamiento de los nuevos elementos de hormigón armado a insertar, de acuerdo con la ubicación y dimensiones del proyecto de refuerzo. En caso de haber daños en el resto de la albañilería, estos deben repararse de acuerdo con las distintas técnicas.

En el caso de inserción de pilares, al demoler la albañilería se debe procurar dejar un endentado entre el elemento de hormigón armado a incorporar y el muro de albañilería existente.

En el caso de cadenas se debe hacer en tramos, secciones parciales u otro método que especifique el proyectista para asegurar la estabilidad del elemento en intervención, considerando tener una superficie limpia y rugosa.

Después de la demolición se debe retirar todo el material suelto y el polvo con escobilla o aire a presión.

Posteriormente se debe aplicar el puente adherente especificado, procurando respetar los tiempos de aplicación descritos en la ficha técnica.

INSTALACIÓN DE LA ARMADURA DE ACERO

Una vez que esté lista el área de trabajo, se coloca la armadura de acero según especificaciones del proyecto de cálculo. Las barras deben estar limpias en toda la superficie y se colocarán exentas de grasa, óxido o cualquier material contaminante que dificulte la adherencia.

Las barras de acero de los nuevos elementos de hormigón armado, deben ser ancladas a los elementos de hormigón armado existentes, ya sean fundaciones, cadenas o pilares. Este anclaje debe realizarse mediante dowels de acuerdo con T14: "Anclajes de Acero".

HORMIGONADO

Se deben instalar los moldajes, los cuales deben ser estancos y provistos de buzón, y proceder a hacer el vaciado en sitio del hormigón, donde la fluidez del hormigón y/o los aditivos a utilizar para mejorar la tarea de llenado deberán ser especificados por el proyectista, así como las condiciones de vibrado u otras. Este procedimiento debe ejecutarse siguiendo las recomendaciones de la T2: "Hormigón vaciado en sitio (expansivo-fluido-tradicional)".

CURADO Y DESMOLDE

Una vez cumplida esta etapa o según la especificación del proyectista, se podrá proceder al retiro de los moldajes y finalmente al corte de las salientes que dejaron los buzones con cincel.

E) CONTROL DE CALIDAD

Al finalizar el proceso, se debe realizar una inspección visual verificando que entre la junta del muro de albañilería y el nuevo elemento de hormigón armado no exista ningún espacio; que los elementos estén en el plomo del muro y exista monolitismo de todos los elementos con el fin de asegurar la colaboración estructural entre ellos.

T14. ANCLAJES DE ACERO

A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA

Esta técnica de reparación y/o refuerzo consiste en el anclaje de barras de acero en estructuras de hormigón y albañilería mediante la aplicación de un adhesivo epóxico, con el objetivo de unir elementos estructurales existentes y/o nuevos, por medio del anclaje de mallas de acero.

Si el adhesivo epóxico tiene una consistencia de pasta tixotrópica, esta especificación es aplicable a la colocación de barras en cualquier dirección.

B) MATERIALES

ACERO

Las barras de acero que se utilicen deben tener las dimensiones señaladas en los planos del proyecto y ser de la calidad especificada, la cual debe estar certificada (NCh 204).

ADHESIVO

El adhesivo que se utilice debe ser una resina epóxica de dos componentes con las propiedades que se definan en las especificaciones particulares de cada proyecto y certificado de acuerdo con los requisitos que especifique el proyectista. Se recomienda que el adhesivo epóxico a utilizar tenga una presentación de doble cartucho para aplicación y mezcla simultánea de los componentes, de manera de disminuir el riesgo de fallas en el mezclado del producto. También pueden utilizarse adhesivos que requieran un mezclado manual o mecánico previo.

C) EQUIPOS

Para esta técnica, se requiere lo siguiente:

- Taladro de percusión o testiguera con brocas para hormigón o albañilería.
- Pistola de doble émbolo para adhesivo en doble cartucho con mezcla y aplicación simultánea.
- Espátula y auxiliares para adhesivos de dos componentes para mezcla manual o mecánica.
- Escobillas o gratas adecuadas para la limpieza del acero.
- Compresor de aire comprimido para limpieza de perforaciones.

D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO:

EJECUCIÓN DE LA PERFORACIÓN

Al momento de la aplicación, en el caso del hormigón este debe tener a lo menos 28 días de edad.

En el área a perforar el sustrato debe encontrarse sano, limpio y libre de material suelto o deteriorado, y de cualquier sustancia que impida una correcta aplicación y adecuada adherencia de la resina epóxica.

DIMENSIONES DE LA PERFORACIÓN:

- a. Profundidad mínima: La profundidad mínima del anclaje debe ser diseñada por el proyectista de acuerdo con la carga y tipo de acero a utilizar.
- b. Diámetro: Los diámetros de perforación asociados al diámetro del anclaje se deben indicar por el proyectista y coincidir con las recomendaciones del fabricante del adhesivo.

PREPARACIÓN DE LA PERFORACIÓN

Cuando se perfora en seco, la perforación debe limpiarse cuidadosamente con aire comprimido exento de aceite.

Cuando se perfora en húmedo, la perforación debe limpiarse cuidadosamente con escobilla y secarse al máximo.

PREPARACIÓN DE LA BARRA DE ACERO

Las barras deben limpiarse en toda la superficie a empotrar hasta quedar exentas de grasa, óxido o cualquier material contaminante que dificulte la adherencia.

APLICACIÓN DEL ADHESIVO EPÓXICO

Se debe asegurar que el adhesivo penetre completamente la profundidad de la perforación independiente del método a utilizar para la aplicación. Se deben seguir adecuadamente las recomendaciones del fabricante.

COLOCACIÓN DE LA BARRA DE ACERO

Una vez aplicado el producto en la perforación, se introduce la barra girándola suavemente para asegurar un relleno correcto y la liberación del aire incorporado. Se debe verificar que el adhesivo rebalse la perforación como señal de que el relleno ha sido completo.

El elemento a anclar debe estar completamente recto y concéntrico respecto de la perforación, para que el adhesivo quede uniformemente distribuido en todo su contorno. Una vez colocado el anclaje se debe retirar el material sobrante. El elemento anclado no debe ser movido durante el tiempo mínimo de fraguado y las condiciones especificadas por el fabricante.

E) CONTROL DE CALIDAD

Se deben respetar todos los procedimientos, limitaciones y precauciones para los productos especificados de acuerdo con las fichas técnicas del fabricante.

Para verificar el correcto anclaje de las barras, se debe realizar un ensayo de tracción. El proyectista, en caso de ser necesario, debe especificar el número o frecuencia de muestreo y la carga de ensayo para someter a tracción los elementos anclados elegidos.

T15. VINCULACIÓN DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN A LA ALBAÑILERÍA**A) DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA**

Esta técnica de reparación consiste en vincular los elementos de hormigón armado existentes en la albañilería, ya sean pilares o cadenas en los casos en que se haya perdido el monolitismo de la estructura. Por lo general cuando existe este tipo de daño se visualiza esta desvinculación con una grieta horizontal o vertical, dependiendo del elemento. Se restablecerá la estabilidad del muro asegurando una adecuada vinculación y un óptimo confinamiento.

B) MATERIALES**ACERO**

Las barras de acero que se utilicen tendrán las dimensiones, calidad y cuantía especificadas por el proyectista.

ADHESIVO PARA ANCLAJE

El adhesivo que se utilice debe ser una resina epóxica de dos componentes con las propiedades que se definan en las especificaciones particulares de cada proyecto y certificado de acuerdo con los requisitos que especifique el proyectista. Se recomienda que el adhesivo epóxico a utilizar tenga una presentación de doble cartucho para aplicación y mezcla simultánea de los componentes, de manera de disminuir el riesgo de fallas en el mezclado del producto. También pueden utilizarse adhesivos que requieran un mezclado manual o mecánico previo.

MORTERO DE REPARACIÓN:

El mortero de reparación estructural es predosificado y diseñado específicamente para esta aplicación, puede ser de base cementicia o epóxica, independiente de su naturaleza. Se debe tener en cuenta principalmente que su resistencia mecánica y módulo de elasticidad sean compatibles con el sustrato a reparar. Adicionalmente, la elección del tipo de mortero a utilizar dependerá de las características de resistencia química, profundidad y relevancia del daño y tiempo de puesta en servicio requeridas según sea el caso. Los morteros de reparación estructural tienen la característica de ser tixotrópicos (autosoportantes).

PUENTE ADHERENTE:

Para el caso de mortero de reparación estructural de base cementicia se requiere el uso de un puente adherente epóxico como película de unión entre el sustrato y el mortero de reparación.

Para los morteros de reparación estructural epóxicos, esta característica viene incorporada en la mezcla predosificada.

Para los morteros de reparación estructural y puentes de adherencia se debe respetar de manera rigurosa la dosificación especificada en la ficha técnica del producto.

C) EQUIPOS

Esta técnica no requiere de equipos especiales; sin embargo, se sugiere considerar lo siguiente:

- Cincel
- Martillo
- Martillo percutor
- Taladro de percusión o testiguera con brocas para hormigón o albañilería
- Escobilla o gratas adecuadas para la limpieza del acero
- Compresor de aire.
- Pistola de doble émbolo para adhesivo en doble cartucho con mezcla y aplicación simultánea.
- Espátula y auxiliares para adhesivos de dos componentes para mezcla manual o mecánica.

D) PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

Se debe despejar y picar en V el desarrollo de la grieta que se produce entre el elemento de hormigón armado y la albañilería. También se debe calar los ladrillos dependiendo de la distancia de cada uno de los anclajes a instalar.

ANCLAJES DE VINCULACIÓN

El elemento de hormigón armado se debe perforar diagonalmente en un diámetro y profundidad especificada por el proyectista, para dar cabida a los anclajes de vinculación. La cantidad y distanciamiento de estos anclajes también debe ser determinado por el proyectista.

Los fierros de anclaje de diámetro, calidad y largo especificado por el proyectista, deben ser instalados de acuerdo con las recomendaciones de la T14: "Anclajes de Acero".

LIMPIEZA Y APLICACIÓN DE MORTERO DE REPARACIÓN ESTRUCTURAL

Se debe limpiar rigurosamente la zona intervenida mediante escobilla o aire comprimido.

Se debe aplicar puente adherente en los calados de ladrillo y picado en V de la grieta, respetando los tiempos de aplicación determinados en la ficha técnica.

Finalmente, se debe aplicar manualmente mortero de reparación estructural en la zona de calado de los ladrillos y donde se realizó el picado en V de la grieta. Este procedimiento debe seguir las recomendaciones descritas en la T1: "Aplicación Manual de mortero de reparación estructural tixotrópico (autosoportante)".

E) CONTROL DE CALIDAD

Al finalizar el proceso, se debe realizar una inspección visual verificando que entre la junta del muro de albañilería y los elementos de hormigón armado existentes no exista ningún espacio, fisura y/o grieta.

Para verificar la adherencia del mortero de reparación estructural al sustrato, se deben efectuar golpes en la superficie terminada.

Para verificar el correcto anclaje de las barras se debe realizar un ensayo de tracción. El proyectista, en caso de ser necesario, debe especificar el número o frecuencia de muestreo y la carga de ensayo para someter a tracción los elementos anclados elegidos.

CAPÍTULO 9

FICHAS TIPO DE DAÑO Y OPCIONES DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN

CAPÍTULO 9

FICHAS TIPO DE DAÑO Y OPCIONES DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN

9.1 FICHAS

Dadas las tipologías estructurales consideradas en este manual, este capítulo tiene como objetivo mostrar los tipos de daños más frecuentes, tanto en albañilerías como en elementos de hormigón armado, presentando una breve descripción del mismo, imágenes referenciales y los distintos tipos de reparación que se podrían aplicar, sin perjuicio de lo anterior, es el proyectista el responsable de las técnicas a utilizar en cada caso.

A continuación, se muestra una ficha tipo y la forma en que se despliega la información:

CÓDIGO DE FICHA	A.4	GRIETAS ENTRE LA ALBAÑILERÍA Y LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE HORMIGÓN ARMADO	TIPO DE DAÑO
	REPARACIÓN DE ALBAÑILERÍA	<p>DESCRIPCIÓN DEL DAÑO: Fisura o pérdida de material siguiendo la línea del encuentro entre el muro de albañilería y el elemento de hormigón armado que lo confina producto de la desvinculación de los elementos.</p>	FOTOS DE REFERENCIA
			
	OPCIONES DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN	<p>T14 Anclajes de acero.</p>	DENOMINACIÓN DE TIPO DE REPARACIÓN
		SIGLA DE TIPOS DE REPARACIÓN	

Las fotografías utilizadas como referencia pertenecen a miembros o entidades presentes en el comité autor del presente manual, quienes han cedido el derecho para ser publicadas en forma exclusiva como parte de este manual.

Propiedad de fotografías: ELEMENTA BDL / Gabriela Muñoz / Josefina Atria / Minvu/ REPES LTDA.



A.1	PÉRDIDA O FISURA EN MORTERO DE PEGA
REPARACIÓN DE ALBAÑILERÍA	<p>DESCRIPCIÓN DEL DAÑO: Pérdida de mortero de pega en la cantería de la albañilería, manifestada como fisura en forma horizontal y/o escalonada y que no presenta rotura de unidades.</p>
	
OPCIONES DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN	<p>T1 Aplicación manual de mortero de reparación estructural tixotrópico (autosoportante).</p>

A.2	DESPRENDIMIENTO O FALLA LOCAL DE UNIDADES
REPARACIÓN DE ALBAÑILERÍA	<p>DESCRIPCIÓN DEL DAÑO: Rotura o pérdida local de las unidades de albañilería.</p>
	
OPCIONES DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN	<p>T1 Aplicación manual de mortero de reparación estructural tixotrópico (autosoportante).</p> <p>T12 Reposición de albañilerías.</p>

A.3 FISURAS / GRIETAS	
REPARACIÓN DE ALBAÑILERÍA	<p>DESCRIPCIÓN DEL DAÑO: Rotura de paños de albañilería que se manifiesta como fisura y/o grietas en diversas direcciones, presentando rotura de unidades.</p> 
	<p>OPCIONES DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN</p> <p>T5 Inyección de fisuras y/o grietas con resina epóxica.</p> <p>T6 Inyección de fisuras y/o grietas con lechadas o morteros con base en cemento.</p> <p>T12 Reposición de albañilerías.</p>

A.4 GRIETAS ENTRE LA ALBAÑILERÍA Y LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE HORMIGÓN ARMADO	
REPARACIÓN DE ALBAÑILERÍA	<p>DESCRIPCIÓN DEL DAÑO: Fisura o pérdida de material siguiendo la línea del encuentro entre el muro de albañilería y el elemento de hormigón armado que lo confina producto de la desvinculación de los elementos.</p> 
	<p>OPCIONES DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN</p> <p>T14 Anclajes de acero.</p>

A.5	DEFORMACIÓN EXCESIVA, COLAPSO O VACIADO DE LA ALBAÑILERÍA
REPARACIÓN DE ALBAÑILERÍA	<p>DESCRIPCIÓN DEL DAÑO: Pérdida de material o vaciamiento de muros de albañilería en forma parcial o total llegando al colapso. Este daño puede presentarse también como la deformación excesiva fuera del plano sin colapso, pero en forma irreversible.</p>
	
OPCIONES DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN	<p>T12 Reposición de albañilería</p>

HA.1	PÉRDIDA LOCAL DE MATERIAL
REPARACIÓN DEL HORMIGÓN ARMADO	<p>DESCRIPCIÓN DEL DAÑO: Rotura o pérdida local de hormigón.</p>
	
OPCIONES DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN	<p>T1 Aplicación manual de mortero de reparación estructural tixotrópico (autosoportante).</p> <p>T2 Hormigón vaciado en sitio (expansivo-fluido-tradicional).</p>

HA.2	PÉRDIDA O DETERIORO DE RECUBRIMIENTO DE HORMIGÓN	
REPARACIÓN DEL HORMIGÓN ARMADO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO: Pérdida de hormigón de recubrimiento que deja expuestas las armaduras.	
		
OPCIONES DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN	<p>T1 Aplicación manual de mortero tixotrópico (autosoportante).</p> <p>T2 Hormigón vaciado en sitio (expansivo, fluido, tradicional).</p> <p>T4 Hormigón o mortero proyectado (shotcrete), vía seca-vía húmeda.</p>	

HA.3	NIDOS DE PIEDRA O CAVIDADES	
REPARACIÓN DEL HORMIGÓN ARMADO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO: Acumulación de áridos y espacios vacíos en superficie o dentro de la masa del hormigón que afecta el monolitismo del elemento.	
		
OPCIONES DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN	<p>T1 Aplicación manual de mortero de tixotrópico (autosoportante).</p> <p>T2 Hormigón vaciado en sitio (expansivo-fluido-tradicional).</p> <p>T3 Hormigón preempacado.</p>	

HA.4	PÉRDIDA DE MATERIAL DE MAYOR VOLUMEN	
REPARACIÓN DEL HORMIGÓN ARMADO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO: Pérdida o rotura de gran volumen en elementos de hormigón armado.	
		
OPCIONES DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN		T2 Hormigón vaciado en sitio (expansivo-fluido-tradicional).
		T3 Hormigón preempacado.

HA.5	FISURAS / GRIETAS	
REPARACIÓN DEL HORMIGÓN ARMADO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO: Fisura o grieta en hormigón de diversos espesores y longitudes que afectan el monolitismo del elemento.	
		
OPCIONES DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN		T5 Inyección de fisuras y/o grietas con resina epóxica.

HA.6	ROTURA DE ARMADURA	
REPARACIÓN DEL HORMIGÓN ARMADO	<p>DESCRIPCIÓN DEL DAÑO: Fisura o corte de una o varias de las barras de acero del elemento de hormigón armado.</p>	
		
REPARACIÓN DEL HORMIGÓN ARMADO	<p>OPCIONES DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN</p>	<p>T7 Reemplazo de armaduras dañadas utilizando barras de traslape.</p>
		<p>T8 Fibras de carbono embebida.</p>
		<p>T9 Reparación de armaduras dañadas mediante conectores mecánico.</p>
		<p>T10 Planchas de acero adheridas exteriormente.</p>
		<p>T11 Fibras de carbono adherida exteriormente.</p>

HA.7	PÉRDIDA DE SECCIÓN EN LA ARMADURA POR CORROSIÓN	
REPARACIÓN DEL HORMIGÓN ARMADO	<p>DESCRIPCIÓN DEL DAÑO: Pérdida de sección de una o varias barras de acero del elemento de hormigón armado por corrosión.</p>	
		
REPARACIÓN DEL HORMIGÓN ARMADO	<p>OPCIONES DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN</p>	<p>T7 Reemplazo de armaduras dañadas utilizando barras de traslape.</p>
		<p>T8 Fibras de carbono embebida.</p>
		<p>T9 Reemplazo de armaduras dañadas utilizando conectores mecánicos.</p>
		<p>T10 Planchas de acero adheridas exteriormente.</p>
		<p>T11 Fibras de carbono adherida exteriormente.</p>

HA.8 DEFORMACIÓN REMANENTE DE ARMADURA

REPARACIÓN DEL HORMIGÓN ARMADO

DESCRIPCIÓN DEL DAÑO:

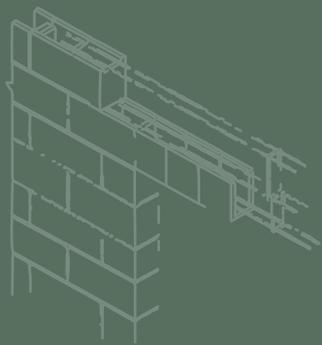
Deformación remanente en barras de acero del elemento de hormigón armado.



OPCIONES DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN

- T7** Reemplazo de armaduras dañadas utilizando barras de traslape.
- T8** Fibras de carbono embebida.
- T9** Reemplazo de armaduras dañadas mediante conectores mecánicos.
- T10** Planchas de acero adheridas exteriormente.
- T11** Fibras de carbono adherida exteriormente.

MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO



ISBN: 978-956-9432-85-9

