



MANUAL

PARA LA SUPERVISIÓN DE LA **CONSTRUCCIÓN**
DE OBRAS DE REFORZAMIENTO SÍSMICO EN
EDIFICACIONES EXISTENTES DE CONCRETO
REFORZADO



COAMSS
OPAMSS



Créditos



“Fortalecimiento de Capacidades para la Evaluación y Reforzamiento Sísmico de Edificaciones en el Área Metropolitana de San Salvador”, conocido como Proyecto HOKYO.

Con la cooperación técnica y financiera de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), a través del Proyecto HOKYO, se ejecutó el presente documento, en acompañamiento de OPAMSS.

Dirección Ejecutiva OPAMSS

Msc. Luis Rodríguez
Director Ejecutivo de OPAMSS

Miembros de los Grupos de Trabajo

Dr. Alex Chávez
Gerente del Proyecto

Grupo de Trabajo 1

Susan Durán
Técnico, Subdirección de Control y Desarrollo Urbano
Eduardo García
Coordinador, Subdirección de Control y Desarrollo Urbano
Claudia López
Supervisora, Subdirección de Control y Desarrollo Urbano
Douglas Palacios
Técnico, Subdirección de Control y Desarrollo Urbano
Omar Anthony Madrid
Técnico, Subdirección de Control y Desarrollo Urbano

Grupo de Trabajo 2

Ricardo Ulloa
Técnico, Subdirección de Control y Desarrollo Urbano
Edward Quintanilla
Técnico, Subdirección de Control y Desarrollo Urbano
Karla López
Técnico, Subdirección de Control y Desarrollo Urbano
Yanira Muñoz
Técnico, Subdirección de Control y Desarrollo Urbano

Grupo de Trabajo 3

Juan Carlos Henríquez
Supervisor, Subdirección de Control y Desarrollo Urbano
Daniel Rosales
Técnico, Subdirección de Control y Desarrollo Urbano
Claudia Fuentes
Técnico, Subdirección de Control y Desarrollo Urbano

Grupo de Trabajo 4

Claudia Avelar
Técnico, Subdirección de Control y Desarrollo Urbano
Laura Quintanilla
Supervisora, Unidad de Simplificación de Procedimientos,
Acreditaciones y Mejora de la Reglamentación
Kathya Cruz
Subdirectora de Control y Desarrollo Urbano
Karla Solano
Técnico, Subdirección de Control y Desarrollo Urbano
Armando Barrios
Técnico, Unidad de Comunicaciones y Relaciones Públicas

Coordinación por parte de JICA

Hiromi Nai
Jefa Representante
Ken UCHIMOTO
Asesor de Formulación de Proyectos
Ernesto CRUZ
Oficial de Programa

Equipo de Expertos del Proyecto

Jun MATSUO
Líder del Equipo de Expertos
Koichi SHIWAKU
Sublíder del Equipo de Expertos
Akira INOUE
Experto en evaluación sísmica y diseño del reforzamiento sísmico
Matsutaro SEKI
Experto en evaluación sísmica
Noboru NARA
Experto en diseño del reforzamiento sísmico
Seiichi HORIKOSHI
Experto en supervisión de la calidad de la construcción
Yoko SHIRAISHI
Experta para la revisión e inspección de edificios
Masanori KOBAYASHI
Experto para el desarrollo del plan de promoción del reforzamiento sísmico

OPAMSS

Torre Quattro- Nivel 11, World Trade Center
87 ave norte, Col Escalón, San Salvador Centro, El
Salvador, América Central
Tel: (503) 2234-0600
<https://opamss.org.sv>

JICA El Salvador

87 Avenida Norte y Calle El Mirador
Edificio Torre Futura, Nivel 8, Colonia Escalón, San Salvador El
Salvador, América Central
Tel: (503) 2565-8700
<https://www.jica.go.jp/overseas/elsalvador/office/index.html>
“Guiar al mundo con lazos de confianza”

TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	9
Capítulo 1. General	11
Capítulo 2. Procesos típicos y comunes utilizados en las obras de reforzamiento	13
2.1 Preparación para las obras de reforzamiento: desmontaje y remoción.....	13
2.2 Obras de anclajes post-instalados	13
2.2.1 Procedimiento de anclaje post-instalado.....	14
2.2.2 Confirmación de resistencia e inspección del trabajo de anclaje	17
2.3 Obras de reforzamiento	17
2.4 Obras de concreto	17
2.5 Obras con grout sin contracción.....	18
2.6 Obras en acero estructural para arriostramiento de marco de acero.....	20
2.6.1 Soldadura	20
2.6.2 Fijación de pernos de cortante con cabeza.....	21
2.6.3 Marcación e identificación.....	21
2.6.4 Requerimientos de almacenaje y manejo.....	21
2.6.5 Fijación de los pernos de conexión	22
2.6.6 Recubrimiento de la superficie (pintura).....	22
2.6.7 Notas para el montaje	23
2.6.8 Responsabilidad del contratista en la fabricación	24
Capítulo 3. Procesos constructivos de los métodos de reforzamiento	25
3.1 General.....	25
3.1.1 Requisitos previos generales para cada reforzamiento.....	27
3.2 Obras de reforzamiento con encamisado de columnas	27
3.2.1 Obras de Reforzamiento con Encamisado de Columna de Concreto Reforzado.....	27
3.3 Obras de reforzamiento con encamisado en vigas de Concreto Reforzado.....	32
3.3.1 Alcance	32
3.3.2 Materiales	32
3.3.3 Construcción	33
3.4 Obras de reforzamiento con pared de concreto reforzado.....	35
3.4.1 Obras de reforzamiento con pared de corte de concreto reforzado	36

3.4.2 Obras de reforzamiento por medio de pared tipo ala de concreto reforzado.....	39
3.5 Reforzamiento con arriostramiento con marco de acero.....	43
3.5.1 Alcance	43
3.5.2 Requisitos previos.....	43
3.5.3 Materiales	44
3.5.4 Construcción	45
3.6 Reforzamiento con envoltura de fibra de carbono	52
3.6.1 Alcance	52
3.6.2 Materiales	52
3.6.3 Construcción	52
3.6.4 Pauta de inspección.....	61
3.7 Laminado de ferrocemento en pared de ladrillo de barro.....	62
3.7.1 Introducción.....	62
3.7.2 Propósito y aplicación.....	62
3.7.3 Materiales	64
3.7.4 Procedimiento de construcción	66
3.7.5 Referencias	69
Capítulo 4. Supervisión de la construcción	71
4.1 Definición de términos.....	71
4.2 Papel del supervisor.....	72
4.2.1 Supervisión del propietario.....	72
4.2.2 Gerente de Construcción.....	72
4.3 Propósito de la supervisión.....	73
4.3.1 Responsabilidad del Supervisor.....	73
Capítulo 5. Materiales de construcción para reforzamientos.....	77
5.1 Concreto.....	77
5.2 Varillas para acero de refuerzo.....	77
5.3 Placas de acero.....	77
5.4 Pernos de conexión	78
5.5 Aditivos.....	78
5.6 Grout sin contracción.....	79
5.6.1 Especificaciones técnicas del Grout.....	79
5.6.2 Certificaciones de calidad del Grout.....	79

5.7 Agente adhesivo concreto viejo con concreto nuevo	80
5.8 Adhesivo de anclaje para anclaje post-instalado	80
5.9 Anclajes post-instalados.....	80
5.10 Perno de cortante	82
5.11 CFRP (fibra de carbono)	82
5.12 Compuesto de curado.....	83
Capítulo 6. Verificaciones y controles en la construcción	85
6.1 Puntos a confirmar antes de la construcción	85
6.1.1 Planificación de la construcción	85
6.1.2 Situaciones pendientes de resolver de la etapa de diseño	85
6.1.3 Planificación de la programación.....	86
6.1.4 Organización del proyecto	86
6.1.5 Método de construcción.....	87
6.1.6 Planificación de las instalaciones provisionales.....	90
6.1.7 Programa del control de calidad y administración del avance de obra	91
6.1.8 Planificación de las adquisiciones.....	91
6.1.9 Planificación del control de seguridad y vigilancia.	92
6.2 Puntos a confirmar durante la construcción	92
6.2.1 Informe mensual	92
6.2.2 Control del avance de la obra según programación	93
6.2.3 Control de calidad y avance del trabajo realizado	93
6.2.4 Cambios de diseño (orden de cambio) e imprevistos.....	101
6.2.5 Comunicación de situaciones y correspondencia de documentos	101
6.2.6 Control de seguridad y vigilancia	101
Capítulo 7. Inspección de la construcción	103
7.1 Procedimiento para verificar que las obras de construcción estén de acuerdo a los planos y especificaciones	103
7.1.1 Verificaciones básicas	103
7.1.2 Procedimiento de verificación	103
7.1.3 Principales responsabilidades del supervisor del proyecto	104
7.1.4 Control de calidad.....	104
7.1.5 Control del trabajo realizado.....	104
7.1.6 Seguimiento del cronograma del trabajo	104

7.1.7 Reuniones de seguimiento	104
7.1.8 Control de la seguridad.....	106
7.1.9 Toma de fotografías de las obras de construcción.....	106
7.2 Actividades a ser inspeccionadas y metodología de inspección.....	107
7.3 Inspección de las obras finalizadas (al momento de la finalización de las obras).....	115
7.3.1 Propósito.....	115
7.3.2 Coordinación.....	115
7.3.3 Métodos	115
7.3.4 Actividades a ser revisadas	115
7.3.5 Archivar y resguardar la documentación del proyecto.....	115
APÉNDICE	117
A. Hojas de verificación (Checklist).....	117
B. Modelo de Reporte (hoja 1/5)	126
C. Modelo de Reporte (hoja 2/5)	127
D. Modelo de Reporte (hoja 3/5)	128
E. Modelo de Reporte (hoja 4/5).....	129
F. Modelo de Reporte (hoja 5/5).....	130
G. Modelo de Memorándum.....	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.2-1	Procedimiento Estándar para aplicación de anclajes post-instalados	14
Figura 2.2-2	Confirmación y marcado de ubicación de varillas de refuerzo con escáner detector de varillas	15
Figura 2.2-3	Perforación y marcado de profundidad de agujeros	15
Figura 2.2-4	Limpieza de agujeros por medios mecánicos	16
Figura 2.2-5	Aplicación del agente para unión epóxica	16
Figura 2.2-6	Instalación de varilla o perno de anclaje	17
Figura 2.5-1	Colocación de Grout con bomba	19
Figura 2.5-2	Métodos de colocación de Grout sin contracción	19
Figura 3.1-1	Diferentes tipos de métodos de reforzamiento	25
Figura 3.2-1	Sección transversal de detalles típicos del encamisado de columnas	29
Figura 3.2-2	Sección vertical de detalle típico del encamisado de columnas	30
Figura 3.2-3	Diagrama de flujo de construcción estándar para reforzamiento por encamisado de columna	31
Figura 3.2-4	Proceso constructivo para reforzamiento de columnas	32
Figura 3.3-1	Ejemplos de encamisado de vigas	34
Figura 3.3-2	Detalle del encamisado de vigas de concreto reforzado	34
Figura 3.3-3	Diagrama de flujo de construcción estándar para reforzamiento mediante encamisado de vigas	35
Figura 3.4-1	Reforzamiento mediante la instalación de una pared de corte	36
Figura 3.4-2	Detalle típico de pared de corte y sus conexiones con vigas y columnas existentes	38
Figura 3.4-3	Refuerzo contra el agrietamiento con barras de refuerzo tipo escalera	38
Figura 3.4-4	Diagrama de flujo de construcción estándar para reforzamiento por pared de corte	39
Figura 3.4-5	Detalle típico de reforzamiento por medio de pared tipo ala	40
Figura 3.4-6	Reforzamiento mediante la incorporación de pared tipo ala	42
Figura 3.4-7	Diagrama de flujo de construcción estándar para reforzamiento por pared tipo ala	42
Figura 3.5-1	Diferentes tipos de arriostramiento de estructura de acero	44
Figura 3.5-2	Diagrama de flujo del trabajo de preparación de arriostramiento de acero en el taller	47
Figura 3.5-3	Izado con grúa del arriostramiento con marco de acero	48
Figura 3.5-4	Diagrama de flujo del trabajo de instalación de arriostramiento de acero en el sitio del trabajo	50
Figura 3.5-5	Reforzamiento con arriostramiento con marco de acero	51

Figura 3.6-1	Pasos de la envoltura de fibra de carbono	59
Figura 3.6-2	Detalles de la envoltura de fibra de carbono	60
Figura 3.6-3	Fotografía de envoltura de fibra de carbono	60
Figura 3.6-4	Diagrama de flujo de construcción estándar para envoltura de fibra de carbono	61
Figura 3.7-1	Típica práctica constructiva con pared de relleno de ladrillo	63
Figura 3.7-2	Detalle esquemático del laminado de ferrocemento	63
Figura 3.7-3	Laminado de ferrocemento	64
Figura 3.7-4	Malla de alambre tejido cuadrado	67
Figura 3.7-5	Trabajos con mortero	68
Figura 3.7-6	Preparación de la muestra de prueba para el ensayo de resistencia a la compresión de un cubo (mortero)	68
Figura 3.7-7	Trabajos de curado después de la colocación del mortero	69
Figura 4.3-1	Flujo de trabajo básico de la supervisión en construcciones	75
Figura 5.9-1	Prueba “Pull Out” para anclajes realizada en campo	82
Figura 7.1-1	Propuesta de la organización del Comité de Monitoreo del Proyecto (CMP)	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1	Métodos de reforzamiento comúnmente utilizados 26
Tabla 7-1	Métodos de inspección 108

Introducción

Este manual provee recomendaciones específicas para los trabajos de control de calidad y supervisión de los procesos constructivos de los reforzamientos estructurales en las edificaciones. El manual abarca cada paso del proceso de construcción, desde la evaluación de las condiciones y preparación del sitio de la construcción, considerando las directrices de los diferentes métodos de reforzamiento, condiciones de seguridad hasta la limpieza y habilitación de la edificación, con el propósito de garantizar la calidad y seguridad del edificio. Así mismo se indican los métodos de reforzamiento, listados de verificación y guías de control de inspecciones, control de seguridad industrial, el contenido del manual es para ayudar al usuario (profesionales) a comprender todo el proceso de trabajos de reforzamiento estructural.

Capítulo 1. General

Este Capítulo abarca la construcción de los reforzamientos estructurales. Es de mencionar que los diseños de los reforzamientos no serán discutidos en este manual. El diseño del reforzamiento de una edificación existente debe de ser llevado a cabo por un Ingeniero estructural calificado; para esto se recomienda referirse al Manual para el diseño de reforzamiento sísmico de obras de concreto reforzado (tentativo). La construcción de los reforzamientos debe de ser ejecutado de acuerdo con las especificaciones de los materiales y al procedimiento constructivo propuesto en este manual.

En comparación con las obras de construcción de edificaciones en general, los reforzamientos usualmente son ejecutados bajo algunas condiciones restringidas. Ya que, en la mayoría de los casos, esta construcción tiene que realizarse en edificios que se encuentran en uso. Por lo tanto, el trabajo debe de ser realizado por partes, dentro de un horario de trabajo limitado y considerando un acorde control de polvo y ruido.

Se deben de tomar las suficientes medidas de seguridad para protección de los ocupantes y usuarios. Adicionalmente, se debe de dar atención especial para que el funcionamiento del edificio no se vea interrumpido debido a las obras de construcción. Además, se garantizará que no haya daños en las líneas de servicio tales como: líneas eléctricas, líneas de gas, redes hidráulicas (potables, lluvias y negras), etc.

Por lo tanto, se deberá de realizar un adecuado “Plan de Construcción” para las obras de reforzamiento, con las siguientes consideraciones:

- i) Limitaciones y restricciones de acceso al edificio al momento de los trabajos en las zonas a intervenir.
- ii) Reducción del periodo de tiempo de trabajo.
- iii) Control de ruido y polvo.
- iv) Realizar un levantamiento de la ubicación de las diferentes líneas de servicio y tuberías, para asegurarse de que no exista una amenaza de riesgo en la zona de trabajo.
- v) Adecuada señalización y delimitación de las zonas de trabajo.
- vi) Seguridad de las colindancias con un sistema de protección acorde al proyecto.

Este “Plan de Construcción” deberá de estar integrado por los documentos contractuales para el seguimiento adecuado de una supervisión junta a las especificaciones técnicas, planos constructivos, programa de obra, entre otros.

Capítulo 2. Procesos típicos y comunes utilizados en las obras de reforzamiento

2.1 Preparación para las obras de reforzamiento: desmontaje y remoción

Para facilitar el trabajo de reforzamiento primeramente se debe de remover o desmontar el mobiliario, las instalaciones, acabados, paredes de división, etc., que se encuentre anexas al área de trabajo. Se deben de tomar todas las medidas necesarias para minimizar el ruido, vibraciones y polvo generado por el trabajo; de la misma manera, se debe de dar la suficiente atención a la seguridad del personal de la obra y a los ocupantes de la edificación.

Se debe de remover completamente el repello de los elementos de concreto reforzado a intervenir dejando nada más expuesta la superficie de concreto. Luego, cuidadosamente la superficie debe de ser escarificada dándole un acabado rugoso, y de esta manera obtener superficie adecuada para recibir el nuevo concreto. Un agente adhesivo epóxico debe de ser utilizado para lograr una mejor unión entre el concreto viejo y el nuevo.

El trabajo de escarificado debe de ser llevado a cabo con cuidado para asegurar no exponer el acero de refuerzo y además que no se produzcan grietas en alguna parte circundante. Después del escarificado, se deben de utilizar aspiradoras o sopladores, para remover adecuadamente los residuos y polvo fino generados por este trabajo.

2.2 Obras de anclajes post-instalados

Generalmente con el trabajo de reforzamiento se logra al añadir y fortalecer elementos de la estructura existente, por lo que la conexión con la estructura existente es de extrema importancia. En la mayoría de los casos la conexión se realiza mediante anclajes post-instalados. Estos anclajes deben de ser instalados por técnicos calificados supervisados por ingenieros con suficiente conocimiento de las técnicas de construcción. La calidad de conexión también es importante para garantizar un buen comportamiento del anclaje.

Consideramos dos tipos de sistemas de anclajes: i) Anclaje de expansión mecánica y ii) Anclaje de unión química; es muy recomendable que para fines de reforzamiento sean utilizados los anclajes adheridos químicamente, esto garantizaría un mejor comportamiento de la unión y que no exista pérdida de esfuerzos en los elementos existentes.

2.2.1 Procedimiento de anclaje post-instalado

La siguiente imagen muestra el procedimiento para instalación de anclas post-instalados:

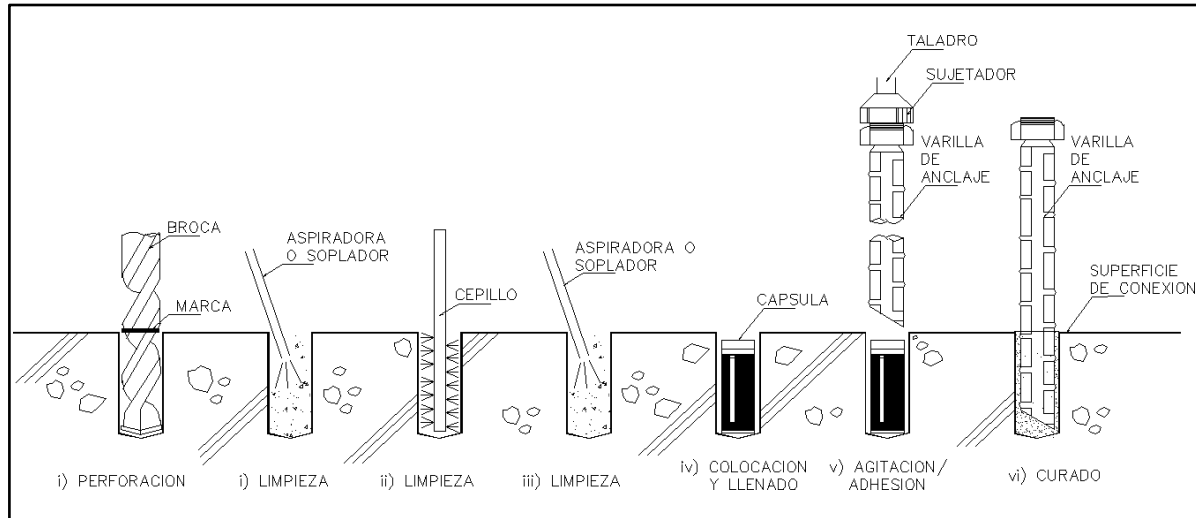


Figura 2.2-1: Procedimiento Estándar para aplicación de anclajes post-instalados.

Fuente: Directrices Para la Modificación Sísmica de Edificios Existentes de Concreto Armado, 2001.
Publicado por la Asociación Japonesa de Prevención de Desastres en la Construcción.

i) Perforación:

Se debe de marcar la ubicación de cada agujero sobre la superficie de concreto de acuerdo a las indicaciones del ingeniero estructurista. La perforación debe de tener el ángulo correcto respecto a la superficie de construcción, se sugiere utilizar un escáner detector de varillas de refuerzo antes de iniciar con las obras de perforación y marcar ya sea con tirro, o tiza la ubicación de estas, la perforación debe de realizarse cuidadosamente para no dañar las varillas de refuerzo del elemento de concreto a intervenir; en el caso de golpear una varilla de refuerzo, la perforación debe de ser movido a otra posición anexa y el agujero parcialmente perforado debe de ser apropiadamente reparado con grout sin contracción, este pudiera ser llenado monolíticamente al momento del colado del elemento con grout sin contracción.

La profundidad de perforación debe de satisfacer las especificaciones provistas por el ingeniero estructurista. Para controlar la profundidad de perforación, se debe de marcar la profundidad deseada en la broca utilizada.



Figura 2.2-2 Confirmación y marcado de ubicación de varillas de refuerzo con escáner detector de varillas



Figura 2.2-3 Perforación y marcado de profundidad de agujeros.

ii) Limpieza de los agujeros

La limpieza de los agujeros perforados debe de realizarse muy cuidadosa y preferiblemente por medio de un mecanismo/herramienta de aire comprimido y cepillo. Si quedan residuos o polvo dentro de los agujeros los químicos epóxicos a ser utilizados para anclaje no obtendrán suficiente adherencia con el elemento estructural existente, por lo tanto, el rendimiento del ancla se verá reducido. El procedimiento de limpieza debe de realizarse varias veces para asegurar que no queden residuos o polvo en los agujeros.



Figura 2.2-4 Limpieza de agujeros por medios mecánicos.

iii) Aplicación del agente para unión epóxica.

Después de realizar una limpieza satisfactoria, el agente de adhesión epóxica debe de aplicarse cuidadosamente en el agujero. Es preferible utilizar la resina adhesiva tipo capsula; de lo contrario, el agente de unión epóxica se debe aplicar con una pistola u otro método aprobado por el fabricante, para garantizar que se haya aplicado la cantidad adecuada de producto epóxico. Este trabajo debe ser realizado por un técnico calificado. El procedimiento de aplicación se realizará de acuerdo con las instrucciones de la guía del fabricante del producto químico.



Figura 2.2-5 Aplicación del agente para unión epóxica.

iv) Instalando la varilla o perno de anclaje.

La varilla o perno de anclaje debe de ser instalado lentamente con rotación con suficiente cuidado, con el alineamiento correcto y realizado por un trabajador calificado.



Figura 2.2-6 Instalación de varilla o perno de anclaje

v) Curado

El curado debe de realizarse de acuerdo con las instrucciones de la guía del fabricante del producto químico.

2.2.2 Confirmación de resistencia e inspección del trabajo de anclaje

- i) La prueba de extracción de anclajes se debe realizar para confirmar la resistencia del anclaje post-instalado para verificar su correcta instalación.
- ii) Se realizará una Inspección de Sonido de Martillo para comprobar su grado de adherencia y si estos anclajes están o no adecuadamente adheridos. Si los resultados de la inspección de la resistencia adhesiva muestran deficiencias, se deben tomar medidas de acuerdo con las instrucciones del supervisor o ingeniero a cargo.

2.3 Obras de reforzamiento

Las Obras de Reforzamiento deben de estar de acuerdo con la normativa nacional vigente aplicable, siempre bajo el aval del ingeniero estructurista.

Las obras de reforzamiento deben de realizarse por técnicos calificados para este tipo de trabajos.

2.4 Obras de concreto

El mezclado, colocación, vibrado y curado del concreto se realizará de conformidad con la Normativa nacional vigente aplicable, siempre bajo el aval del ingeniero estructurista.

Debido a que el reforzamiento se pudiera realizar en varias partes de un edificio y se utilizaran

pequeñas cantidades de concreto en cada reforzamiento, se debe de utilizar una maquina mezcladora con una capacidad y especificaciones acorde a las obras a realizar, el concreto debe de ser mezclado de acuerdo con las normativas correspondientes (según las especificaciones del diseñador) y colocado cuidadosamente para asegurar la calidad requerida en cada colado.

Durante el reforzamiento, en la mayoría de los casos las obras de concreto son realizadas en espacios angostos como para revestimiento de columnas, engrosamiento de paredes, incorporación de paredes de cortante, etc., por lo tanto, el concreto utilizado para obras de reforzamiento requiere poseer una buena trabajabilidad, así como una buena resistencia, mientras que el agregado debe tener un diámetro pequeño y ser bien graduado. Por lo tanto, se sugiere que se utilice un agente reductor de agua incluso de aire o un agente reductor de agua incluso de aire de alto rendimiento, estos son conocidos como fluidificantes. Para el colado de concreto de espesor angosto se sugiere utilizar, como agregado grueso, grava de 12 mm (conocido como “chispa”) bien graduada.

Las obras de reforzamiento deben de considerar las siguientes propiedades y características del concreto, las cuales deben de estar de acuerdo con las especificaciones de diseño:

- i) La resistencia a la compresión especificada del concreto no debe ser menor que la resistencia del concreto existente.
- ii) Grava de 12 mm bien graduada debe de ser utilizada como agregado grueso.
- iii) El volumen unitario mínimo de cemento.
- iv) El máximo volumen unitario del agua.
- v) Máxima relación agua-cemento (A/C).
- vi) Revenimiento máximo.

2.5 Obras con grout sin contracción

En las obras de reforzamiento el concreto primero debe de colocarse hasta unos 20 cm por debajo de la viga, luego la porción restante debe de realizarse con grout sin contracción colocado con presión para no dejar espacios sin llenar y/o aberturas entre el concreto nuevo y el viejo. Se sugiere utilizar grout sin contracción premezclado según normativa ASTM C1107 de acuerdo con las instrucciones del fabricante; solamente cierta cantidad de agua se requiere para preparar el grout. En nuestro país actualmente existen algunos proveedores que ofrecen grout sin contracción premezclado. Este tipo de grout se coloca, preferiblemente, con máquinas de grout a presión. En el caso, no se pueda utilizar una máquina de grout a presión, el grout se podrá verter desde la parte superior agujerando la viga y colarlo por gravedad.

También se puede utilizar el método conocido como “cola de pato”, para este método se debe de realizar una adecuada remoción del concreto ya endurecido y en exceso, por medios abrasivos y no de impacto, teniendo sumamente cuidado con no dañar los elementos existentes ni el concreto previamente colado para este trabajo.



Figura 2.5-1 Colocación de Grout con bomba.

Existe una opción para mezclar grava tipo “chispa” (12 mm) con el grout pre-mezclado para que el grout sea un poco más económico.

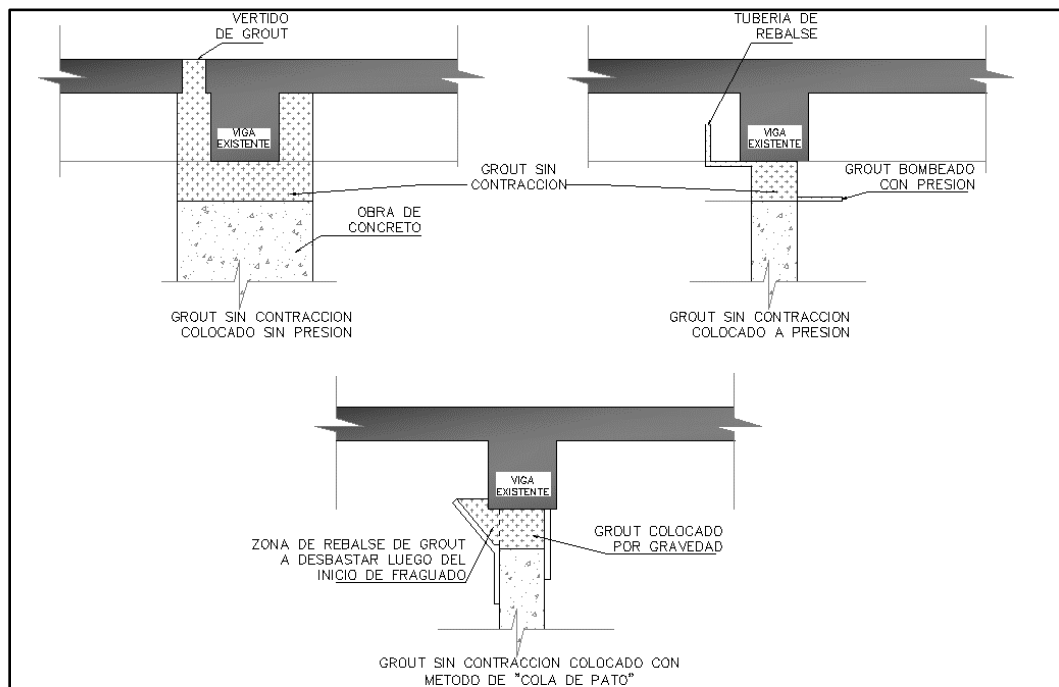


Figura 2.5-2 Métodos de colocación de Grout sin contracción.

2.6 Obras en acero estructural para arriostramiento de marco de acero

Esta sección detalla los requerimientos generales para la elaboración de arriostramientos de marcos de acero como reforzamiento sísmico.

Típicamente la construcción del reforzamiento con arriostramiento de marcos es realizados con secciones laminadas en caliente como perfiles H, I, channel o tubo según diseñado por el ingeniero estructurista.

En caso de no existir la disponibilidad de secciones laminadas en caliente, se podrá utilizar secciones fabricadas (secciones hechas con placas de acero soldadas/dobladas a una forma deseada) esta opción debe de ser avalada por el ingeniero estructurista e ingeniero a cargo del proyecto. En cualquiera de los casos, el arriostramiento del marco debe de ser fabricado en un taller de fabricación adecuado. Situaciones importantes que requieren atención del ingeniero a cargo del proyecto:

2.6.1 Soldadura

- Toda la soldadura debe de estar de acuerdo con AWS 1.1 excepto que se indique lo contrario en este manual, en los planos contractuales o especificaciones técnicas del proyecto.
- Cortar, esmerilar y soldar en el sitio no es permitido al menos que se indique en los planos o sea aprobado de otra manera; cuando esto sea permitido, se deben de garantizar unas condiciones de trabajo seguras y adecuadas. No se permitirá soldar cuando la superficie se encuentre húmeda.
- El contratista debe de determinar el procedimiento de soldadura, el cual debe de cumplir los requerimientos de las normativas y especificaciones, incluyendo los requerimientos de Inspección y Control de Calidad.
- Para secciones previamente fabricadas, la soldadura debe de ser continua en todo el largo y a ambos lados. Soldaduras discontinuas o parciales no será permitidas.
- Cuando la estructura de acero deba ser pulida por medio de chorro de arena y se le aplique un rociado de metalizado o galvanizado después de la fabricación, los listones y otros elementos sólidos soldados al miembro deben soldarse a lo largo de la unión y alrededor para sellar la superficie desprotegida.
- Elementos provisionales soldados al miembro por propósitos de fabricación o montaje deben de ser aprobados por el Ingeniero Estructurista y deben de estar

claramente detallados en los planos de fabricación.

- Adicionalmente a estos requerimientos, todas las soldaduras en las estructuras de acero deben de ser suavizadas y rectificadas.
- Las soldaduras deben de tener un filete mínimo de 6 mm.
- Se deben de realizar las pruebas de calidad de soldadura de los elementos principales del arriostramiento y obtener la certificación de calidad por parte de una persona/entidad calificada.

2.6.2 Fijación de pernos de cortante con cabeza

- Los pernos de cortante con cabeza que se van a fijar con el alma del marco de acero interno arriostrado se deben de fijar con una pistola de fijación de espárragos o mediante soldadura, según lo recomiende el fabricante de los pernos de cortante.
- Cuando sea requerido por el Ingeniero a cargo y antes de que comience la actividad de soldadura de los pernos de cortante, se deben de llevar a cabo ensayos a los materiales. Los ensayos se realizarán con muestras de materiales y pernos representativos a los que se utilizarán en las obras. Las muestras de materiales y pernos deben de estar sujetos a aprobación del ingeniero a cargo.
- Se entregará un reporte de la prueba satisfactoria para la calificación del perno de cortante de acuerdo a la normativa AWS D1.1.

2.6.3 Marcación e identificación

- Entregar detalles de los métodos a utilizar para identificar y registrar los materiales y los componentes con el fin de garantizar el uso y la ubicación correctos en la estructura.
- Las marcas deben de ser ubicadas en unas posiciones que sean visibles para revisar después del montaje.

2.6.4 Requerimientos de almacenaje y manejo

- Seguir las indicaciones del Ingeniero a cargo.
- No almacenar los materiales en contacto directo con el suelo.
- Almacenar los materiales en una superficie plana, nivelada y elevada sobre el nivel del suelo con el soporte adecuado para evitar el pandeo de los elementos.

- Proteger los materiales durante el almacenaje, manejo y montaje para prevenir daños.
- Mantener unas condiciones de ambiente (temperatura, humedad y ventilación) dentro de los límites especificados, tal como lo indique el ingeniero a cargo.

2.6.5 Fijación de los pernos de conexión

- Los pernos de alta resistencia se aprietan a una tensión de perno no inferior al 70% de su resistencia mínima a la tracción. El apriete se realiza con llaves debidamente calibradas, mediante el método de giro de tuerca o mediante el uso de indicadores directos de tensión (pernos o arandelas). Los pernos de apriete en las conexiones se identifican como de deslizamiento crítico mediante indicadores directos de tensión.
- Los pernos no deben tener menos de 16 mm de diámetro, excepto que lo permita el ingeniero del diseño.
- No se deben usar menos de dos pernos en cualquier conexión, excepto que lo permita el ingeniero del diseño.
- Empernado con pernos de tolerancia estrecha: Los orificios para pernos de tolerancia estrecha deben taladrarse y escariarse. Cuando los orificios no se perforan en todo su espesor en una sola operación, las piezas que se unirán deberán alinearse con precisión con taladros paralelos de un diámetro no mayor que el tamaño nominal del orificio y no menor que 0.15 mm menos que el diámetro nominal. y luego se escarian los agujeros. Se colocará un perno de tolerancia estrecha en cada orificio escariado y se apretará antes de escariar el siguiente orificio. Todos los pernos se volverán a apretar después de colocar el último perno.
- Corrección de alineaciones de orificios: el desplazamiento para alinear los orificios no debe agrandar los orificios ni distorsionar el metal. Los orificios que no puedan alinearse sin distorsión serán motivo de rechazo, a menos que el Ingeniero apruebe específicamente la ampliación mediante escariado.

2.6.6 Recubrimiento de la superficie (pintura)

- Se debe aplicar al menos una capa de anticorrosivo, o una base equivalente, a los elementos de acero fabricados en el taller.
- La estructura de acero debe estar seca y limpia.
- Las superficies de acero que se incrustarán en el concreto se dejarán sin pintura y

no será necesario limpiarlas con chorro abrasivo. La superficie pintada deberá continuar 80 mm por debajo de la superficie del concreto.

- Cuando la estructura de acero deba protegerse contra la corrosión con un sistema de recubrimiento de pintura, deberá estar de acuerdo con BS EN ISO 12944 y a las especificaciones del proyecto.
 - Se deben aplicar capas de anticorrosivo o capas base adicionales en las siguientes circunstancias:
 - Superficies soldadas en las que se ha utilizado una pintura anticorrosiva para soldaduras.
 - Estructuras de acero que quedarán expuestas al exterior en las obras terminadas
 - Todos los bordes, esquinas y orificios para pernos.
 - Sello de espacios entre los componentes adyacentes, como las conexiones empernadas elaboradas en el taller y del sitio.
 - El trabajo no deberá preceder cuando las superficies de acero estén mojadas o la temperatura ambiente, o el punto de rocío no esté dentro del rango recomendado por el fabricante de la pintura.
 - Pintura de pernos fijos en obra y soldadura.
 - Todas las partes sobresalientes de los pernos y las superficies de soldadura realizada en sitio deben limpiarse para eliminar restos de aceite, polvo, fundente de soldadura, etc.
 - El sistema de pintura deberá ser compatible con el sistema de tratamiento de superficie usado en las superficies circundantes.
 - No es necesario pintar los pernos que ya se suministren con un tratamiento protector, excepto cuando así lo requieran los planos arquitectónicos del Ingeniero.

2.6.7 Notas para el montaje

- El Ingeniero será notificado por escrito de la fecha de inicio antes del comienzo de las operaciones de campo.
- Los componentes deben izarse, colocarse y mantenerse en su posición utilizando equipo de izaje apropiado, arriostramiento temporal, tirantes o dispositivos de refuerzo para que los componentes no se sobrecarguen, se vuelvan inestables o inseguros en ningún momento. Se puede proporcionar material permanente adicional, si lo aprueba el Ingeniero, para asegurar que las capacidades de los

miembros no se excedan durante el montaje.

- Para montajes temporales, los empalmes y las conexiones de la viga principal se deben alinear con pasadores y se debe instalar una cantidad suficiente de pernos de ajuste para mantener la integridad de la conexión.
- Las reparaciones del material erigido solo se permitirán después de que el procedimiento de reparación haya sido aprobado por el Ingeniero.
- Solo se permite el relleno de orificios fuera de lugar mediante soldadura con la aprobación por escrito del Ingeniero.
- No se permite el martilleo que dañe o distorsione los miembros.

2.6.8 Responsabilidad del contratista en la fabricación

- El contratista tiene que revisar los planos de diseño y hacer comentarios, de modo que, si es necesario y si la disposición del diseño estructural lo permite, el contratista pueda cambiar la longitud de algunos de los miembros para asegurarse de que su peso sea lo suficientemente ligero para el procedimiento de montaje que el contratista planea usar o el tipo de conexión que convenga el contratista.
- El contratista debe verificar la dimensión real en el sitio antes de la fabricación.
- Si el plano de fabricación es responsabilidad del contratista, los planos se deben enviar al ingeniero a cargo para su aprobación antes del trabajo de fabricación real.

Capítulo 3. Procesos constructivos de los métodos de reforzamiento

3.1. General

Las obras de reforzamiento generalmente son realizadas para agregar y reforzar elementos de una estructura existente para mejorar su desempeño estructural ante terremotos u otras cargas. Existen muchos métodos para realizar estas obras, que se denominan métodos de reforzamiento.

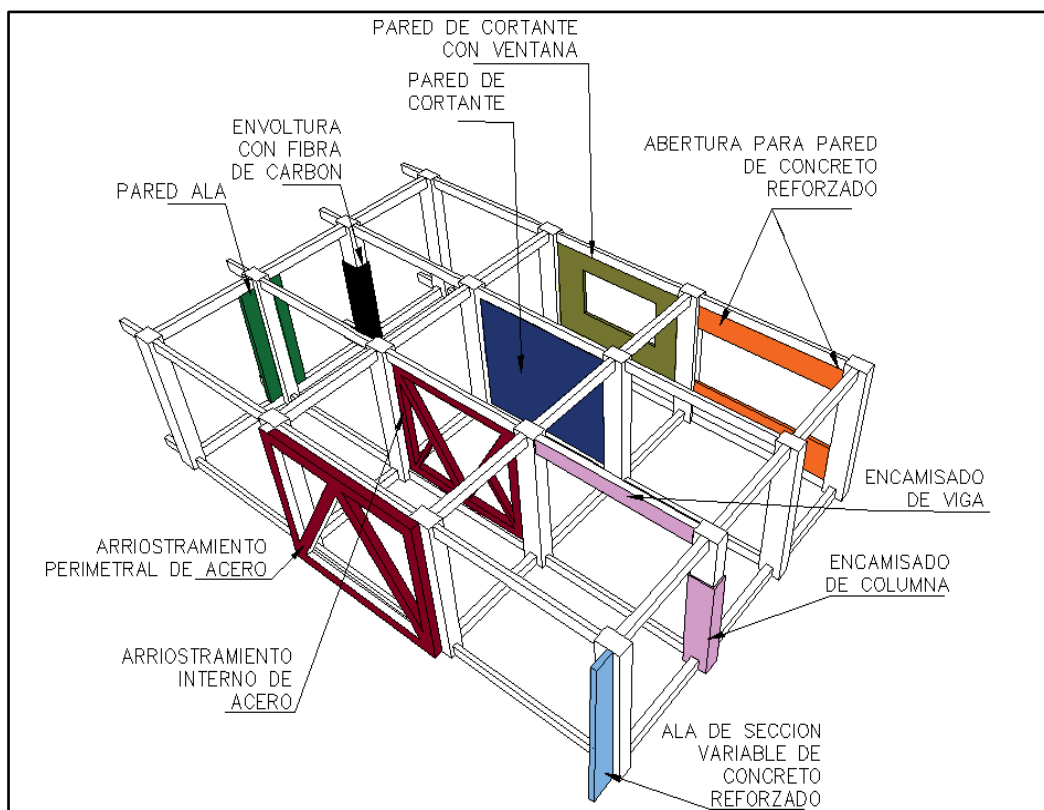


Figura 3.1-1 Diferentes tipos de métodos de reforzamiento

La siguiente tabla muestra los diferentes tipos de métodos de reforzamiento. Estos métodos se aplican a la estructura para mejorar el rendimiento estructural del edificio, tales como resistencia, ductilidad, equilibrio estructural, etc.

Tabla 3-1- Métodos de reforzamiento comúnmente utilizados

Tipos de Métodos de Reforzamiento				
	Descripción de los Métodos de Reforzamiento	Mejora de la resistencia	Mejora de la ductilidad	Mejora del balance estructural
1	Encamisado de concreto reforzado en columna	√	√	
2	Instalación de pared de corte de concreto reforzado	√		
3	Construcción de pared lateral de concreto reforzado	√		√
4	Arriostramiento de marco de acero	√		
5	Envoltura de fibra de carbono		√	
6	Hendidura estructural		√	√
7	Encamisado de concreto reforzado en viga		√	
8	Laminación en ladrillo de obra con ferrocemento	√		
9	Encamisado de placa de acero		√	
10	Construcción de contrafuertes externos	√		
11	Aislamiento de base*			
12	Arriostramiento con elementos de concreto reforzado	√		

*No se marcan las mejoras logradas con este tipo de reforzamiento ya que dependen del diseño.

En este capítulo se describirá detalladamente las consideraciones en los procesos de construcción de los diferentes métodos de reforzamiento más utilizados en el Área Metropolitana de San Salvador, los cuales tienen el propósito de mejorar el rendimiento estructural del edificio, debiendo ser compatibles con la estructura existente. Por lo tanto, deben ser seleccionados mediante una evaluación detallada y un diseño de reforzamiento realizado por un ingeniero estructural debidamente calificado.

3.1.1. Requisitos previos generales para cada reforzamiento

El contratista deberá presentar lo siguiente y solicitar el permiso para la ejecución de la obra a la autoridad supervisora.

- A. Planos taller
- B. Certificados de calidad de los materiales
- C. Reporte de condiciones reales del suelo con su respectivo estudio de suelos (cuando aplique).
- D. Reporte de ensayos a los materiales.

3.2. Obras de reforzamiento con encamisado de columnas

El reforzamiento con encamisado de columnas es uno de las obras de reforzamiento más comunes. Los dos tipos de encamisados de columnas son: encamisado de columnas de concreto reforzado y envoltura de fibra de carbono.

3.2.1. Obras de Reforzamiento con Encamisado de Columna de Concreto Reforzado

El encamisado de concreto reforzado en columnas, es un procedimiento mediante el cual podemos aumentar tanto la resistencia como la ductilidad de una estructura. Es la modificación de la estructura existente para hacerla más resistente a actividades sísmicas e inestabilidad del suelo debido a terremotos. Este método de reforzamiento mediante el encamisado alrededor de la columna existente se realiza con concreto reforzado, siguiendo las especificaciones y planos de diseño del reforzamiento

3.2.1.1. Alcance

Este método se utiliza para mejorar la resistencia a la flexión y la resistencia axial, así como la ductilidad.

3.2.1.2. Materiales

En este método se utilizan materiales básicos de construcción como el concreto y acero de refuerzo; y para fines especiales se utiliza grout sin contracción, pines de acero para anclaje post-instalado, agentes adhesivos epóxico, entre otros, estos de acuerdo a las especificaciones del diseño aprobado.

3.2.1.3. Construcción

En el método de encamisado de concreto reforzado en columnas, las caras o lados de la columna existente deben estar confinadas monolíticamente por el encamisado de concreto reforzado, que a la vez está firmemente fijado con la columna existente. El proceso de construcción del encamisado de columnas es el siguiente:

- a) Se instalarán cercas de seguridad temporales alrededor del lugar de trabajo para restringir el acceso a personas ajenas a las obras, además, el área se aislará con cortinas elaboradas con plástico, geotextil o algún otro material que garantice el control del polvo, esto se debe de realizar antes de comenzar las actividades de demolición, remoción o cualquier trabajo de desmontaje.
- b) Se colocarán puntales adicionales entre pisos antes del desmontaje o trabajo de excavación para reducir cargas.
- c) El acabado de los miembros de concreto reforzado a intervenir se deberá de remover, incluyendo cualquier tipo de recubrimiento arquitectónico, por medios manuales sin utilizar ningún equipo electromecánico. Todas las superficies se limpiarán con una brocha.
- d) La superficie de la columna existente se preparará en bruto escarificado manualmente con un cincel afilado y limpiando las superficies de cualquier partícula suelta y polvo.
- e) Si se descubre que los refuerzos existentes están corroídos, se requerirá la limpieza de las barras de acero con un cepillo de alambre o un compresor de arena. La cubierta de concreto de esa parte se quitará y las barras de acero se limpiarán con un cepillo de alambre y se recubrirán con un material epóxico que prevenga la corrosión, si es necesario. Se sugiere complementar con un ensayo de corrosión al acero.
- f) Se instalarán en todas las caras de la columna pines para anclaje usando un aditivo apropiado de acuerdo con las especificaciones técnicas de diseño.
- g) La barra de refuerzo principal nueva se anclará desde la cimentación y se amarrará, o se colocarán estribos de acuerdo con lo dispuesto en el plano estructural.
- h) Los estribos o amarres se deben continuar a través de la unión viga-columna anclando el amarre o el estribo en la viga. La Figura 3.2-1 y la Figura 3.2-2 muestran los detalles típicos de un encamisado concreto reforzado en columna.
- i) El encofrado se dispondrá perfectamente a la línea requerida y los niveles deben contener una superficie plana. Las juntas del encofrado deben estar bien ajustadas para evitar la pérdida de lechada del concreto. Los apuntalamientos y arriostramientos se colocarán de

manera eficiente tanto horizontal como verticalmente.

- j) Recubrimiento de la columna existente con un material aditivo apropiado que unirá el concreto viejo con el nuevo.
- k) Después del reforzamiento con acero y el encofrado, se debe verter el concreto de la camisa antes de que se seque el aditivo. El concreto utilizado debe ser de baja retracción y estar compuesto por pequeños agregados, arena, cemento y materiales adicionales para evitar la retracción.
- l) El concreto se vaciará primero hasta unos 10 cm por debajo de la viga, y luego el resto en la unión viga-columna se realizará mediante grout sin contracción.
- m) Este trabajo de grout debe realizarse con la ayuda de una máquina de grout presurizado o se coloca el grout utilizando algún otro método sugerido anteriormente en este manual. El espesor del encamisado de concreto reforzado no será inferior a 10 cm para concreto y no inferior a 6 cm para mortero.
- n) El curado se hará utilizando un aditivo de acuerdo don las especificaciones de diseño.

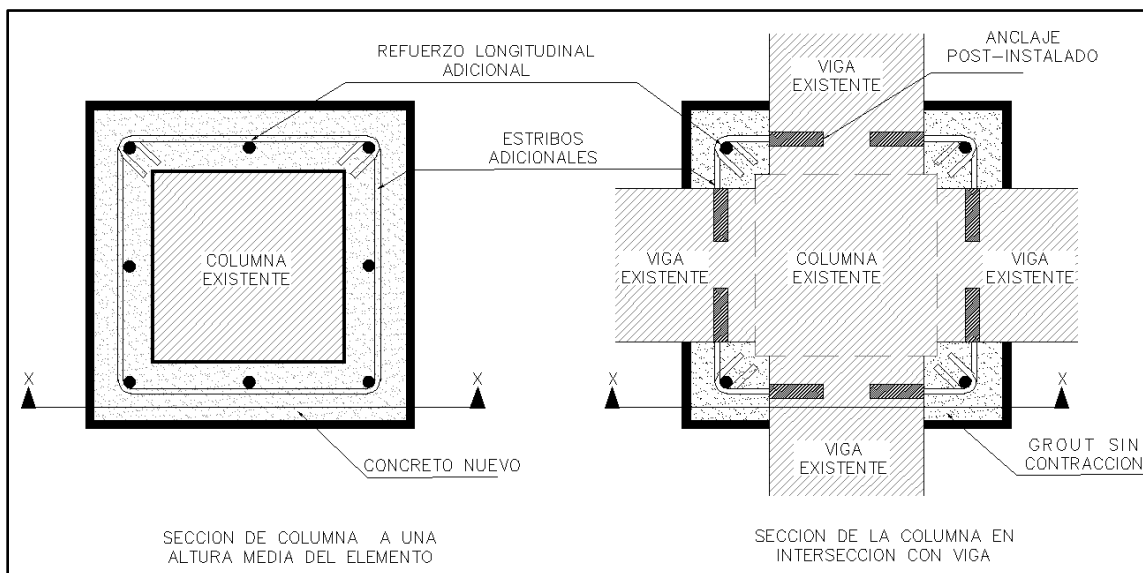


Figura 3.2-1 Sección transversal de detalles típicos del encamisado de columnas.

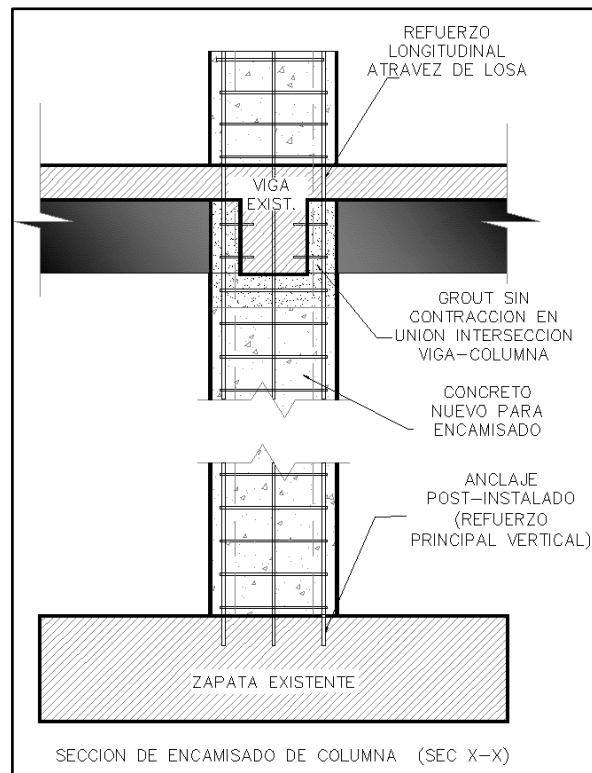
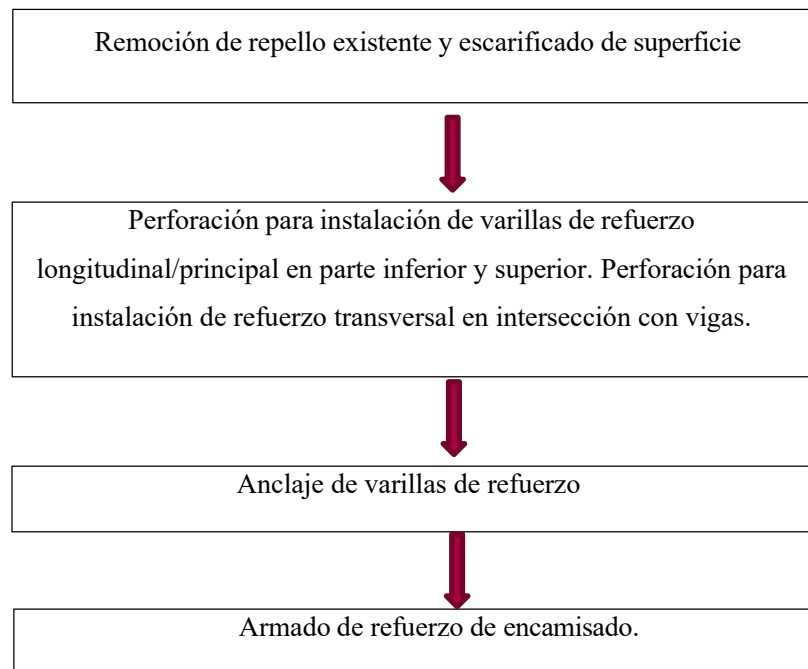


Figura 3.2-2 Sección vertical de detalle típico del encamisado de columnas.



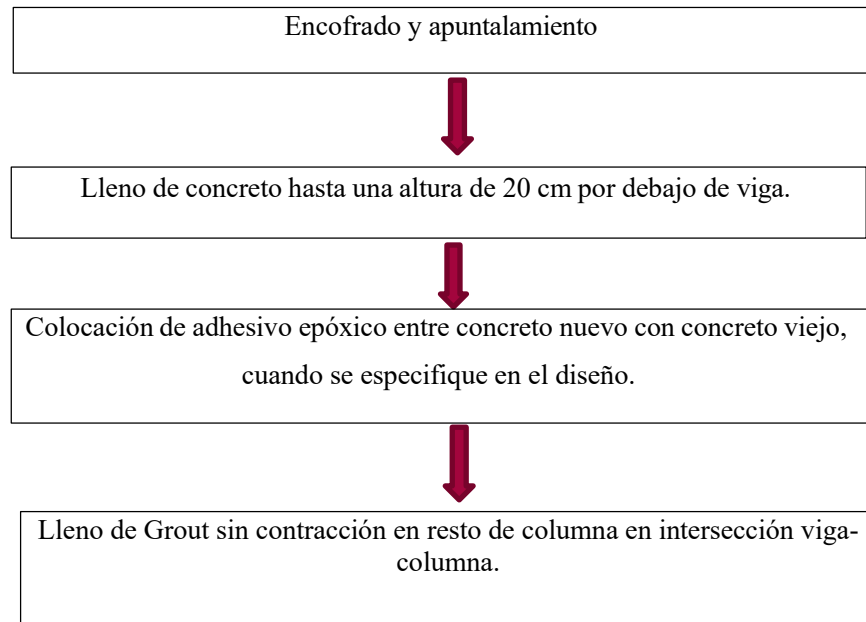


Figura 3.2.1.3-1 Diagrama de flujo de construcción estándar para reforzamiento por encamisado de columna





Figura 3.2-4 Proceso constructivo para reforzamiento de columnas.

3.3. Obras de reforzamiento con encamisado en vigas de Concreto Reforzado

El encamisado de vigas se ha considerado como uno de los métodos más importantes para reforzar y reparar vigas de concreto reforzado. El encamisado en las vigas de concreto reforzado se realiza ampliando la sección transversal existente con una nueva capa de concreto reforzado o mortero armado que se refuerza tanto longitudinal como transversal.

3.3.1. Alcance

El principal objetivo de este método es mejorar la ductilidad de la estructura existente. El encamisado de vigas también puede ser utilizado con fines de reparación. El encamisado de concreto puede aumentar tanto la capacidad de flexión como cortante de una viga.

3.3.2. Materiales

En el método de encamisado de concreto reforzado, los materiales básicos de construcción utilizados son el concreto y las barras de acero. Se utilizan materiales de construcción especiales como Grout sin contracción y agente aditivo epóxico del concreto según la especificación. Para más detalles sobre los materiales, se debe seguir el “Capítulo Materiales de Construcción para reforzamientos” de este manual.

3.3.3. Construcción

La secuencia de construcción del encamisado de vigas se describe a continuación:

- a) Se colocarán puntales adicionales entre pisos antes del trabajo de desmontaje para reducir cargas en los elementos a intervenir.
- b) Se instalarán cercas de seguridad temporales alrededor del lugar de trabajo para restringir el acceso público al área de trabajo y el lugar se cubrirá con tela de arpillera para evitar la propagación de polvo antes de comenzar el desprendimiento de concreto o cualquier trabajo de desmontaje.
- c) El desmantelamiento de la pared de ladrillos se realizará correctamente y los escombros se limpiarán del área de trabajo.
- d) El acabado de los elementos de concreto (vigas) incluyendo cualquier tipo de zócalo, se debe retirar por medios manuales sin usar ningún equipo electromecánico, toda superficie se limpiará con cepillo.
- e) El miembro de concreto reforzado existente (viga) se preparará en bruto escarificando manualmente con un cincel afilado y limpiando las superficies de cualquier partícula suelta y polvo.
- f) Si se descubre que los refuerzos existentes están corroídos, se requerirá la limpieza de las barras de acero con un cepillo de alambre o un compresor de arena. Se quitará la cubierta de concreto de esa porción, se limpiarán las barras de acero y estas se recubrirán con material epóxico que prevenga la corrosión, si es necesario. Se sugiere complementar con un ensayo de corrosión al acero.
- g) Se instalará en la viga existente pines de anclaje usando un aditivo apropiado de acuerdo con las especificaciones técnicas de diseño.
- h) Se instalarán nuevas barras de refuerzo longitudinales y nuevos estribos de acuerdo con las dimensiones y diámetros según el diseño. Los estribos recién agregados atravesarán la losa y se cerrarán mediante soldadura o anclaje con placa según diseño. (ver Figura 3.3-1).
- i) La viga existente se deberá recubrir con un aditivo epóxico apropiado para la adherencia entre concreto viejo y nuevo.
- j) El encofrado debe disponerse perfectamente alineado y nivelado, y además deben contener una superficie plana. Las juntas del encofrado deben estar bien ajustadas para evitar la pérdida de lechada del concreto. El apuntalamiento y el arriostramiento del encofrado se deben de instalar de manera eficiente tanto en dirección horizontal como vertical.

- k) Después de la colocación del refuerzo, el colado se realizará con Grout sin contracción
- l) El colado de concreto se realizará a través del vibrado de la losa en dos etapas para evitar segregaciones. El mezclado y el bombeo adecuado del Grout sin contracción deben realizarse con cuidado.
- m) El grosor del encamisado de concreto de los tres lados de la viga debe ser de un mínimo de 100 mm para garantizar un recubrimiento adecuado y de acuerdo a lo especificado en el diseño
- n) El curado se hará utilizando un aditivo

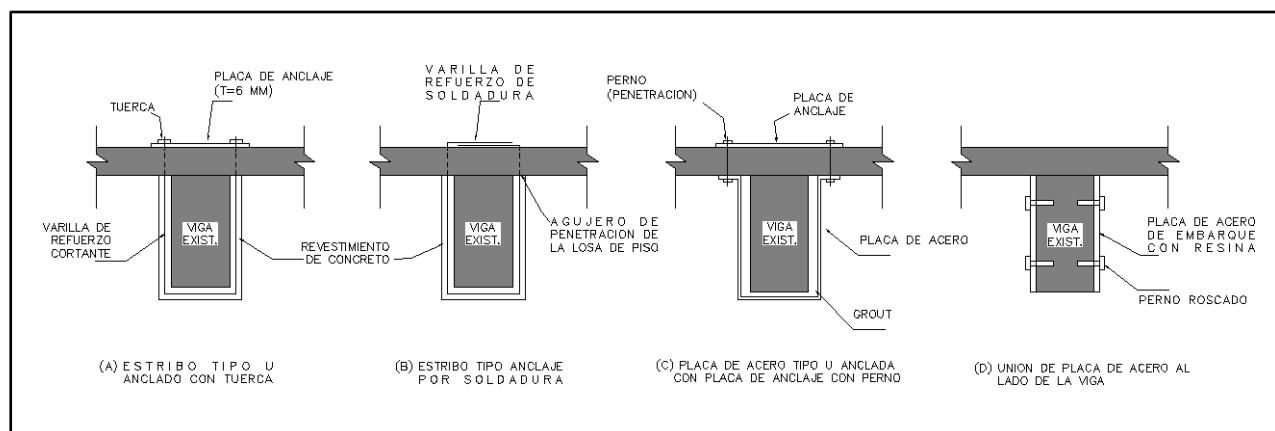


Figura 3.3-1 Ejemplos de encamisado de vigas

Fuente: Directrices para el reforzamiento sísmico de edificios existentes de concreto reforzado, 2001.

Publicado por- La Asociación Japonesa de Prevención de Desastres en la Construcción

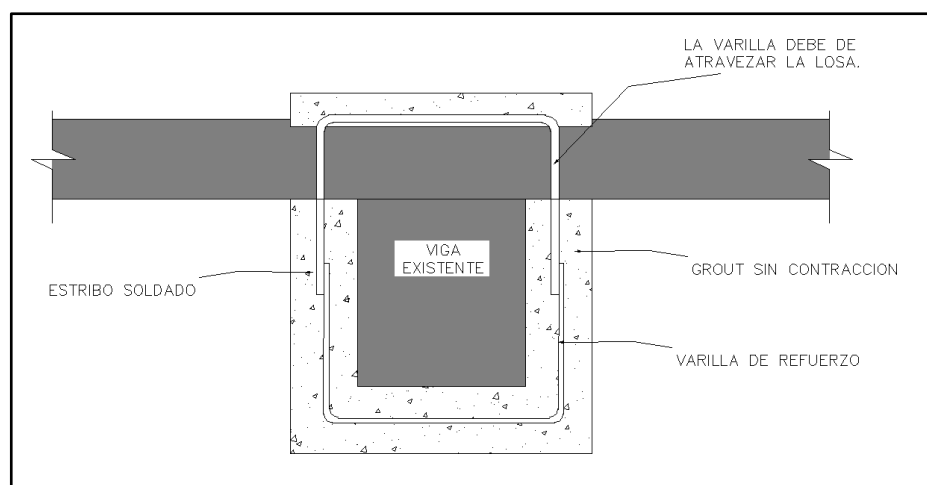


Figura 3.3-2 Detalle del encamisado de vigas de concreto reforzado

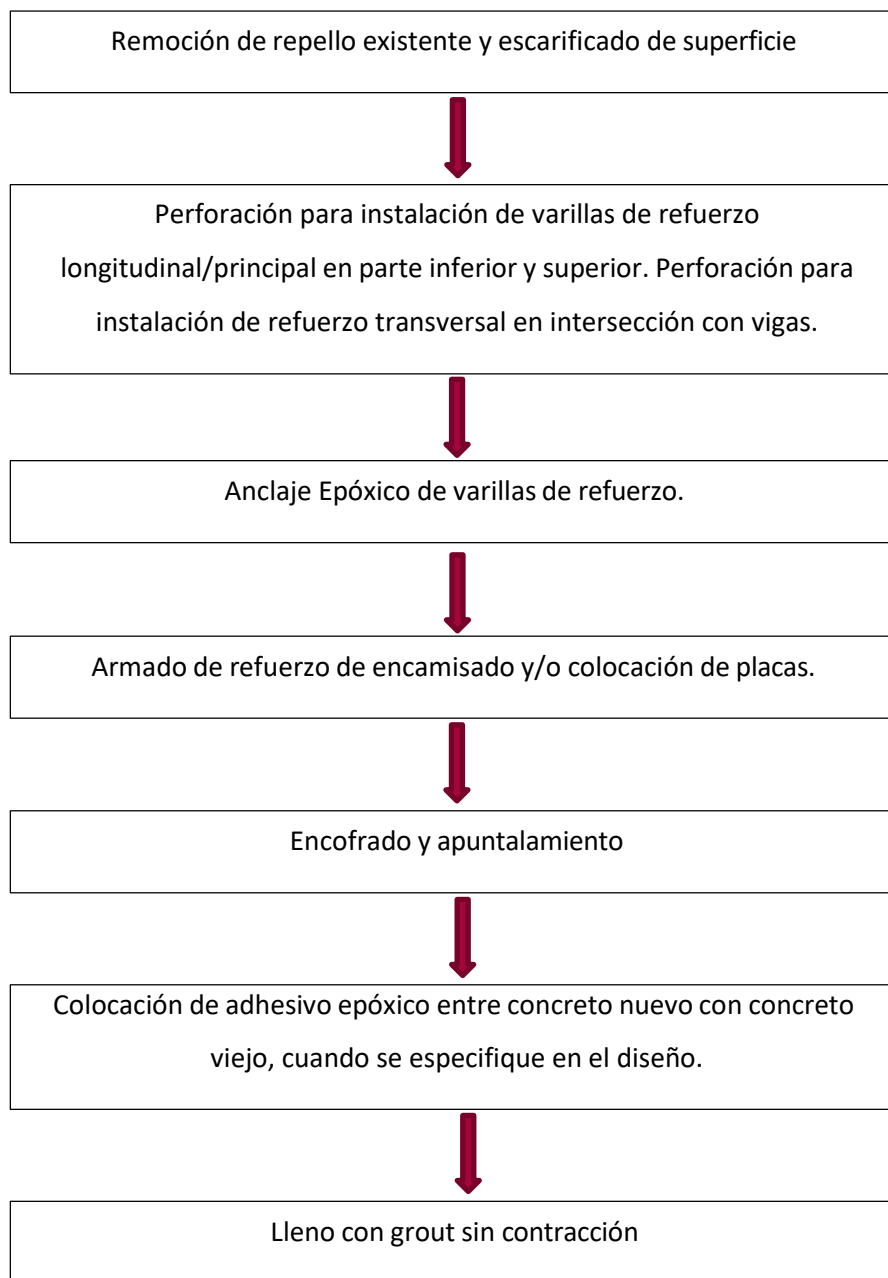


Figura 3.3-3 Diagrama de flujo de construcción estándar para reforzamiento mediante encamisado de vigas

3.4. Obras de reforzamiento con pared de concreto reforzado

El trabajo de reforzamiento con paredes de concreto reforzado se puede realizar de dos métodos diferentes, como se explica a continuación.

3.4.1. Obras de reforzamiento con pared de corte de concreto reforzado

El reforzamiento con pared de corte de concreto reforzada mejora la resistencia al corte y el equilibrio estructural. En este método, cualquier pared de ladrillos existente puede ser reemplazada por una pared de corte de concreto reforzado. Un inconveniente es que reduce la ventilación y la luz natural si se utiliza en un marco abierto. También, un pared de corte de concreto reforzado se puede colocar por debajo del nivel del suelo, entre otro un arriostramiento con marco de acero y la fundación.

3.4.1.1. Alcance

La instalación de Muros de Corte es un método de reforzamiento que es adecuado para aumentar la resistencia del edificio existente, rellenando nuevas paredes de corte en el marco abierto de un edificio existente o reemplazando el muro de ladrillo relleno existente por paredes de corte de concreto reforzado (ver Figura 3.4-4).

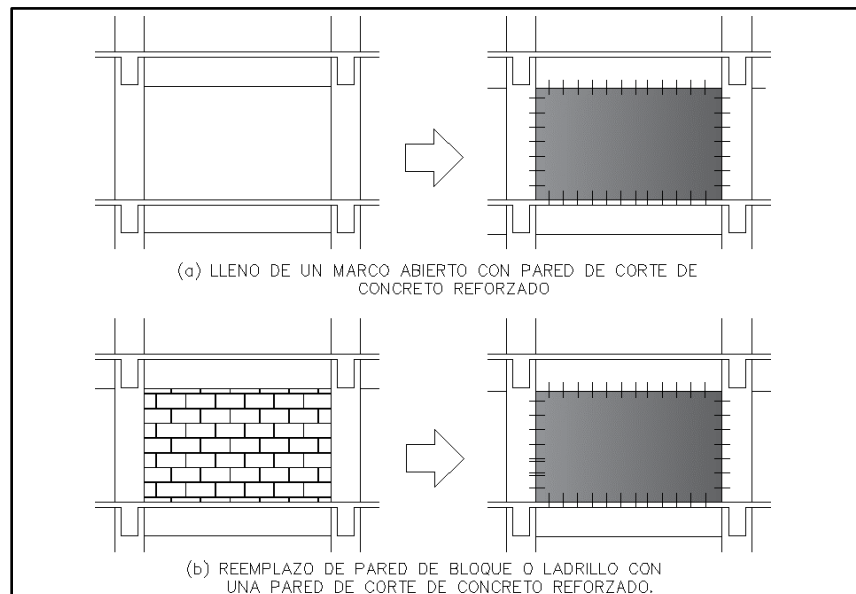


Figura 3.4-1 Reforzamiento mediante la instalación de una pared de corte

3.4.1.2. Materiales

En este método, los materiales de construcción básicos requeridos son concreto, moldes (metálicos o de madera) y acero de refuerzo. Materiales de construcción especiales, como Grout sin contracción, pines de anclaje, aditivo epóxico, etc., según diseño y especificación aprobados. Para más detalles sobre los materiales, se debe seguir el "Capítulo Materiales de construcción de reforzamiento" de este manual.

3.4.1.3. Construcción

La secuencia de construcción de la pared de corte de concreto reforzado se da a continuación:

1. Se colocarán puntales adicionales entre pisos antes del trabajo de desmontaje para reducir cargas en los elementos a intervenir.
2. Se instalarán cercas de seguridad temporales alrededor del lugar de trabajo para restringir el acceso público al área de trabajo y el lugar de trabajo debe aislarse por medio de cortinas de plástico para evitar la propagación de polvo antes de comenzar la eliminación del repello cementicio o cualquier trabajo de desmantelamiento.
3. Paredes no estructurales o paredes de relleno, polvo y acabados de pisos en el marco donde se insertará la pared de corte debe removerse.
4. Polvo de los miembros de concreto reforzado (Columna y Viga) se removerán por medios manuales sin utilizar ningún equipo electromecánico, todo tipo de superficies se limpiarán con cepillo.
5. El miembro de concreto reforzado existente se preparará en bruto escarificando manualmente con un cincel afilado y limpiando las superficies de partículas sueltas y polvo.
6. Los pines de anclajes instalados posteriormente deben instalarse utilizando aditivos epóxicos apropiados de acuerdo con las especificaciones técnicas de diseño a lo largo de columnas y vigas límite para hacer la conexión entre la nueva pared de corte instalada y el marco de viga-columna existente.
7. El refuerzo contra el agrietamiento del concreto debe proporcionarse suficientemente mediante el uso de estribos en espiral o barras de refuerzo en forma de escalera ver detalle en Figura 3.4-2.
8. El refuerzo se colocará de acuerdo con lo dispuesto en el plano estructural.
9. El encofrado debe disponerse perfectamente alineado y nivelado, y además deben contener una superficie plana. Las juntas del encofrado deben estar bien ajustadas para evitar la pérdida de lechada del concreto. El apuntalamiento y el arriostramiento del encofrado se deben de instalar de manera eficiente tanto en dirección horizontal como vertical.
10. La columna existente se recubrirá con un material de agente adhesivo epoxi apropiado que se uniría entre el concreto viejo y el nuevo.
11. Después de ensamblar las barras de refuerzo y el encofrado, se debe verter el concreto antes de que se seque el material epoxi. El concreto se vaciará primero hasta unos 10 cm por

debajo de la viga.

12. El resto de la pared de corte se construirá con Grout sin contracción con presión para no dejar huecos sin rellenar y/o huecos por debajo de la viga. Este trabajo de Grout se realizará preferiblemente con la ayuda de una máquina de Grout a presión.
13. El curado se hará con un compuesto de curado.

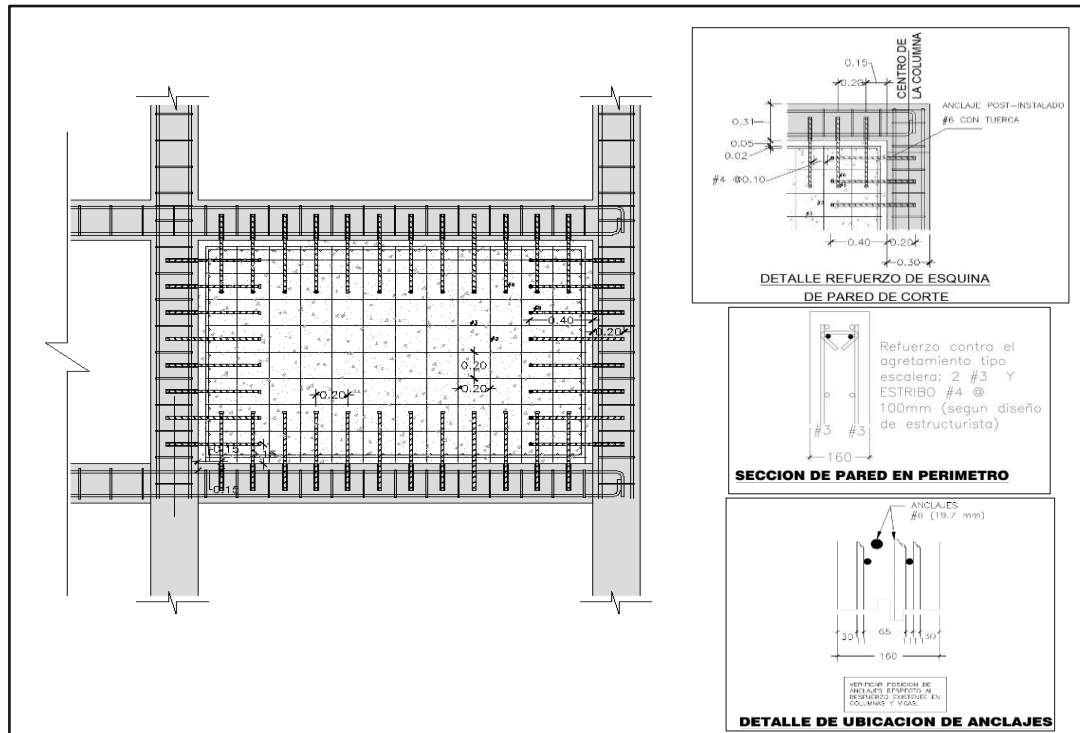


Figura 3.4-2 Detalle típico de pared de corte y sus conexiones con vigas y columnas existentes

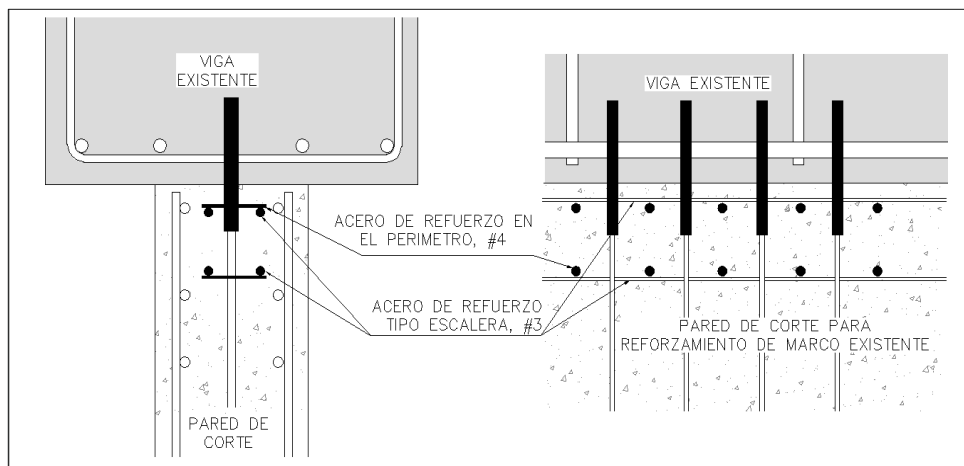


Figura 3.4-3 Refuerzo contra el agrietamiento con barras de refuerzo tipo escalera

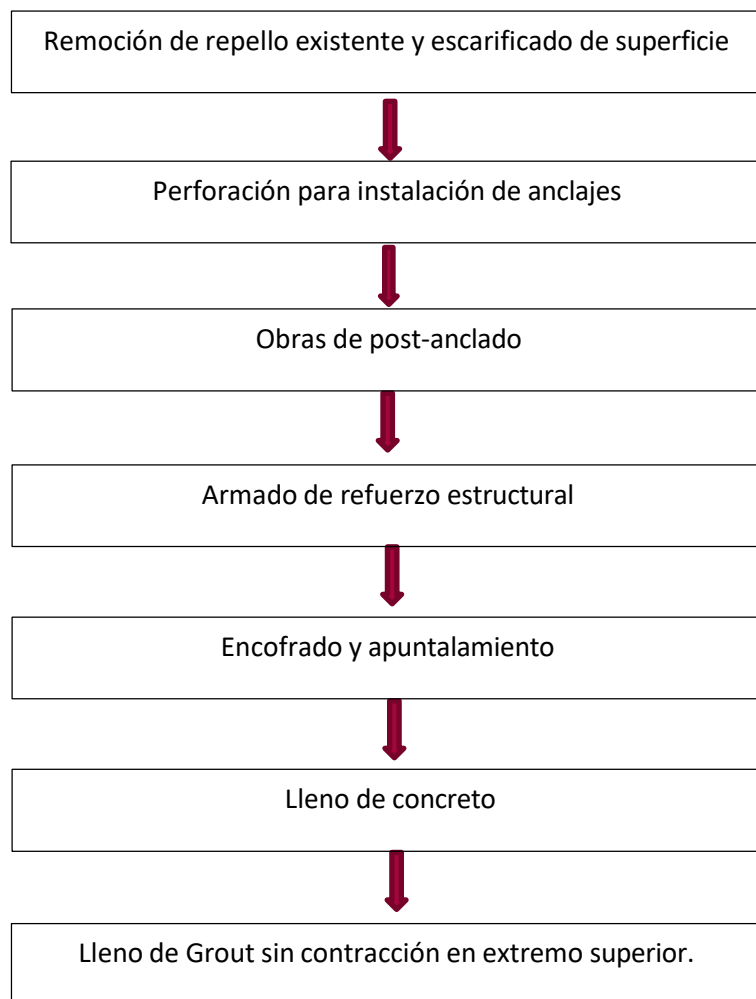


Figura 3.4-4: Diagrama de flujo de construcción estándar para reforzamiento por pared de corte

3.4.2. Obras de reforzamiento por medio de pared tipo ala de concreto reforzado

En este método de reforzamiento, los paneles pequeños se instalan con una columna existente que puede no considerarse una pared de corte (ver Figura 3.4-5). Aquí, mediante la instalación de paredes laterales de concreto reforzado, el mecanismo de falla del sistema estructural puede pasar de la fluencia de la columna a la fluencia de la viga.

3.4.2.1. Alcance

Este método de reforzamiento la instalación de una pared tipo ala de concreto reforzado es para aumentar el rendimiento sísmico del edificio existente cambiando las columnas independientes existentes por columnas con paredes laterales para mejorar su resistencia a través de un proceso relativamente simple.

3.4.2.2. Materiales

En este método, los materiales de construcción básicos requeridos son concreto y acero de refuerzo. También se utilizan materiales de construcción especiales, como grout sin contracción, anclaje post- instalado, agente adhesivo epóxico, etc estos según diseño y especificación aprobados. Para más detalles sobre los materiales, se debe seguir el “Capítulo 5: Materiales” de este manual.

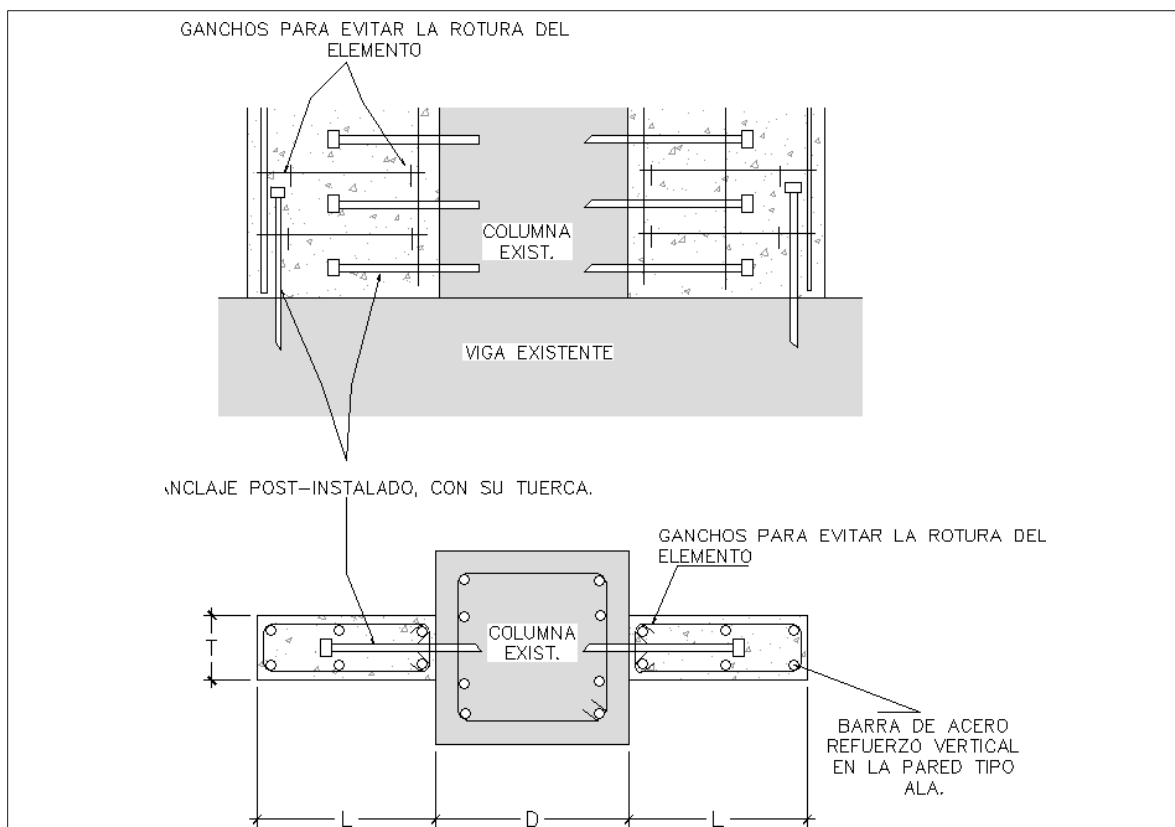


Figura 3.4-5 Detalle típico de reforzamiento por medio de pared tipo ala.

3.4.2.3. Construcción

La secuencia de construcción de la pared tipo ala de concreto reforzado se da a continuación:

1. Se colocarán puntales adicionales entre pisos antes de la demolición o trabajo de excavación para reducir cargas.
2. Se instalarán cercas de seguridad temporales alrededor del lugar de trabajo para restringir el acceso público al área de trabajo y el lugar de trabajo debe cubrirse con tela de arpillería para evitar la propagación de polvo antes de comenzar la eliminación del repello o cualquier trabajo de demolición.
3. Se quitarán las divisiones no estructurales o paredes de relleno, yeso y acabados de piso en el marco donde se instalará la pared tipo ala.
4. El repello de los miembros de concreto reforzado (Columna y Viga) se quitará por medios manuales sin usar ningún equipo electromecánico, todo tipo de superficies se limpiarán con cepillo suave.
5. Las superficies del elemento de concreto reforzado a intervenir deben de ser rugosas esto se logrará cincelandolo manualmente con un cincel afilado y limpiando las superficies de partículas sueltas y polvo.
6. Los pernos de anclaje post-instalados deben instalarse usando químicos adhesivos epóxicos apropiados de acuerdo con la especificación de diseño a lo largo del perímetro de las columnas y vigas para hacer la conexión entre la nueva pared tipo y el marco de viga-columna existente.
7. El refuerzo contra el agrietamiento del concreto debe proporcionarse de manera suficiente mediante el uso de ganchos de amarre cerrados (ver figura).
8. El refuerzo se colocará de acuerdo con lo dispuesto en el plano estructural.
9. El encofrado debe disponerse perfectamente alineado y con los niveles requeridos, este debe contener superficie plana. Las juntas en el encofrado deben de ser bien ajustadas para eliminar las fugas de lechada del concreto.
10. A la columna existente se le aplicará un agente adhesivo epóxico apropiado para unir el concreto viejo con el nuevo.
11. Después de instalar las barras de refuerzo y el encofrado, se debe verter el concreto antes de que se seque el material epóxico. El concreto se vaciará hasta unos 10 cm por debajo de la viga.
12. A la parte restante del muro tipo ala se le verterá grout sin retracción preferiblemente a

presión para no dejar huecos sin rellenar por debajo de la viga. Este trabajo preferiblemente se realizará con la ayuda de una máquina de Grout presurizado.

13. El curado se hará con un compuesto de curado.

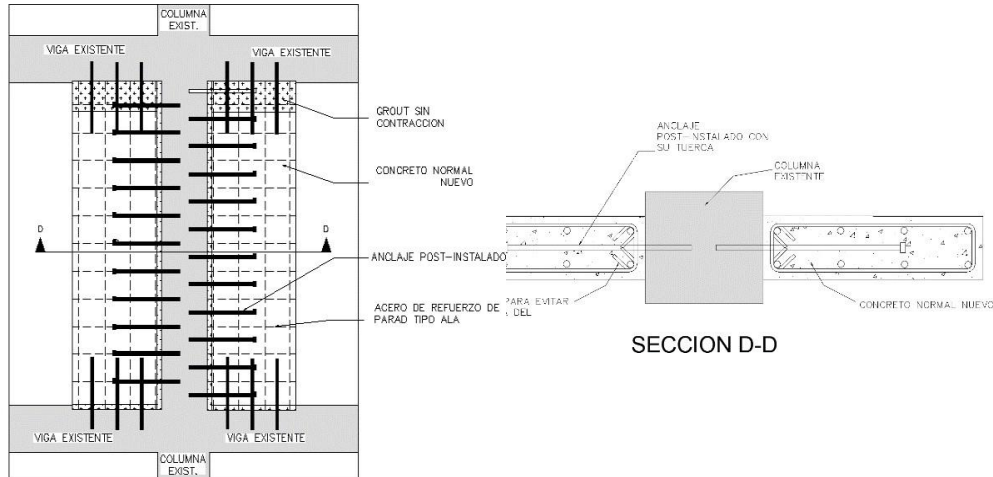


Figura 3.4-6 Reforzamiento mediante la incorporación de pared tipo ala.

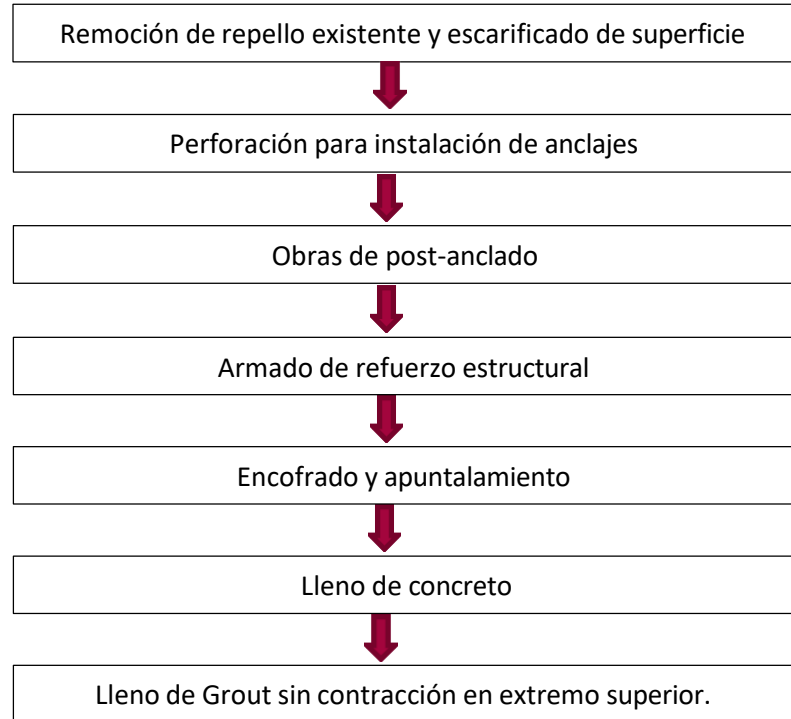


Figura 3.4-7 : Diagrama de flujo de construcción estándar para reforzamiento por pared tipo ala

3.5. Reforzamiento con arriostramiento con marco de acero

El reforzamiento con secciones de acero es una técnica de mejora sísmica de los marcos de concreto reforzado existentes mediante refuerzos de acero o paneles de acero. Los detalles de conexión pueden tener los siguientes dos esquemas: conexión directa con pernos, soldadura u otros métodos y conexión indirecta a través de mortero y anclajes proporcionados entre el marco de concreto reforzado y el marco de acero. Para garantizar una conexión segura, se recomienda enfáticamente utilizar la segunda, es decir, una conexión indirecta con los elementos de concreto armado existentes a lo largo de sus cuatro interfaces del marco de acero utilizando anclaje post instalado y Grout sin contracción.

3.5.1. Alcance

La resistencia lateral de un marco se puede mejorar significativamente mediante la adición de un sistema de arriostramiento de acero.

3.5.2. Requisitos previos

El contratista deberá presentar lo siguiente y solicitar el permiso para la ejecución de la obra a la autoridad supervisora.

- A. Planos taller del proceso de montaje: El plano de trabajo deberá ser presentado por el contratista antes del montaje y deberá ser aprobado por el Ingeniero Estructural.
- B. Certificados:
 - Acero estructural.
 - Acero para todas las conexiones.
 - Materiales de soldadura.
 - Capa base y anticorrosivo
- C. Informes de pruebas a: - Ángulo, placa, perno de alta resistencia.
- D. Registros de las pruebas.

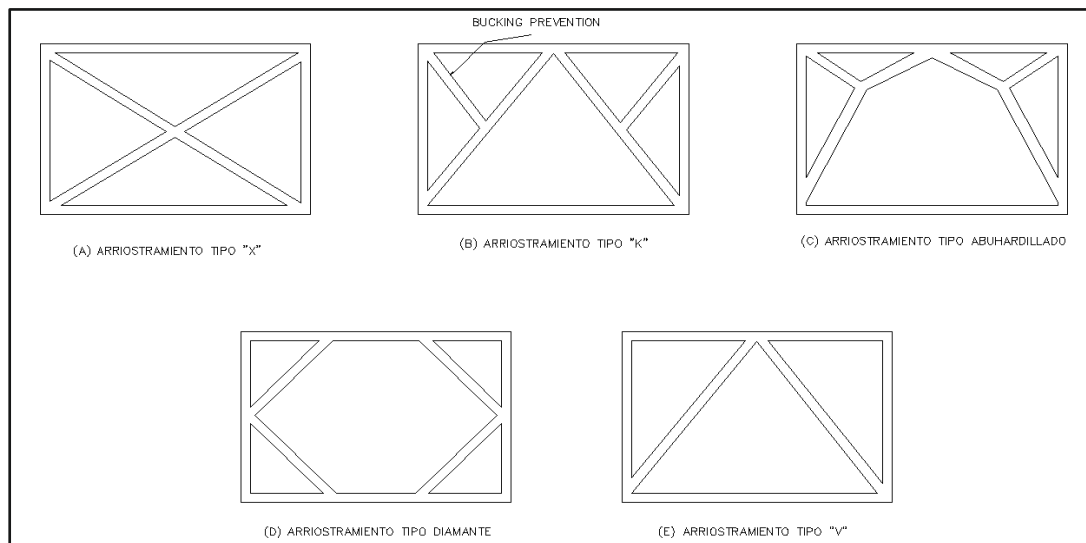


Figura 3.5-1 Diferentes tipos de arriostramiento de estructura de acero

3.5.3. Materiales

En el reforzamiento con arriostramiento de estructura de acero, los materiales de construcción básicos se enumeran como estructura de acero, conector de cortante (tipo stud), pernos de conexión, etc. Los materiales de construcción especiales utilizados aquí son anclaje post instalado, Grout sin contracción, etc. según el diseño y la especificación aprobados. Materiales a utilizar siguiendo las normas que se mencionan a continuación:

- I. Acero estructural: ASTM A36/A36M-05, A242/A242M-04e1, A283/A283M-03, A572/A572M
- II. Tubería estructural: ASTM A500-03a
- III. Tubería estructural: ASTM A501-01(2005).
- IV. Tubo de acero: A53/A53M-05.
- V. Pernos, Tuercas y Arandelas:
 1. Pernos de alta resistencia, incluidas tuercas y arandelas: ASTM A325-04b, A490-04a.
 2. Pernos y tuercas, que no sean de alta resistencia: ASTM A307-04.3. Arandelas planas, distintas de las que están en contacto con cabezas de pernos y tuercas de alta resistencia:
- VI. Recubrimiento de zinc: ASTM A123/A123M-02.
- VII. Reparación de pintura galvanizada: SSPC-SP1 y SSPC-SP2.
- VIII. Electrodo: ASW A5, los certificados de las pruebas deben proporcionarse de acuerdo con las especificaciones y los electrodos se almacenarán de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

3.5.4. Construcción

El trabajo de arriostramiento de estructuras de acero es una de las principales técnicas de reforzamiento. Las obras de construcción se dividen en dos etapas: preparación del arriostramiento de la estructura de acero en el taller y montaje en el sitio. Pero, si las condiciones del lugar de trabajo son las adecuadas y/o si el proceso de izado y montaje de la estructura metálica sea demasiado complejo debido a las condiciones físicas de la edificación existente, entonces se podrá montar un taller provisional de preparación dentro del proyecto, dicho taller deberá de ser verificado y aprobado por la supervisión. La secuencia de construcción de arriostramiento de acero guía al supervisor y al contratista a reconocer el método de trabajo y los puntos importantes para ejecutar el trabajo de manera correcta y segura.

3.5.4.1. Preparación del arriostramiento de estructura de acero (en el taller)

Los trabajos de preparación de los arriostramientos de acero se realizarán en el taller, que deberá estar dotado de todos los equipos necesarios para mantener la calidad del trabajo. Todo el trabajo se llevará a cabo en pleno cumplimiento de los planos y dibujos, especificaciones y según las instrucciones de la autoridad supervisora. Durante la fase de preparación, se deben seguir algunos pasos:

1. El contratista deberá confirmar que las especificaciones de los materiales se corresponden con el dibujo de diseño y presentar los informes de prueba que lo confirmen antes de la contratación.
2. El contratista tomará la medida real del sitio mientras prepara el plano de taller y preparará el plano incorporando toda la información del escenario práctico. Se deben de considerar las condiciones accesibilidad y ocupación del área de trabajo, con el objetivo determinar el procedimiento de fabricación e instalación más adecuado.
3. El contratista preparará los planos de taller y lo presentará a la autoridad superior para su aprobación. Después de la aprobación de los planos de taller, comenzará el trabajo de preparación.
4. Todas las placas y ángulos de acero deben cortarse y perforarse según las dimensiones especificadas en el diseño.
5. El contratista deberá asignar un técnico en el taller que tenga los conocimientos y la experiencia adecuados en soldadura, y el orden de soldadura generalmente será

determinado por el técnico.

6. Las superficies del ángulo de acero deben limpiarse a fondo antes de soldar, así como eliminar las escamas de laminación, si las hubiera.
7. La soldadura se debe realizar correctamente y con cuidado para reducir la fuerza de contracción y la distorsión causada por la soldadura en la medida de lo posible. La dimensión de la soldadura debe ser precisa en los Planos del Contrato.
8. En los trabajos de soldadura, el contratista deberá utilizar el electrodo adecuado que se haya mencionado en el plano del contrato.
9. En la soldadura, la posición relativa de las piezas y los pernos de corte debe mantenerse con precisión mediante métodos tales como el uso de plantillas y accesorios adecuados para el montaje o la soldadura por puntos. En este caso, las partes no deben estar excesivamente restringidas. La apertura de la raíz en la ranura para la soldadura a tope se mantendrá con precisión para evitar errores graves. En la soldadura de filete, se debe prestar atención al estrecho contacto entre las partes.
10. Los cordones de soldadura se procesarán con precisión como se especifica en los Planos del Contrato, y sus superficies se harán lo más lisas posible.
11. Se requerirán dos capas de pintura anticorrosiva en el arriostramiento de acero. El área de conexión de pernos y la porción de Grout de mortero en el perímetro del arriostramiento no se pintarán. La parte de las placas de empalme se pinta después de apretar los pernos. El miembro secundario para la prevención de pandeo conectado por la placa de refuerzo se pintará antes de apretar el perno, y se pintará con aerosol la parte del perno después de apretar el perno en el espacio.
12. Las partes soldadas deberán ser inspeccionadas con respecto a los elementos especificados por la autoridad supervisora en los siguientes pasos:
 - a. Antes de soldar
 - b. Durante el trabajo de soldadura
 - Cuando se ha completado la soldadura de la primera pasada en la soldadura en pasadas múltiples.
 - Antes de iniciar la soldadura de respaldo
 - c. Después de completar la soldadura

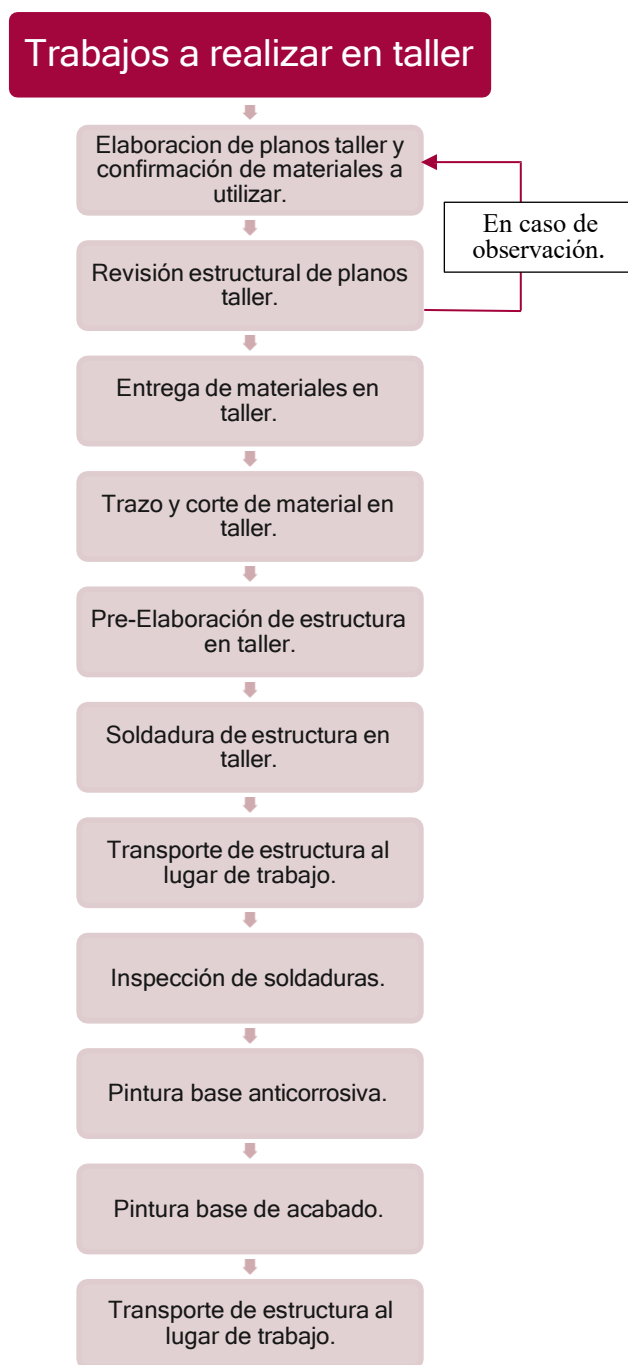


Figura 3.5-2 Diagrama de flujo del trabajo de preparación de arriostramiento de acero en el taller

3.5.4.2. Instalación del arriostramiento de estructura de acero (en el sitio del trabajo)

Previo a los trabajos a realizar en el taller, se deben de verificar las medidas de las estructuras a intervenir en el sitio de trabajo; luego se procede con el resto de actividades las cuales algunas podrán realizarse simultáneamente en el sitio y en el taller. Todo el trabajo se llevará a cabo en pleno cumplimiento de los planos y especificaciones y según las instrucciones de la autoridad supervisora. Durante la fase de preparación, se deben seguir algunos pasos:

1. Se rectifican las medidas de la estructura a intervenir para confirmar la cantidad de los materiales a utilizar para la elaboración del arriostramiento con marco de acero, también se debe de verificar la ubicación del acero de refuerzo de los elementos de concreto reforzado. Recopilada toda la información en el sitio, se procede a realizar los planos taller, los cuales deben de someterse a aprobación por parte de la autoridad superior.
2. Aprobados los planos taller, se procede a realizar los trabajos de perforación y post-anclado, siguiendo el procedimiento previamente propuesto en este manual.
3. Luego de terminar los trabajos en el taller y transportada la estructura al sitio de trabajo, se procede a instala el arriostramiento, se debe de utilizar una grúa u otro mecanismo para poder erguir y ubicar el arriostramiento en el marco de concreto reforzado.



Figura 3.5-3 Izado con grúa del arriostramiento con marco de acero.

4. Elaboración e instalación de perímetro para unión entre marco de concreto reforzado y arriostramiento con marco de acero; la forma, diámetro, traslapes, recubrimiento y distribución de los estribos y del refuerzo longitudinal/principal debe de estar claramente definidos en los planos contractuales y planos taller. Todas las varillas de refuerzo deben de estar debidamente amarradas con alambre de amarre y deben de estar libres de óxido.
5. El moldeado del perímetro se puede realizar con molde metálico o molde de madera con superficie lisa para obtener un acabado suave.
6. Lleno de grout sin contracción, se debe de agregar fibra de refuerzo para evitar el agrietamiento. La resistencia mínima del grout será 300 kg/cm², la cantidad de fibra, mortero preparado y agua debe de ser de acuerdo a las especificaciones del fabricante e ingeniero estructurista.
7. Después de desmoldar se debe de verificar las condiciones de acabado del grout y pintura estructura metálica, en caso de ser necesario se procede a realizar las rectificaciones adecuadas y retoques de pintura.

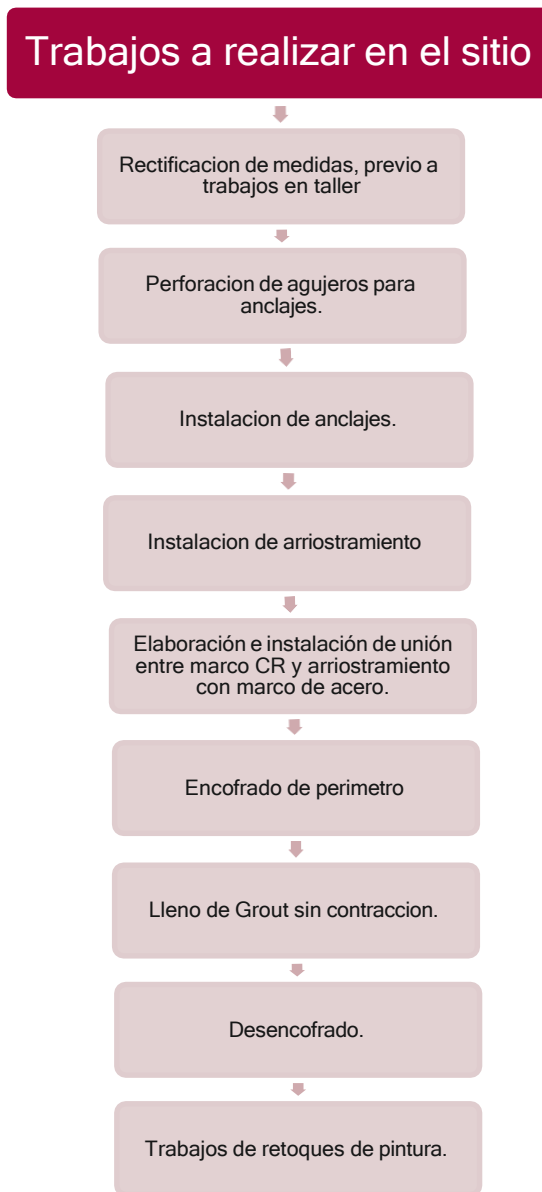


Figura 3.5-4 Diagrama de flujo del trabajo de instalación de arriostramiento de acero en el sitio del trabajo.



Figura 3.5-5 Reforzamiento con arriostramiento con marco de acero.

3.6. Reforzamiento con envoltura de fibra de carbono

La envoltura de fibra de carbono es un nuevo tipo de tecnología de reforzamiento estructural. Se refiere al uso de adhesivos de resina de alto rendimiento para pegar tela de fibra de carbono en la superficie de un componente estructural de un edificio para que ambos trabajen juntos con el fin de mejorar la capacidad de carga de ese componente estructural (flexión, cortante) para lograr el propósito de fortalecer el edificio.

Los fabricantes de sistemas han desarrollado procedimientos para instalar sistemas de Polímeros Reforzados con Fibra (FRP) y, a menudo, difieren entre sistemas. Además, los procedimientos de instalación pueden variar dentro de un sistema, según el tipo y el estado de la estructura. Los contratistas capacitados de acuerdo con los procedimientos de instalación desarrollados por el fabricante del sistema deben instalar los sistemas de FRP. No se deben permitir desviaciones de los procedimientos desarrollados por el fabricante del sistema FRP sin consultar con el fabricante.

3.6.1. Alcance

La envoltura de fibra de carbono se utiliza para mejorar la ductilidad de la estructura de concreto. Este método es muy adecuado cuando se presente deficiencia en el refuerzo transversal (estribos). Este procedimiento es conveniente y funciona de manera eficiente. No requiere accesorios especiales para su instalación.

3.6.2. Materiales

En la envoltura de fibra de carbono, se utilizan algunos materiales de construcción especiales como: imprimador, masilla epóxica, mortero de reparación de superficies, Polímero Reforzado con Fibra de Carbono (CFRP), resina epóxica y catalizador para la resina epóxica materiales que deben de estar acuerdo con el diseño y las especificaciones aprobadas. Para obtener más detalles sobre CFRP, se debe seguir el "Capítulo materiales de construcción de reforzamiento".

3.6.3. Construcción

3.6.3.1. Consideraciones de temperatura, humedad y humedad

Existen algunas consideraciones previas para la aplicación de CFRP, que pueden afectar su desempeño. La temperatura, la humedad relativa y la humedad de la superficie en el momento de

la instalación pueden afectar el rendimiento del sistema FRP. Las condiciones que deben observarse antes y durante la instalación incluyen la temperatura de la superficie del concreto, la temperatura del aire, la humedad relativa y el punto de rocío correspondiente.

- Imprimadores, las resinas saturadas y los adhesivos generalmente no deben aplicarse a superficies frías. Cuando la temperatura superficial de la superficie del concreto cae por debajo de un nivel mínimo especificado por el FRP fabricante del sistema, puede ocurrir una saturación inadecuada de las fibras y un curado inadecuado de los materiales constituyentes de la resina, lo que compromete la integridad del sistema FRP.
- Por lo general, las resinas y los adhesivos no deben aplicarse a superficies húmedas o mojadas a menos que hayan sido formulados para tales aplicaciones.
- Los sistemas FRP no deben aplicarse a superficies de concreto que estén sujetas a la transmisión de vapor de humedad. La transmisión de vapor de humedad desde una superficie de concreto a través de los materiales de resina sin curar generalmente aparece como burbujas en la superficie y puede comprometer la unión entre el sistema FRP y el sustrato.

3.6.3.2. Reparación del sustrato y preparación de la superficie

El comportamiento de los elementos de concreto reforzado o reacondicionados con sistemas FRP depende en gran medida de un sustrato de concreto sólido y de una preparación y un perfilado adecuados de la superficie de cemento. Una superficie mal preparada puede resultar en la desunión y delaminación del sistema FRP antes de lograr la transferencia de carga de diseño. Las pautas generales presentadas en este capítulo deben aplicarse a todos los sistemas de FRP adheridos externamente. Las pautas específicas para un sistema de FRP en particular deben obtenerse del fabricante del sistema de FRP.

3.6.3.3. Reparación del sustrato

Todos los problemas asociados con la condición del concreto original y el sustrato de concreto que puedan comprometer la integridad del sistema FRP deben abordarse antes de que comience la preparación de la superficie. Todas las reparaciones de concreto deben cumplir con los requisitos de los planos de diseño y las especificaciones del proyecto. Se debe consultar al fabricante del sistema FRP sobre la compatibilidad del sistema FRP con los materiales utilizados para reparar el sustrato.

3.6.3.4. Deterioro relacionado con la corrosión

Los sistemas de FRP adheridos externamente no deben aplicarse a sustratos de concreto que se sospeche que contengan acero de refuerzo corroído. Las fuerzas expansivas asociadas con el proceso de corrosión son difíciles de determinar y podrían comprometer la integridad estructural del sistema FRP aplicado externamente.

Las causas de la corrosión deben abordarse y el deterioro relacionado con la corrosión debe repararse antes de la aplicación de cualquier sistema FRP adherido externamente.

3.6.3.5. Inyección de grietas

Las grietas de 0,010 pulgadas (0,3 mm) y más anchas pueden afectar el rendimiento del sistema FRP adherido externamente a través de la delaminación o el aplastamiento de las fibras. En consecuencia, las grietas de más de 0,010 pulgadas. (0,3 mm) deben inyectarse a presión con epoxi antes de la instalación de FRP de acuerdo con las pautas del fabricante. Las grietas más pequeñas expuestas a ambientes agresivos pueden requerir inyección de resina o sellado para evitar la corrosión del refuerzo de acero existente.

3.6.3.6. Preparación de la superficie

Los requisitos de preparación de la superficie deben basarse en la aplicación prevista del sistema FRP. Las aplicaciones se pueden categorizar como adherentes o de contacto.

Las aplicaciones adherentes, como para el refuerzo por flexión o corte de vigas, losas, columnas o paredes, requieren una unión adhesiva entre el sistema FRP y el concreto.

Las aplicaciones de contacto, como el confinamiento de columnas, solo requieren un contacto íntimo entre el sistema FRP y el concreto. Las aplicaciones de contacto no requieren una unión adhesiva entre el sistema FRP y el sustrato de concreto, aunque a menudo se provee para facilitar la instalación.

3.6.3.7. Aplicaciones adherentes

La preparación de la superficie para aplicaciones adherentes debe estar de acuerdo con las recomendaciones de ACI 546R e ICRI 03730.

- Las superficies de concreto reparadas a las que se aplicará el sistema FRP deben estar recién expuestas y libres de materiales sueltos o en mal estado.
- Cuando las fibras se enrollan alrededor de las esquinas de las secciones transversales

rectangulares, las esquinas deben redondearse a un radio mínimo de 13 mm (0.5 pulgadas) para evitar concentraciones de tensión en el sistema de FRP y vacíos entre el sistema FRP y el concreto. Las esquinas rugosas deben alisarse con pasta cementicia con su respectivo aditivo adherente.

- Las obstrucciones, las esquinas interiores, las superficies cóncavas y los objetos incrustados pueden afectar el rendimiento del sistema FRP y deben abordarse. Es posible que sea necesario eliminar las obstrucciones y los objetos incrustados antes de instalar el sistema FRP.
- Las esquinas interiores y las superficies cóncavas pueden requerir detalles especiales para garantizar que se mantenga la unión del sistema FRP al sustrato.
- Debe eliminarse toda la lechada, el polvo, la suciedad, el aceite, el compuesto de curado, los encamisados existentes y cualquier otra materia que pueda interferir con la adherencia del sistema FRP al concreto.
- Los agujeros para insectos y otros pequeños huecos en la superficie deben estar completamente expuestos durante el perfilado de la superficie.
- Una vez completadas las operaciones de perfilado, la superficie debe limpiarse y protegerse antes de la instalación de FRP para que no se vuelvan a depositar en la superficie materiales que puedan interferir con la unión.
- La superficie de concreto debe presentar una uniformidad plana la cual debe de estar de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante del sistema FRP. Las variaciones fuera del plano localizadas, incluidas las aristas, no deben exceder las tolerancias recomendadas por el fabricante del sistema FRP. Las variaciones que estén fuera de las tolerancias se pueden eliminar mediante esmerilado o se pueden alisar con masilla a base de resina epóxica si las variaciones son muy pequeñas.
- Los agujeros y huecos deben rellenarse con mortero con sus respectivos aditivos mejoradores de adhesión.
- Todas las superficies que recibirán el sistema de refuerzo deben estar tan secas como lo recomiende el fabricante del sistema FRP.
- El agua en los poros puede inhibir la penetración de la resina y reducir el bloqueo mecánico. El contenido de humedad debe evaluarse de acuerdo con los requisitos de ACI 503.4.

3.6.3.8. Aplicaciones de contacto

En aplicaciones que implican el confinamiento de elementos de concreto estructural, la preparación de la superficie debe promover un contacto íntimo y continuo entre la superficie de concreto y el sistema FRP. Las superficies a envolver deben, como mínimo, ser planas o convexas para promover la carga adecuada del sistema FRP. Los vacíos grandes en la superficie deben repararse con un material de reparación compatible con el concreto existente. Los materiales con baja resistencia a la compresión y módulo elástico, como el yeso, pueden reducir la eficacia del sistema FRP y deben eliminarse.

3.6.3.9. Imprimador y mortero de reparación

Cuando sea necesario, se debe aplicar el imprimador en todas las áreas de la superficie de concreto donde se colocará el sistema FRP. El imprimador debe aplicarse uniformemente sobre la superficie preparada a la tasa de cobertura especificada por el fabricante. El imprimador aplicado debe protegerse del polvo, la humedad y otros contaminantes antes de aplicar el sistema FRP. El mortero debe aplicarse con el espesor y la secuencia adecuados con la imprimación según lo recomendado por el fabricante de FRP. El mortero que es compatible con el sistema generalmente es una pasta espesa a base de resina, debe usarse sólo para llenar los vacíos y suavizar las discontinuidades de la superficie antes de la aplicación de otros materiales. Los bordes ásperos o las líneas de llana de mortero curada deben alisarse antes de continuar con la instalación. Antes de aplicar la resina o el adhesivo de saturación, se debe permitir que la imprimación y el mortero se curen según lo especificado por el fabricante del sistema FRP. Si el mortero y la imprimación están completamente curadas, es posible que se requiera una preparación adicional de la superficie antes de la aplicación de la resina o el adhesivo de saturación. Los requisitos de preparación de la superficie se deben obtener del fabricante del sistema FRP.

3.6.3.10. Mezcla de resinas

La mezcla de resinas debe realizarse de acuerdo con el procedimiento recomendado por el fabricante del sistema FRP. Todos los componentes de la resina deben estar a la temperatura adecuada y mezclados en la proporción correcta hasta que haya una mezcla uniforme y completa de los componentes. Los componentes de la resina son a menudo de colores contrastantes, por lo que se logra una mezcla completa cuando se eliminan las rayas de color. Las resinas deben mezclarse durante el tiempo de mezcla prescrito y deben inspeccionarse visualmente para verificar la

uniformidad del color. El fabricante del material debe proporcionar los tamaños de lote recomendados, las proporciones de mezcla, los métodos de mezcla y los tiempos de mezcla. El equipo de mezcla puede incluir pequeñas palas mezcladoras eléctricas o unidades especiales, o las resinas se pueden mezclar a mano si es necesario. La mezcla de resina debe hacerse en cantidades lo suficientemente pequeñas para garantizar que toda la resina mezclada se pueda usar dentro de la vida útil de la resina. La resina mezclada que exceda su vida útil no debe usarse porque la viscosidad continuará aumentando y afectará negativamente la capacidad de la resina para penetrar la superficie o saturar la lámina de fibra. Los vapores pueden acompañar la aplicación de algunas resinas FRP. Los sistemas de FRP deben seleccionarse teniendo en cuenta su impacto en el medio ambiente, incluida la emisión de compuestos orgánicos volátiles y la toxicología.

3.6.3.11. Instalación de polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP)

En El Salvador la disponibilidad del CFRP es limitada, pero existen proveedores que la suministran bajo pedido; este material generalmente se instala a mano utilizando fibra seca y una resina saturada instalada según las recomendaciones del fabricante. La resina de saturación debe aplicarse uniformemente a todas las superficies preparadas donde se colocará el sistema. Las fibras también se pueden impregnar en un proceso separado utilizando una máquina de impregnación de resina antes de colocarlas sobre la superficie de concreto. Las fibras de refuerzo deben presionarse suavemente en la resina de saturación sin curar de la manera recomendada por el fabricante del sistema FRP. El aire atrapado entre las capas debe liberarse o extenderse antes de que la resina fragüe. Se debe aplicar suficiente resina de saturación para lograr la saturación completa de las fibras. Se deben colocar capas sucesivas de resina saturada y materiales de fibra antes del curado completo de la capa anterior de resina. Si se curan las capas anteriores, es posible que se requiera la preparación de la superficie de la capa intermedia, como un lijado ligero o una aplicación de solvente, según lo recomendado por el fabricante del sistema.

3.6.3.12. Alineación de materiales CFRP

Se debe especificar la orientación de las capas de FRP y la secuencia de apilamiento de las capas. Pequeñas variaciones en el ángulo, tan pequeñas como 5 grados, desde la dirección prevista de alineación de la fibra, pueden causar una reducción sustancial en la resistencia y el módulo. Las desviaciones en la orientación de las capas solo deben realizarse si lo aprueba el profesional de diseño con licencia. Los materiales de láminas y telas deben manipularse de manera que se

mantenga la orientación y la rectitud de las fibras. Las torceduras, pliegues u otras formas de ondulación severa de la tela deben informarse al profesional de diseño autorizado.

3.6.3.13. Recubrimientos protectores

Los encamisados deben ser compatibles con el sistema de refuerzo FRP y aplicarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Por lo general, no se recomienda el uso de solventes para limpiar la superficie de FRP antes de instalar los encamisados debido a los efectos nocivos que los solventes pueden tener sobre las resinas poliméricas. El fabricante del sistema de FRP debe aprobar cualquier uso de limpieza con solvente para la preparación de superficies de FRP antes de la aplicación de recubrimientos protectores. Los encamisados deben inspeccionarse periódicamente y debe proporcionarse mantenimiento para garantizar la eficacia de los encamisados.

3.6.3.14. Curado de resinas

El curado de las resinas es un proceso que depende del tiempo y la temperatura. Las resinas de curado ambiental pueden tardar varios días en alcanzar el curado completo. Las temperaturas extremas o las fluctuaciones pueden retrasar o acelerar el tiempo de curado de la resina. El fabricante del sistema FRP puede ofrecer varios grados de resina precalificados para adaptarse a estas situaciones.

Algunos sistemas de curado requieren que la resina se caliente a una temperatura específica durante un período de tiempo específico. Varias combinaciones de tiempo y temperatura dentro de un sobre definido deberían proporcionar un curado completo del sistema. Todas las resinas deben curarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. No se debe permitir la modificación de campo de la química de la resina. El curado de las capas instaladas debe monitorearse antes de colocar las capas subsiguientes. La instalación de capas sucesivas debe detenerse si hay una anomalía de curado.

3.6.3.15. Capas múltiples y empalmes traslapados

Se pueden usar capas múltiples, siempre que todas las capas estén completamente impregnadas con el sistema de resina, la resistencia al corte deberá ser lo suficiente para transferir la carga de corte entre las capas y la fuerza de unión entre el concreto y el sistema FRP. Para tramos largos, se pueden usar múltiples tramos de fibra para transferir continuamente la carga proporcionando empalmes con traslapes adecuados. Los empalmes traslapados deben intercalarse a menos que el

profesional de diseño autorizado indique lo contrario. Los detalles de los empalmes traslapados, incluida la longitud del traslape, deben basarse en pruebas e instalarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y del estructurista. Sin embargo, existe un cierto límite en la cantidad de refuerzo con fibra a utilizar, que varía según el producto utilizado y según lo diagnosticado en el diseño estructural.

3.6.3.16. Protección temporal

Temperaturas adversas; contacto directo por lluvia, polvo o suciedad; luz solar excesiva; alta humedad; o el vandalismo puede dañar un sistema FRP durante la instalación y provocar un curado inadecuado de las resinas. Es posible que se requiera protección temporal, como carpas y pantallas de plástico, durante la instalación y hasta que las resinas se hayan curado; respecto a las condiciones de instalación y del proceso de curado estás deberán de estar de acuerdo lo recomendado por el fabricante. Si se requiere un apuntalamiento temporal, el sistema FRP debe curarse por completo antes de quitar el apuntalamiento y permitir que el elemento estructural soporte las cargas de diseño. En caso de sospecha de daño al sistema FRP durante la instalación, se debe notificar al profesional de diseño autorizado y consultar al fabricante del sistema FRP.

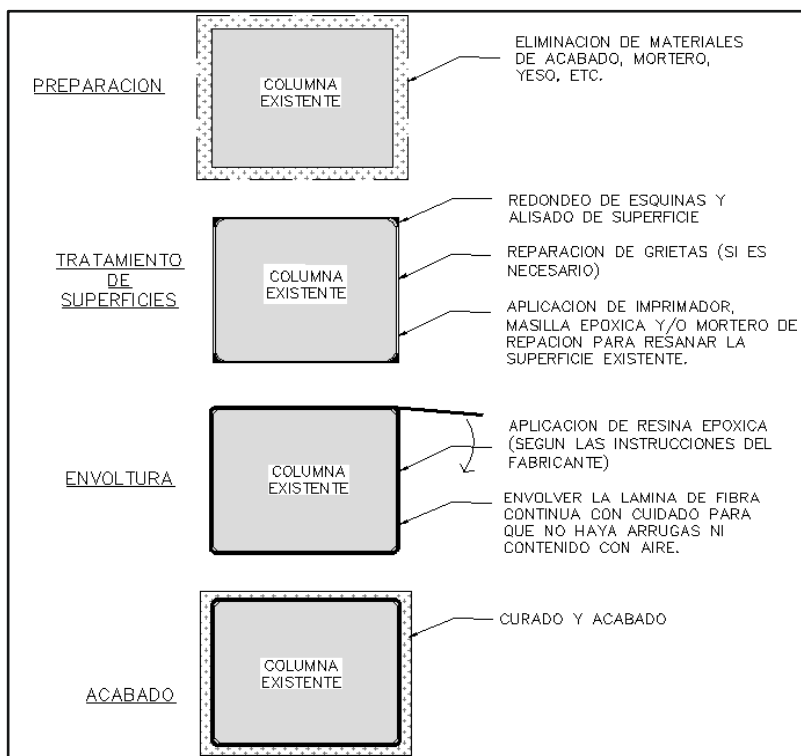


Figura 3.6-1 Pasos de la envoltura de fibra de carbono

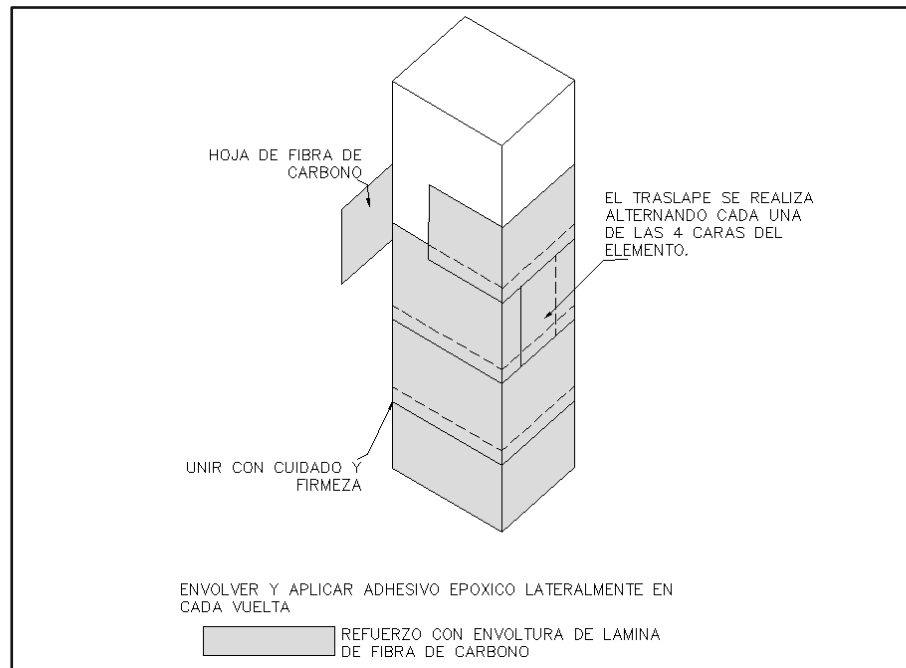


Figura 3.6-2 Detalles de la envoltura de fibra de carbono.

FUENTE: Directrices para la modificación sísmica de edificios existentes de concreto reforzado, 2001.

Publicado por la Asociación Japonesa de Prevención de Desastres en la Construcción.



Figura 3.6-3 Fotografía de envoltura de fibra de carbono

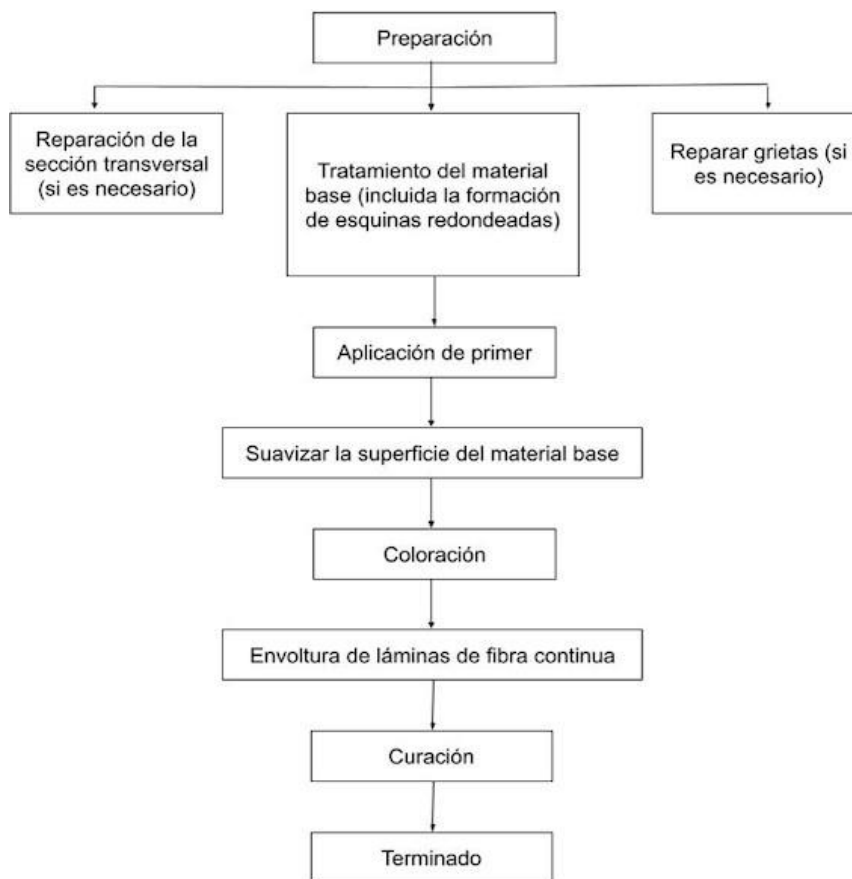


Figura 3.6-4 Diagrama de flujo de construcción estándar para envoltura de fibra de carbono

3.6.4. Pauta de inspección

La tela de fibra de carbono se pega en las esquinas, las esquinas de la columna deben estar achaflanadas y redondeadas. La longitud de superposición de la lámina de fibra de carbono debe seguir el procedimiento estándar. La instalación (envoltura) de la fibra de carbono debe hacerse con mucho cuidado para que no queden burbujas ni arrugas. La capa adhesiva no debe ser demasiado delgada y su grosor promedio debe ser según el diseño y la especificación; la burbuja de aire entre la fibra de carbono y la superficie de concreto debe eliminarse por completo. La fibra de carbono es un material conductor, por lo que debe mantenerse alejada de los equipos eléctricos y de alguna fuente de alimentación eléctrica durante la construcción.

3.7. Reforzamiento por medio de laminado de ferrocemento en una pared ladrillo de barro

3.7.1. Introducción

Ferrocemento (ferro-cemento) es un sistema constructivo que utiliza mortero o repello (cemento, arena y agua) armado aplicado en ambos lados de una capa de refuerzo delgada y bien distribuida (una o varias capas de malla metálica). El mortero típicamente es una mezcla rica en cemento y arena en una proporción 1:2 a 1:3. Al no utilizar agregado grueso en la mezcla esta no se reconoce como concreto. El acero comúnmente utilizado para la malla es galvanizado con un diámetro entre 0.5 a 1 mm.

El ferrocemento fue desarrollado por un arquitecto italiano llamado P. L. Nervi en 1940. La calidad de las obras de ferrocemento está garantizada porque los componentes se fabrican con maquinaria y el tiempo de ejecución en obra es relativamente menor. Su sencillo método de construcción lo hace adecuado para la construcción de diversas estructuras. Este sistema se ha esparcido para el uso en la construcción en las últimas dos décadas.

3.7.2. Propósito y aplicación

En El Salvador se tiene como practica constructiva la elaboración de paredes por medio de mampostería de ladrillo no reforzado dentro de marcos de concretos reforzados; estas paredes son de naturaleza frágil y muy débiles cuando se someten a cargas sísmicas. Por lo general, el espesor de relleno con mampostería suele ser entre 125 mm y 250 mm sin juntas sísmicas esto afecta potencialmente la rigidez y a otros comportamientos estructurales del marco circundante.

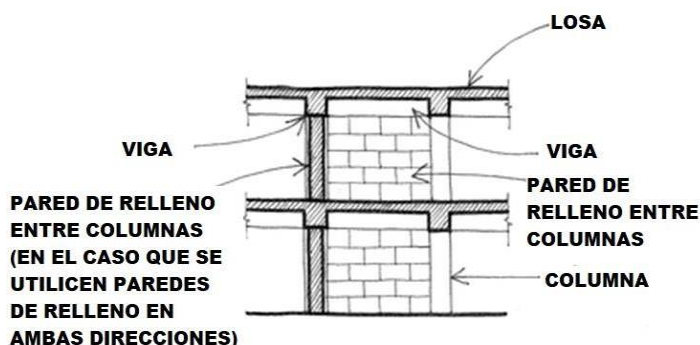


Figura 3.7-1 Típica práctica constructiva con pared de relleno de ladrillo.

La laminación con ferrocemento al combinarse con una pared de mampostería existente puede mejorar la capacidad de carga lateral del marco RC en cuestión, por lo tanto, al ser un método de reforzamiento basado en la resistencia, esta técnica puede ser útil para ser utilizado en paredes de relleno existentes para evitar la necesidad de instalar nuevas paredes de concreto reforzado. Como resultado, mejorará el rendimiento sísmico general de las paredes de mampostería no reforzada y la estabilidad post-terremoto de toda la estructura.

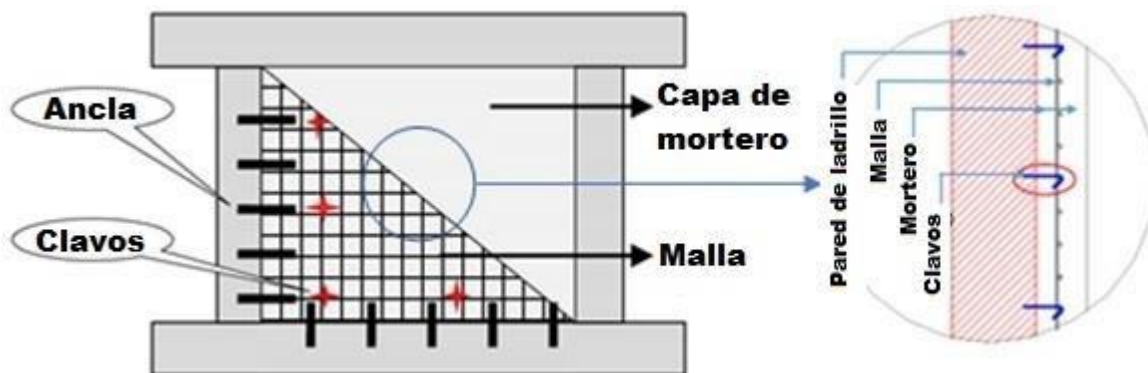


Figura 3.7-2 Detalle esquemático del laminado de ferrocemento.



Figura 3.7-3 Laminado de ferrocemento.

3.7.3. Materiales

En las obras con ferrocemento los materiales de construcción básicos son:

- Mortero (arena-cemento-agua)
- Malla
- Clavos
- Anclas expansivas, dovelas (tornillos), ángulo metálico, para el anclaje en las orillas.
- Aditivos para la mezcla (si se requiere o recomienda)

Para más detalles de los materiales ver el capítulo dos en este manual.

3.7.3.1. Especificación de los materiales

Composición del mortero.

Los ingredientes esenciales del mortero (que representa aproximadamente el 95 % del ferrocemento) son cemento Portland, arena, agua y en algunos casos aditivos.

Cemento: Los tipos cemento normados disponibles localmente (se recomienda el cemento Portland normal de uso general) son adecuados, pero deben ser frescos, de consistencia uniforme y sin grumos ni materias extrañas. Para usos especiales se necesitan otros tipos de cemento especiales, por ejemplo, el cemento resistente a los sulfatos en estructuras expuestas a sulfatos (como en agua salina).

Arena: Sólo se debe utilizar arena limpia, inerte, libre de materia orgánica y sustancias nocivas y relativamente libre de limo y arcilla. Los tamaños de las partículas no deben exceder los 2 mm y es deseable una clasificación uniforme para obtener una mezcla trabajable de alta densidad. Se puede recomendar un tamizado para eliminar sustancias nocivas.

Agua: Agua potable libre de materia orgánica, aceite, cloruros, ácidos y otras impurezas. No se debe utilizar agua de mar.

Proporción de mezcla recomendada para el mortero cementicio:

Relación Cemento-arena de 1.5 a 3 (por peso),

Relación agua/cemento de 0.35 a 0.6,

Se pueden utilizar aditivos para reducir la cantidad de agua, aumentando así la resistencia y reduciendo la permeabilidad, para mejorar la impermeabilización.

Malla:

La malla de alambre debe estar entre la numero 19 y 20. Se recomienda una malla número 19 de 13 mm x 13 mm x 1 m, mientras que la malla numero 20 tiene un espesor de 0.91 mm y se puede utilizar si el diseño lo permite.

La malla galvanizada se puede sumergir en agua durante 24 horas y luego secar durante 12 horas, para permitir que las sales (utilizadas durante el galvanizado) salgan a la superficie, luego los residuos se pueden eliminar con un cepillo.

Clavos:

La distancia entre clavos debe ser tal que se pueda evitar que la malla se hinche o se doble. Los parámetros recomendados para los clavos son de un diámetro de 2 a 3 mm, una longitud de 50 a 75 mm y un espaciado de 250 a 275 mm en ambas direcciones.

3.7.4. Procedimiento de construcción

Los procesos constructivos de la obra de ferrocemento se han enumerado a continuación:

- Paso 1. Preparación de la superficie para la instalación de la malla.
- Paso 2. Colocación de la malla y fijación.
- Paso 3. Trabajos con mortero.
- Paso 4. Trabajos de curado.

Paso 1. Preparación de la superficie para la instalación de la malla.

El primer paso es preparar la superficie para la fijación de la malla metálica. Generalmente, este paso consta de lo siguiente:

- i. Remover el acabado/repello existente.
- ii. Limpiar la superficie del ladrillo.
- iii. Marcar la línea existente de la pared de ladrillo.
- iv. Una capa de mortero que localmente se conoce como repello (6-10mm de espesor según requerimiento).
- v. Trabajos de curado.

Paso 2. Colocación de la malla y fijación.

El segundo paso es la colocación de la malla metálica. En este paso, es posible que sea necesaria la conexión al marco según las condiciones del sitio y los requisitos de diseño. En el mercado se encuentran disponibles diferentes tipos de mallas. El tipo de malla de alambre comúnmente utilizado es la malla de alambre tejido cuadrado.

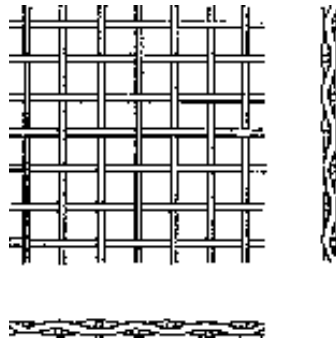


Figura 3.7-4 Malla de alambre tejido cuadrado.

Esta se puede realizar de dos maneras:

- Opción 01: Trabajos de anclaje y fijación de malla metálica con viga o columna existente se realiza mediante dovelas y anclajes de resina epoxi y para la superficie de ladrillo con clavos.
- Opción 02: Perforación y uso de ángulo, placa y perno-tuerca para fijar la malla de alambre con una viga o columna existente y además clavarla a la superficie de ladrillo.

Para la fijación de malla metálica mediante anclaje y clavo (opción 01) los pasos del trabajo incluyen:

- i. Trabajos de perforación para conexión de marco en viga o columna o unión de ambas con estructura de ladrillo (según diseño)
- ii. Colocación de malla metálica (vertical/horizontal)
- iii. Trabajo de clavos para fijación de malla metálica.
- iv. Trabajos de anclaje con resina epóxica.

Para la fijación de la malla de alambre mediante placa angular y clavo (opción 02), los pasos del trabajo incluyen:

- i. Trabajos de perforación para conexión de marco en viga o columna o unión de ambas con estructura de ladrillo (según diseño)
- ii. Colocación de malla metálica (vertical/horizontal)
- iii. Trabajo de clavos para fijación de malla metálica.
- iv. Conexión del marco mediante ángulo, placa y tuerca-perno.

Paso 3. Trabajos con mortero

El tercer paso es el trabajo con mortero. El espesor del mortero puede variar según las recomendaciones de diseño. Durante el trabajo con mortero, la arena, el cemento y los aditivos (si

es necesario) se dosifican

cuidadosamente pesándolos, se mezclan en seco y luego con agua. El mezclado manual suele ser satisfactorio, pero el mezclado mecánico produce mezclas más uniformes, reduce el esfuerzo manual y ahorra tiempo. Para una mayor resistencia final, la mezcla debe ser trabajable, pero lo más seca posible, y garantizar que conserve su forma y posición entre la colocación y el endurecimiento.

Después de comprobar la estabilidad del refuerzo de malla, se coloca el mortero con una llana y se trabaja minuciosamente en la malla para cerrar todos los huecos. La compactación se consigue golpeando el mortero con una llana o un trozo de madera plano.

Cada etapa del trabajo del mortero deberá realizarse sin interrupción, preferiblemente en tiempo seco o cubierto, y protegido del sol y del viento. Además, es muy necesario que toda la malla de refuerzo quede cubierta por ferrocemento, de lo contrario puede haber posibilidades de corrosión. El recubrimiento mínimo de mortero es de 15 mm.



Figura 3.7-5 Trabajos con mortero.

Durante los trabajos de colocación del mortero se debe comprobar la resistencia. El procedimiento general para verificar la resistencia del mortero es probar la resistencia a la compresión de una muestra cúbica (2 x 2 x 2 pulgadas) según ASTM C 109.



Figura 3.7-6 Preparación de la muestra de prueba para el ensayo de resistencia a la compresión de un cubo (mortero).

Paso 4. Trabajos de curado.

La etapa final del trabajo de ferrocemento es el trabajo de curado. El curado es una de las partes más importantes que proporciona resistencia a la estructura. El ferrocemento debe de mantenerse húmedo durante al menos 7 a 14 días.



Figura 3.7-7 Trabajos de curado después de la colocación del mortero.

3.7.5. Referencias.

1. ASTM C 109: Método de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico (Usando cubos de 2-plg. o [50 mm]).
2. ASTM A 1064: Especificación estándar para alambre de acero al carbono y refuerzo de alambre soldado, liso y deformado, para concreto.

Capítulo 4. Supervisión de la construcción

4.1. Definición de términos

Para este capítulo se utilizará la siguiente definición de términos:

- **Supervisión de la construcción:**
Verificar que las obras de construcción estén de acuerdo a los códigos de construcción, planos y especificaciones.
- **Supervisor de la construcción:**
Persona que es delegada por un cliente gubernamental y/o privado para supervisar las obras de construcción.
- **Cliente o Empleador:**
Persona que hace el requerimiento de una obra de construcción.
- **Contratista:**
Compañía a la que se delega la ejecución de una obra de construcción.
- **Planos y especificaciones:**
Paquete de documentos que son necesarios para la construcción de una edificación.
- **Registro del control de calidad:**
Documentos que registran la implementación del control de calidad en el proceso de construcción de la edificación. Los documentos de control de calidad incluyen: el registro de las inspecciones, registro de los procesos constructivos, certificados de ensayos de laboratorio y certificados de calidad de los materiales.
- **Inspección Asistida:**
Inspección en el sitio de trabajo, realizada por el supervisor de la construcción en cada etapa de construcción, o constatar si se ha estado implementado una auto-inspección de parte del contratista para verificar que se esté realizando la construcción de acuerdo a los planos y especificaciones.
- **Verificación de documentos:**
Verificación realizada por el supervisor de la construcción para verificar si los documentos de control de calidad cumplen los requerimientos de los planos y las especificaciones. Esta verificación de documentos es en aras de garantizar la calidad de cada etapa de construcción.

4.2. Papel del supervisor

4.2.1. Papel de la supervisión de parte del propietario

El papel y las responsabilidades del empleador relacionadas con la gestión y manejo de la seguridad en el sitio de construcción son las siguientes:

- (1) El propietario se esforzará en cumplir con las leyes y regulaciones pertinentes del país, además implementará manuales de seguridad, para garantizar la seguridad de todas las partes interesadas durante la ejecución de la construcción en el sitio de trabajo y proteger a los residentes cercanos al proyecto, así como terceros, de cualquier riesgo potencial de accidentes previstos que pudieran surgir de las obras de construcción.
- (2) El Empleador, en colaboración con el Supervisor, debe de revisar el “Plan de Seguridad” y “Declaración de Métodos para un Trabajo Seguro” preparado por el Contratista y dar sus sugerencias o consejos al contratista en el caso exista algún otro riesgo de seguridad.
- (3) El Empleador, en colaboración con el Supervisor, debe de estar seguro que el trabajo se está llevando a cabo de acuerdo al “Plan de Seguridad” y “Declaración de Métodos para un Trabajo Seguro” y dar aviso encaso se deba de mejorar.
- (4) El Empleador se esforzará en crear un ambiente donde todas las partes interesadas participen positivamente en actividades que promueven la seguridad en el sitio de trabajo.
- (5) Cuando dos o más Contratistas realicen trabajos al mismo tiempo en el mismo sitio de trabajo, el Empleador debe de establecer un ambiente de cooperación y coordinación en la gestión de seguridad.
- (6) El Empleador notificara al Contratista las condiciones naturales, condiciones sociales o cualquier otro factor que pudiera afectar la gestión de seguridad para las obras de construcción en el sitio.

4.2.2. Papel del Gerente de Construcción

El papel y responsabilidades del Gerente de Construcción relacionadas con la gestión de seguridad en el sitio de construcción son las siguientes:

- (1) El Gerente de Construcción será responsable de la operación y gestión de seguridad en el sitio de construcción.
- (2) El Gerente de Construcción debe de preparar oportunamente y apropiadamente, en la etapa

de pre- construcción, el “Plan de Seguridad”, en concordancia con las leyes y regulaciones pertinentes del país donde se ejecutará la construcción y de acuerdo a este Manual. En la etapa de construcción, el Gerente de Construcción prepara apropiadamente la “Declaración de Métodos para un Trabajo Seguro”, el cual detallará los métodos de seguridad para implementar medidas de seguridad previo al inicio de cada actividad del proyecto y remitirá el documento al Empleador y Supervisor para su revisión.

- (3) El Gerente de Construcción debe realizar una revisión adecuada y efectuar correcciones cuando surjan inquietudes o sugerencias de mejora relacionadas con la seguridad después de haber evaluado el "Plan de Seguridad" y la "Declaración de Métodos para un Trabajo Seguro
- (4) El Gerente de Construcción debe de emprender el trabajo de acuerdo al “Plan de Seguridad” y “Declaración de Métodos para un Trabajo Seguro” que prepararon. Cuando sea necesario modificar el “Plan de Seguridad” y “Declaración de Métodos para un Trabajo Seguro” considerando las ultimas condiciones sociales y condiciones ambiente o cualquier otra particularidad relevante, el Contratista debe de actualizar y darle mantenimiento al documento a la brevedad de lo posible, y a voluntad del Empleador y Supervisor.
- (5) El Gerente de Construcción debe considerar la seguridad de los vecinos, partes interesadas y terceros en el proyecto de construcción. Se encargará de realizar las obras necesarias para garantizar su seguridad y bienestar
- (6) El gerente de construcción debe asegurarse de que el residente del proyecto complete la bitácora de campo a diario y que esta se encuentre físicamente en el sitio de construcción y disponible para la supervisión.

4.3. Propósito de la supervisión

4.3.1. Responsabilidad del Supervisor

El contratista, es responsable del Control de Calidad, debe de garantizar que los materiales, procesos y obras ejecutar estén de acuerdo los planos y las especificaciones. Mientras que el Supervisor es responsable de 1) garantizar un trabajo de construcción adecuado, 2) asegurar la calidad del edificio construido y 3) realizar inspecciones periódicas para verificar el cumplimiento de las obras conforme las normas vigentes, a los diseños y procesos autorizados. Las principales responsabilidades del supervisor de la construcción son:

1) Garantizar un trabajo de construcción adecuado por medio de:

- a. Verificar las condiciones y del proyecto.
- b. Seguimiento de la programación del proyecto.
- c. Verificar los materiales de construcción (incluyendo la inspección de los materiales y confirmación de los certificados, etc.)
- d. Verificar la implementación del control de calidad.
- e. Verificar la implementación de los planes de seguridad.

2) Realización de inspecciones por medio de:

- a. Confirmar si las inspecciones y construcción se están llevando a cabo de acuerdo a los planos y especificaciones.
- b. Asistir a inspecciones varias en el sitio de trabajo.
- c. Implementar inspecciones intermedias (verificar obras que no serán visibles al completar los trabajos).
- d. Implementar inspección al terminar las obras. (verificar las obras ejecutadas al terminar los trabajos).
- e. Implementar la inspección de defectos (verificación del trabajo realizado después del período de responsabilidad por defectos especificado según el contrato)

3) Flujo de trabajo básico de la supervisión en construcciones.

El siguiente diagrama muestra el flujo de trabajo básico y la posición de la supervisión de la construcción durante el periodo de construcción.

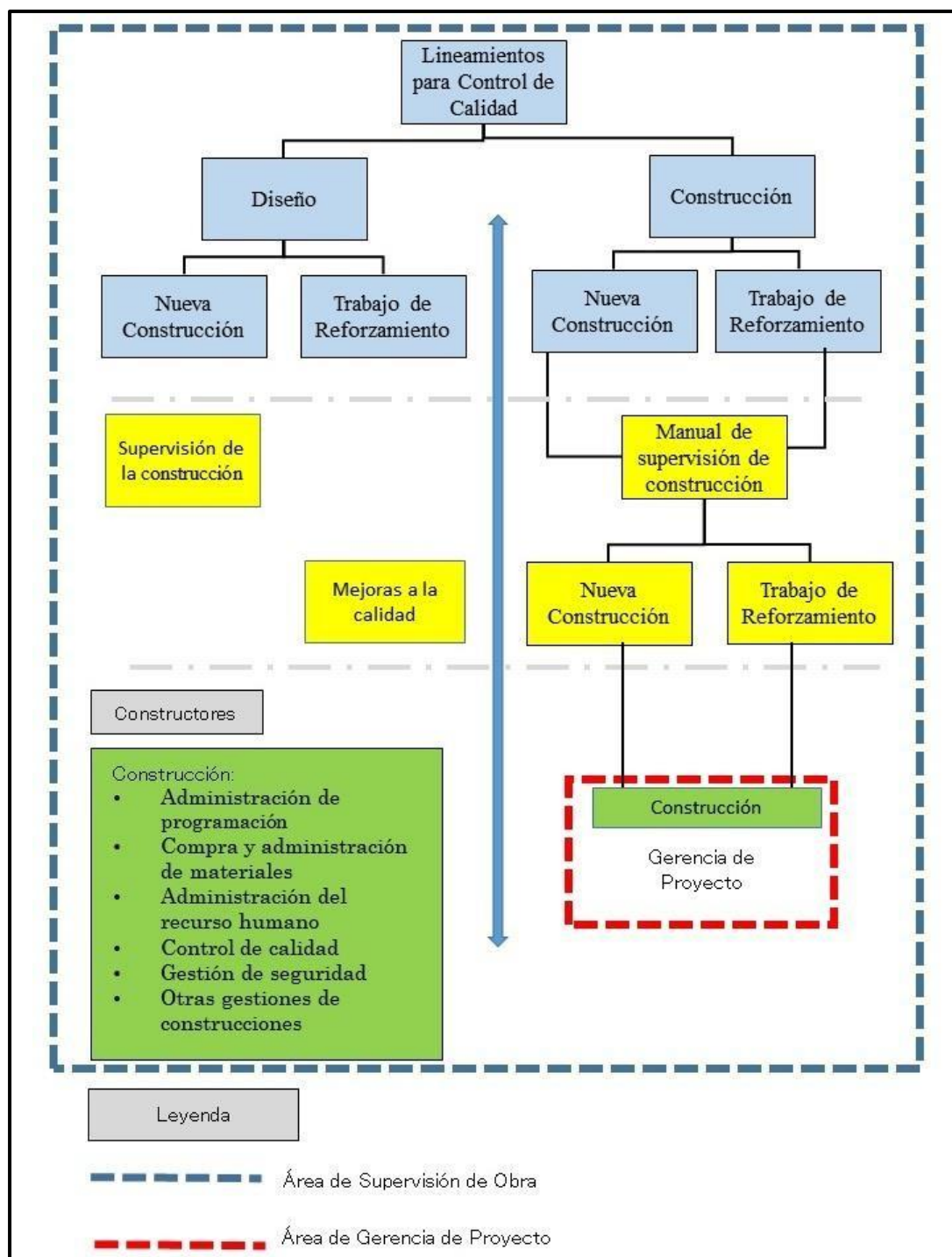


Figura 4.3-1 Flujo de trabajo básico de la supervisión en construcciones.

Capítulo 5. Materiales de construcción para reforzamientos

Seleccionar los materiales adecuados para la rehabilitación sísmica de una estructura es un desafío importante, que implica tener en cuenta tanto la disponibilidad como la calidad en relación con las condiciones locales. La selección de los materiales a utilizar depende de muchos aspectos que deben verse desde una perspectiva en la cual se considere el requerimiento y disponibilidad de recursos financieros, aplicabilidad e idoneidad de los materiales para las estructuras a intervenir. El uso de materiales de reforzamiento estándar e innovadores, la tecnología adecuada, la mano de obra y el control de calidad durante la implementación, son los factores clave para una reparación exitosa, un fortalecimiento adecuado y una restauración oportuna de las estructuras vulnerables o dañadas.

Los materiales que se utilizan para los diferentes métodos de reforzamientos sísmicos son especializados, así como también tradicionales; los cuales son normalmente usados para la construcción de nuevas edificaciones. En esta sección se discuten los materiales que son usados especialmente para la construcción de reforzamientos sísmico; estos materiales son comunes para este uso, así como también para nuevas construcciones. Como medida general se deben de realizar las proyecciones de los rendimientos de materiales y verificarlo con los rendimientos reales en campo, teniendo un mayor énfasis en los materiales especiales.

5.1. Concreto

El cemento y el agregado fino a utilizar para la elaboración del concreto de los reforzamientos sísmicos son los mismos que se utilizan para construcciones nuevas. Pero, para el agregado grueso es deseable utilizar un diámetro ligeramente más pequeño que el usado para nuevas construcciones ya que existen mayores restricciones de espacio al momento del colado y acomodo del concreto en las obras de reforzamiento.

5.2. Varillas para acero de refuerzo

El acero de refuerzo debe de ser el mismo que es utilizado para nuevas construcciones.

5.3. Placas de acero

Las placas de acero que serán utilizadas para la construcción de los reforzamientos, especialmente para el arrostramiento con marcos de acero, deben de estar conforme a ASTM 36 o ASTM A572.

5.4. Pernos de conexión

Los pernos de conexión estructural a ser utilizados para la construcción de los reforzamientos deben de estar conforme a ASTM A307, ASTM 325 o ASTM A449 y tal como especifique el ingeniero estructural.

5.5. Aditivos

Se requiere que el mortero y el concreto que se utilizarán para las obras de reforzamiento tengan una buena trabajabilidad, mayor Resistencia, con un agregado que posea una separación y respiración mínima, así como un contenido mínimo de agua. Por estas razones, en situaciones normales se debe utilizar un agente reductor de agua.

Las principales razones para usar aditivos en el concreto a utilizarse para la construcción de reforzamientos son:

- Para elaborar un concreto trabajable en espacios restringidos.
- Para asegurar un adecuado acomodamiento del concreto en espacios restringidos.
- Para reducir el costo de la elaboración del concreto.
- Para mantener la calidad del concreto durante las etapas de mezclado, transporte, colocación y curado en condiciones de clima adverso.
- Para superar ciertas emergencias durante el proceso de colado de concreto.

A pesar de estas consideraciones, se debe de tener en cuenta que ningún aditivo de cualquier tipo o cantidad puede ser considerado como sustituto de las buenas prácticas de elaboración y colocación del concreto. La eficacia de un aditivo depende de varios factores tales como: tipo, marca, cantidad de material cementicio, contenido de agua, forma del agregado, granulometría, dosificación, tiempo de mezclado, revenimiento y temperatura del concreto.

Los aditivos considerados para el uso en concreto deben de satisfacer las normativas aplicables de acuerdo a ASTM C494 (Tipo A a Tipo G) junto con BDS EN 934-1:2008 para mezclas convencionales, ASTM C 260 para aditivos inclusores de aire y ASTM C 1017 para concreto fluido. Las mezclas de prueba deben hacerse con los aditivos a temperaturas y humedades esperadas en la construcción. De esta manera, se podrá observar con anticipación, la compatibilidad de los aditivos con otro tipo de aditivo y materiales de construcción, así como los efectos de los aditivos sobre las propiedades del concreto fresco y endurecido. Debe de utilizarse la cantidad de aditivo recomendado por el fabricante o cantidad optima determinada por un laboratorio de prueba.

5.6. Grout sin contracción

Para el propósito de estas especificaciones, el “Grout sin contracción” se define como un mortero de alta resistencia o como un Grout que no se contrae en estado plástico, es dimensionalmente estable en el endurecida y se adhiere permanentemente a una placa metálica limpia y al sustrato de concreto.

Construcción de reforzamientos como crear paredes en marcos existentes, espacios entre conexiones existentes y superficies anexas pueden fácilmente generar una separación debido a la contracción por secado del concreto; es en estos casos donde el “Grout sin contracción” es útil para evitar una separación no deseada de los elementos.

5.6.1. Especificaciones técnicas para el Grout

Proporcionar un grout cementicio sin contracción, que no sea metálico ni corrosivo y que cumpla los siguientes requerimientos:

- Norma aplicable: ASTM C1107
- El Grout debe de ser fabricado específicamente para el uso en soporte de cargas pesadas (Grout: ASTM C1107, Grado A, B, o C, según corresponda a la condición o circunstancia.
- Contracción a los 28 días: sin contracción antes de endurecer (0.00 contracción cuando se ensaya de acuerdo a ASTM C827); sin contracción después de endurecer (0.00 contracción cuando se ensaya de acuerdo a ASTM C827).
- Resistencia a la compresión de acuerdo a lo determinado en el diseño estructural
- Tiempo inicial de fraguado después de adicionar agua: aproximadamente 1 hora, a 20 grados centígrados.
- Para cada caso en particular proporcionar fluidez según sea necesario.

5.6.2. Certificaciones de calidad del Grout

- a) Información del producto: Presentar información del producto e instrucciones de instalación, según el fabricante.
- b) Certificación: Presentar certificados de cumplimiento o informes de pruebas de laboratorio que indiquen lo siguiente:
 - Materiales usados en el grout estén libres de componentes metálicos y de elementos que produzcan corrosión.

- Materiales cumplen con la contracción especificada y con los requerimientos de resistencia a la compresión.

5.7. Agente adhesivo para concreto viejo con concreto nuevo.

Concreto fresco normalmente no se adhiere bien a superficies de concreto existentes. Por lo tanto, es habitual aplicar un agente adhesivo en concreto viejo y endurecido antes de colocar concreto nuevo y fresco; esto incrementa la resistencia del material compuesto. Reparaciones recientes, concreto adyacente a las juntas de construcción y capas superpuestas; todos ellos se benefician de la unión al sustrato de concreto endurecido. Sin embargo, la adhesión no está garantizada; Esta debe de garantizarse mediante la preparación adecuada de la superficie, correcta elección y uso del material y un buen curado. Ignorar alguno de estos componentes pudiera resultar en la total pérdida de la adherencia.

Normativas de los materiales deben de estar conforme a:

- ASTM C1059: Normativa estándar para Agentes adherentes base látex para unir concreto fresco con concreto endurecido.
- ASTM C1583: Método de prueba estándar para Resistencia a la tensión de las superficies de concreto y la fuerza de adherencia o resistencia a la tracción de los materiales de reparación y recubrimiento de concreto por tensión directa (Pull Off Method).
- ACI 503R-80: Uso de compuesto epóxico en concreto.

5.8. Adhesivo de anclaje para anclaje post-instalados

Adhesivo para el anclaje de anclajes tipo espárrago formados por varilla roscada de acero, tuerca y arandela o varilla de refuerzo deformada, etc. como se indica en los planos y especificaciones debe de ser adhesivo epóxico conforme a ASTM C881 Tipo I, II, IV y V, Grado 3, Clase B y C. El adhesivo debe de ser de cartucho, de dos componentes, de un sistema a base de epóxico solido dosificado y mezclado por medio de una boquilla mezcladora estática suministrada por el fabricante. Los rangos aceptables de temperatura de instalación y de rendimiento deben de ser verificados con la hoja técnica del fabricante antes de la instalación.

5.9. Anclajes post-instalados

Existen dos tipos de anclajes post-instalados: Anclaje mecánico y anclaje adhesivo.

Los anclajes mecánicos comprenden anclajes de cuña, anclajes expansivos y anclajes de tornillos.

En su forma habitual, los anclajes de cuña se entrelazan con el concreto en el fondo del orificio perforado; ellos transmiten resistencia a la tensión por medio de la presión generada entre la cuña y el concreto. Los anclajes de expansión transmiten resistencia a la tensión a través de la fricción generada por las fuerzas de expansión contra la pared del orificio perforado. Los anclajes de tornillo transmiten resistencia a la tensión a través del entrelazamiento de la rosca del tornillo con el concreto.

Los anclajes adhesivos son anclajes en concreto o mampostería que transmiten su resistencia a la carga de tensión aplicada por adhesión o unión. El adhesivo para unir pernos, varillas, etc. al concreto está disponible en configuraciones de cartucho y cápsula. Cada tipo consta de dos partes esenciales, una resina y un endurecedor. En el formato de cartucho, los dos componentes están contenidos en tubos paralelos separados conectados en el extremo por un colector que permite dosificar los materiales en la proporción adecuada y mezclarlos. La herramienta de cartucho fuerza los materiales fuera de los tubos, a través del colector, dentro y a través de una boquilla mezcladora y dentro del orificio perforado. La boquilla mezcladora asegura que los componentes se mezclen bien y que el endurecedor active la resina adhesiva. Con un ancla de cápsula, la resina y el endurecedor se mantienen separados, pero están contenidos dentro de una sola cápsula de vidrio o lámina. Toda la cápsula se inserta en el orificio perforado. El elemento de anclaje, generalmente una varilla roscada, se inserta luego en el orificio pretaladrado con un movimiento de rotación utilizando un taladro giratorio. El movimiento rotatorio del ancla rompe la cápsula haciendo que la resina y el endurecedor se mezclen, iniciando la reacción química que endurece el adhesivo. Los anclajes adhesivos están disponibles en una variedad de compuestos químicos, cada uno con sus propias características y capacidades específicas. Los materiales adhesivos incluyen epóxicos (en varias presentaciones y formulas), acrilatos, ésteres de vinilo, poliésteres, morteros híbridos, y otros. El diseñador, el instalador y el usuario final deben familiarizarse con los requerimientos de la aplicación para garantizar que el anclaje adhesivo y el material adhesivo seleccionados sean apropiados para la aplicación dada.

Para confirmar la correcta instalación de los anclajes, se debe de realizar una prueba en el sitio para verificar la calidad del adhesivo y del proceso de instalación del anclaje, por medio de la prueba conocida como “Pull Out” o por medio de la prueba de sonido con martillo. Estas pruebas se realizarán en los primeros pernos instalados.



Figura 5.9-1 Prueba “Pull Out” para anclajes realizada en campo.

Normativas aplicables y especificaciones para los anclajes post-instalados:

- ASTM A615: Normativa para Barras de Acero al Carbono Lisas y Corrugadas para Refuerzo de Concreto; cuando varillas corrugadas sea utilizadas como anclaje.
- ASTM 307, ASTM 449: Normativa para pernos y espárragos roscados externamente.
- ACI 355.2: Calificación de anclajes post-instalados en Concreto.
- ACI 355.4: Calificación de adhesivo para anclajes post-instaladas en concreto.
- ASTM E488: Método de prueba estándar para la Resistencia de anclajes en elementos de concreto.
- AC 193: Criterios de recepción de Anclajes Mecánicos en Elementos de Concreto.
- AC 308: Criterios de recepción de Anclajes Adhesivos post-instalados en elementos de Concreto.

5.10. Perno de cortante

Los pernos estándar de acero dulce a ser utilizados para transferir cortante al concreto o al metal por medio de soldadura deben de estar de acuerdo a la norma ASTM A –108. Las propiedades físicas y la composición química de los pernos de acero dulce deben de estar de acuerdo a AWS D1.1.

5.11. CFRP (fibra de carbono)

Los materiales de polímeros reforzados con fibra de carbono (CFRP) que comúnmente son utilizados para trabajos reforzamiento sísmico son: fibra de carbono, fibra de aramida y fibra de vidrio estos como fibras continuas de refuerzo y resina epóxica como adhesivo para impregnación.

En la actualidad, en El Salvador, es utilizado el reforzamiento con fibra de carbono de manera limitada, el único reforzamiento de este tipo realizado ha sido con fibra de carbono en vigas y columnas de concreto reforzadas. Las propiedades físicas como la densidad y el coeficiente de expansión térmica, de los materiales CFRP, deben de estar de acuerdo a CI 440.2R-08, Guía para el diseño y construcción de Sistemas de Polímeros Reforzados con Fibra (FRP) adheridos externamente para refuerzo de estructuras de concreto.

Otras Normativas relevantes:

- ASTM D7565, Método de Ensayo Estándar para Determinar las propiedades de tracción de los Compuestos de matriz de Polímeros Reforzados con Fibra usados para reforzar estructuras de obra civil.
- ASTM D3039, Ensayo de tracción para Compuestos de Matriz de Polímeros Reforzados con Fibra.
- ASTM D7522, Método de Ensayo Estándar para Resistencia a la tracción para FRP adherido a sustrato de concreto.
- ASTM D4541, Método de Ensayo Estándar para Resistencia a la tracción de Recubrimientos usando probadores de adherencia portátiles.

5.12. Compuesto de curado

El compuesto de curado para generar la membrana de curado debe de estar conforme a ASTM C 309, Tipo 1-D con una ligera coloración o Tipo 2 con pigmento blanco según aprobación del ingeniero estructurista. El tipo 2, con pigmento blanco, solo será utilizado en las superficies de los tableros de los puentes, losas de aproximación, losas estructurales, en superficies que no quedaran expuestas o en superficies donde su uso sea aprobado por el ingeniero estructurista.

Capítulo 6. Verificaciones y controles en la construcción

6.1. Puntos a confirmar antes de la construcción

6.1.1. Planificación de la construcción

Para llevar a cabo eficientemente las obras de construcción planeados y sin cometer algún error, es importante verificar las especificaciones técnicas aplicables y además estudiar debidamente los documentos y planos del trabajo. Los puntos necesarios a confirmar se presentan a continuación:

- Situaciones pendientes de resolver de la etapa de diseño.
- Planificación de la programación
- Organización del proyecto.
- Método de construcción.
- Planificación de las instalaciones provisionales.
- Programa de control de calidad.
- Asignación de recursos (materiales, mano de obra, equipos, etc.)
- Plan de compras.
- Plan de control de seguridad y vigilancia.
- Planificación de la política ambiental.

Luego de la confirmación de los puntos anteriores, se requiere que el supervisor envíe los siguientes documentos al propietario del proyecto antes del inicio de las obras o antes de cada etapa:

- Programación de las obras.
- Organización del proyecto.
- Planificación y panorama completo de las instalaciones provisionales.
- Plan de control de seguridad y vigilancia.

6.1.2. Situaciones pendientes de resolver de la etapa de diseño

Confirmar situaciones pendientes de la etapa de diseño que no han sido claramente definidas. Además, se deben de identificar los puntos que necesitan un examen más detenido, si los hubiere.

- *Confirmación de propiedades geotécnicas del suelo:*
 - Confirmar resultados del estudio de suelos y la geología del suelo realizados en la etapa de diseño. Si es necesario se debe de rediseñar las fundaciones y proponer un método constructivo de acuerdo a las condiciones verificadas.

6.1.3. Planificación de la programación

Previamente se deben de confirmar todos los documentos y planos relacionados al proyecto para una adecuada planificación de las obras.

- *Puntos importantes a confirmar:*
 - Confirmar y avalar toda la descripción/especificaciones de las obras y el plazo de construcción.
 - Confirmar los procesos constructivos y orden de las actividades a realizar.
 - Confirmar la asignación de recursos (materiales, mano de obra, equipos, etc.) para cada obra.
 - Identificar las actividades críticas (ruta crítica) que influyen a la programación.
 - Confirmar que las condiciones naturales tales como riesgos de inundación ya están consideradas en la programación y presupuesto.
 - Asegurar que los premisos de construcción oficiales ya estén aprobados.
 - Revisar y conocer bien el plano de sitio de trabajo.

6.1.4. Organización del proyecto

Confirmar la disponibilidad del personal clave para la administración del proyecto, con su organigrama y además definir las líneas de comunicación para el proyecto.

- *Puntos importantes a confirmar:*
 - Confirmar la estructura de gestión del proyecto, representada gráficamente, incluyendo al cliente, consultores, contratistas principales y subcontratistas.
 - Junto al organigrama del proyecto debe de anexarse un documento donde se especifique las funciones de cada personal con su respectivo nombre.
 - Además, el supervisor debe confirmar con los contratistas los siguientes aspectos administrativos antes del inicio de las obras:
 - a. Confirme las líneas de reportes (de quién y a quién) y su frecuencia.
 - b. Verificar los formatos a utilizar para los reportes, informes y bitácora.
 - c. Familiarizarse con las reuniones y conferencias pertinentes, incluyendo la agenda de las reuniones, las obligaciones a cumplir en respuesta a los acuerdos y las resoluciones realizadas, los participantes, la frecuencia, el lugar y la grabación de la reunión.

6.1.5. Método de construcción

Confirmar y acordar el enfoque técnico y la metodología de trabajo que se aplicarán. Además, verificar los procesos constructivos y las actividades diariamente.

- *Puntos importantes a verificar:*
 - Obras de excavación y relleno.
 - a. Verificar que las excavaciones no interfieran con las estructuras circundantes.
 - b. Antes de cualquier actividad relacionada con cortes de tierra se debe de confirmar el método a utilizar para muros de retención, así como las condiciones vegetación en el área de trabajo.
 - c. Identificar las rutas de descarga, acopio y desalojo del material.
 - d. Verificar las actividades a implementar para el control de polvo.
 - e. Poseer un plan a implementar en el caso se presente agua freática.
 - Fundaciones
 - a. Revisar las medidas de contingencia en el caso se presente nivel freático a profundidad de las fundaciones.
 - b. Revisar las medidas de contingencia y control en el caso se presente lluvia y agua de escorrentía.
 - c. Confirmar los métodos de compactación a utilizar para rellenos en fundaciones y muros.
 - d. Examine los planos como construido para las fundaciones superficiales y profundas existentes, así como también los resultados del estudio de suelos para conocer las propiedades del suelo en el sitio.
 - e. Confirmar el método a utilizar para mejorar las condiciones del suelo.
 - f. Teniendo todas estas confirmaciones previas y el tipo de reforzamiento a implementar se debe determinar el proceso constructivo más adecuado a utilizar.
 - Obras de reforzamiento.
 - a. Revisar y aprobar el plan de ejecución.
 - b. Revisar el manejo de las varillas de refuerzo (transporte, carga, almacenaje, etc.).

- c. Respecto al encamisado de columnas se debe de verificar que el ángulo de los ganchos sea 135 grados.
 - d. Verificar por medio de ensayo a tensión las propiedades mecánicas del acero de refuerzo, estas deben de ser las requeridas según diseño.
 - e. Verificar que la separación y distribución de las varillas de refuerzo estén de acuerdo a diseño.
- Obras de anclajes post-instalados.
 - a. Revisar y aprobar el plan de ejecución.
 - b. Inspeccionar y aprobar los materiales y equipos a utilizar.
 - c. Confirmar el plan de construcción.
 - d. Determinar el método de anclaje a utilizar, así como el proceso de instalación.
 - e. Determinar la metodología para verificar una correcta instalación del anclaje.
- Obras de concreto
 - a. Revisar y aprobar el plan de ejecución.
 - b. Inspeccionar y aprobar los materiales para el moldeado.
 - c. Verificar el método de moldeado a implementar.
 - d. Calcular la distribución de los puntales y soportes del molde, según el elemento a construir.
 - e. Revisar y aprobar los materiales a utilizar, que estos sean de la calidad y especificaciones definidas en el diseño.
 - f. Revisar y aprobar el proceso de mezclado del concreto, así como su dosificación. El concreto puede realizarse en situ o ser premezclado para ambos casos de debe de verificar el cumplimiento de las normativas y especificaciones del diseño.
 - g. Revisar y aprobar el proceso de colado del concreto (secciones de colado, orden de colado, ubicación de las juntas de colado, intervalo de colados, cantidad de concreto a colocar en un mismo colado, vibrado del concreto y curado).
 - h. Confirmar el método de vibrado del concreto a utilizar en condiciones de ambiente cálido o bajo agua, si aplica.
- Obras metálicas
 - a. Revisar y aprobar el plan de ejecución.

- b. Confirmar las instrucciones para el taller de producción.
 - c. Verificar y confirmar el plan de control de la calidad de soldadura.
 - d. Verificar las medidas de protección de los materiales mientras se transportan incluyendo en la carga y descarga.
 - e. Verificar y aprobar la programación de trabajo para esta actividad.
- Obras con ladrillo y bloque.
 - a. Revisar los planos de diseño y el plan de ejecución para esta actividad.
 - b. Verificar las certificaciones de calidad del ladrillo y el bloque.
- Obras con grout.
 - a. Revisar y aprobar el plan de ejecución.
 - b. Confirmar y aprobar los materiales a utilizar.
 - c. Confirmar el método de inyección o colocación del grout.
- Obras de envoltura con fibra.
 - a. Investigar y aprobar el plan de ejecución que más se adecue a las condiciones del trabajo.
 - b. Investigar y aprobar los materiales según las especificaciones.
- Obras de impermeabilización.
 - a. Revisar y aprobar los planos taller.
 - b. Verifique que las capas de impermeabilizante sean uniformes y sea aplicadas según las especificaciones.
 - c. Compruebe si la sección en el extremo, los bordes y los puntos irregulares están cubiertos.
- Obras de repellos.
 - a. Revisar y aprobar las especificaciones de la mezcla para mortero.
 - b. Revisar el lugar donde se realizará la mezcla y método de mezclado del mortero.
 - c. Tratamiento de la superficie existente.
 - d. Método de curado.
 - e. Revisar y aprobar los materiales a aplicar.
- Obras de pintura
 - a. Revisar y aprobar el método de aplicación de la pintura.
 - b. Pintar utilizando un método de curado.

- Obras de instalaciones eléctricas e instalación de maquinarias y equipos.
 - a. Los equipos que afecten las áreas de trabajo se deben de estudiar.
 - b. Revisar los puntos en las vigas que se destinaran al paso de las instalaciones (“pasa tubos” transversales en las vigas).

6.1.6. Planificación de las instalaciones provisionales

Instalaciones provisionales están divididas en: instalaciones provisionales directas e instalaciones temporales comunes.

Instalaciones temporales directas: delimitación con cinta amarilla o lazos, trazos, pita de trazo de ejes o referencias, andamiaje, equipamiento de seguridad, etc.

Instalaciones temporales comunes: cerramiento provisional, oficina de campo, áreas de descanso, baños provisionales, bodega, áreas de trabajo según actividad, etc.

El diseño de las instalaciones provisionales debe de estar de acorde a las obras a realizar y a las condiciones del lugar.

Las instalaciones provisionales enlistadas por las especificaciones del proyecto deben de considerarse dentro del mismo contrato del proyecto. En el caso de ser necesario un cambio de diseño, lea bien el contenido de la especificación del proyecto y estudie los planos, para que el nuevo diseño este siempre acorde al proyecto.

- *Puntos importantes a verificar:*
 - a. Revisar y aprobar el planeamiento de las instalaciones provisionales según las especificaciones.
 - b. Verificar el suministro de energía eléctrica, suministro de agua potable, obras de drenaje, etc para la construcción.
 - c. Verificar una alternativa al suministro de energía eléctrica en caso de emergencia o apagón de energía.
 - d. Considerar las instalaciones para el aseo del personal de campo, si es necesario.
 - e. Revisar el diseño y cálculos de diseño estructural de las instalaciones provisionales importantes.
 - f. Verificar la seguridad y vigilancia.

6.1.7. Programa del control de calidad y administración del avance de obra

Las fotografías de los procesos constructivos son bien importantes como evidencia de la calidad y progreso de las obras. Por lo tanto, el supervisor tomará fotografías para registrar el avance del trabajo y tener evidencia de calidad de ellos. Los registros fotográficos deben de ser parte de la documentación a entregar dentro de los informes y/o bitácoras.

6.1.7.1. Toma de fotografías para la elaboración de reportes

Teniendo en cuenta que algún procedimiento quedara no visible ya que los materiales estarán cubiertos por otros materiales (por ejemplo, las varillas de refuerzo), se deberá de tomar fotografías de cada proceso constructivo. Las fotografías que se deben de tomar en la construcción son las siguientes:

- *Fotografías importantes a ser tomadas:*
 - a. Fotos antes de iniciar las obras.
 - b. Fotos registrando cada paso de los procesos constructivos.
 - c. Fotos mostrando la gestión de seguridad y vigilancia.
 - d. Fotos de las inspecciones y examinación de los materiales.
 - e. Fotos del control de calidad.
 - f. Fotos de los procesos completados.
 - g. Fotos de cualquier accidente o desastre en el proyecto.
 - h. Fotos de la contaminación, entorno ambiental destruido, compensación ambiental, etc.
 - i. Fotos de después de terminar las obras.

En el programa de control de calidad, es esencialmente particular que el supervisor confirme las actividades de control de calidad para los materiales y los métodos de control del progreso de las obras. Tomar fotos para un mejor control de calidad y también para controlar las obras realizados.

6.1.8. Planificación de las adquisiciones

Verifique la información general de los subcontratistas, sus métodos de adquisición de maquinaria y materiales de construcción y el plan de transporte.

- *Puntos importantes a confirmar:*
 - a. Confirmar que todos los suministros se lleven a cabo de conformidad con el proceso de trabajo de construcción y que las disposiciones estén dentro de lo razonable.

- b. Verificar la disponibilidad de los materiales durante el tiempo que dure del proyecto, considerando estos tiempos de suministro dentro de la programación del proyecto.

6.1.9. Planificación del control de seguridad y vigilancia

Confirmar las medidas de seguridad adoptadas para los trabajadores y vecinos del lugar. Asegúrese de que la gestión de crisis sea perfecta y confirme las contramedidas propuestas para una emergencia.

- *Puntos importantes a confirmar:*
 - a. Planifique la verificación preliminar de las descripciones de trabajo en el día señalado.
 - b. Verifique que haya instrucciones para usar los equipos de seguridad correctamente.
 - c. Verifique que existan manuales para lesiones o muerte relacionadas con el trabajo, incluyendo las rutas de movilización a los hospitales.
 - d. Verifique que los procedimientos de contacto o evacuación durante conflictos, disturbios, desastres naturales y otras emergencias estén disponibles.
 - e. Verifique que la ubicación del personal de seguridad esté considerada.
 - f. Comprobar que estén previstas las medidas de prevención de accidentes (cerramientos temporales, señales de advertencia).
 - g. Asegurarse de que este una persona a cargo de la seguridad y vigilancia.
 - h. Verificar que las inspecciones de seguridad sean obligatorias para herramientas y equipos pesados.
 - i. Verificar que tipo de letreros para áreas y materiales peligrosos están disponibles.
 - j. Verificar que las inspecciones sean obligatorias para andamiajes, materiales para retenciones de tierra y para cualquier otra obra provisional.
 - k. Verificar que las medidas de seguridad con respecto al riesgo durante las pruebas y ensayos estén disponibles.
 - l. Verificar que la seguridad este considerada en la planificación de la programación.

6.2. Puntos a confirmar durante la construcción

6.2.1. Informe mensual

El supervisor debe de preparar un informe mensual de manera regular y oportuna siguiendo las disposiciones establecidas en los documentos contractuales y en este manual. El informe tiene

como objetivo dar seguimiento a las obras de construcción que estas se realicen con la calidad esperada dentro de la programación planificada y se cumpla la seguridad requerida según lo planificado y según los documentos del proyecto. También se requiere adjuntar fotografías de cada proceso constructivo al informe.

6.2.2. Control del avance de la obra según programación

Se debe de confirmar si las obras de construcción cumplen con la calidad exigida en el plan de construcción y si sigue una programación con aseguramiento de calidad. En el caso de que el progreso del trabajo se retrase con respecto al cronograma, se debe de identificar la causa del retraso y asegurarse de que se tomen o no medidas correctivas.

- a. Confirme la calidad requerida y verifique su consistencia con las especificaciones.
- b. Revisar las condiciones del sitio de trabajo y las condiciones del clima.
- c. Si el avance del proyecto está atrasado con respecto al cronograma de construcción, señale la causa del retraso y trate de tomar una medida correctiva para el retraso.

6.2.3. Control de calidad y avance del trabajo realizado

Confirme la coherencia entre las especificaciones de diseño en el contrato y las normativas de construcción. Puntos importantes a confirmar:

1. Obras preliminares y provisionales

- a. Revisar los informes y la distancia real desde el sitio de construcción.
- b. Revisar y presenciar el replanteo.
- c. Revisar y presenciar el trazo e instalación de niveletas. Ubicar las niveletas en un lugar que sea permanente.
- d. Asistir a la topografía y confirmar medidas.
- e. Revisar las obras provisionales.
 - Asegurarse que se instalen rótulos de “no entrar” y mantener acceso para las obras.
 - Inspeccionar el equipo de protección personal.
 - Revisar que los andamios estén debidamente instalados y ubicados (sistema de sujeción de andamios, pasamanos, plataformas, etc.)
 - Revisar que los puntos de acopio de basura, ripio y materiales que se encuentren dentro del área de construcción estén ordenados y limpios.

2. Obras de excavación y relleno.

- a. Revisar y presenciar las áreas de excavación.
- b. Revisar el fondo de la excavación.
 - Confirme que se hayan encontrado las capacidades de carga del diseño y que se esté nivelando en la capa de soporte in situ.
 - Confirme que las dimensiones de la excavación (en el fondo) y la profundidad de excavación estén de acuerdo con el diseño.
- c. Revisar y presenciar el acopio de suelos.
- d. Revisar y presenciar las obras de relleno/compactación y construcción de terraplenes
- e. Revisar que los procesos de compactación estén de acuerdo a las especificaciones.
- f. Revisar y presenciar la nivelación del terreno.

3. Fundaciones

- a. Confirme y presencie la compactación del fondo de la cimentación.
- b. Confirme el espesor y la resistencia del concreto de nivelación.
- c. Confirme el espesor y la compactación del relleno con material propuesto en el diseño.

4. Obras de acero de refuerzo.

- a. Verificar el certificado calidad o documentos alternativos que sean equivalentes a estos.
- b. Asegurar si los materiales son del mismo lote indicado en el certificado de calidad.
- c. Confirme y verifique el armado adecuado del refuerzo.
 - Verificar el número de varillas, diámetro de las varillas y separación de ellas.
 - Verificar la ubicación de los empalmes y las longitudes de empalme.
 - Verificar que el posicionamiento de las varillas se mantenga por medio de amarres elaborados con alambre
 - Verificar la separación entre las varillas.
 - Verificar la separación, amarre y la posición inicial de los ganchos y estribos.
 - Verificar la ubicación de los ganchos en la intersección de las columnas con las vigas.
 - Verificar la intersección de los estribos entre las vigas primarias y secundarias.
 - Verificar la ubicación y cantidad de separadores de varilla, silletas y helados (separadores elaborados con concreto).
- d. Verificar las probetas de varilla para las respectivas pruebas de calidad.

5. Trabajos de anclajes post-instalados.

- a. Verificar la resistencia a la compresión del concreto existente.
- b. Verificar la resistencia del material de los anclajes post-instalados.
- c. Revisar y examinar la ubicación de varillas de refuerzo existentes.
- d. Verificar el trazo.
- e. Respecto a las perforaciones se deben de verificar los siguientes puntos:
 - El agujero de la perforación debe de ser una medida mayor al tamaño del ancla.
 - La profundidad del agujero debe comprobarse utilizando la broca marcada u otro objeto de medición que sea capaz de ingresar completamente al agujero.
 - La perforación es en ángulo recto respecto a la superficie a perforar, y la perforación inclinada estará dentro de los 30° en relación con esto.
 - Verificar que no haya ningún obstáculo ni colmena en el concreto; si hay algo, informe a un superior.
 - La boquilla de la aspiradora se inserta hasta el fondo del agujero para remover el polvo.
 - Verificar si el interior del agujero se ha cepillado a fondo y además si los residuos y fragmentos se han eliminado con cuidado.
 - Verificar si los residuos se han eliminado cuidadosamente con agua y cepillos.
- f. Inspección de la resistencia del anclaje
 - **Prueba para confirmar adherencia.**

La prueba de adherencia refiere a una que confirme la adhesión de las anclas post- instaladas para el reforzamiento, esta debe de ser implementada de acuerdo con las especificaciones; si no hay especificaciones, la prueba debe de realizarse como una prueba de tensión.

De no especificarse los anclajes a ensayar por elemento, cada diámetro construido en un día se tomará como un lote, del cual se realizarán los ensayos en tres anclajes. Si en un día se construye el mismo diámetro por varios elementos o en múltiples sitios, el supervisor podrá cambiar la composición del lote.

La carga de las pruebas de confirmación deberá estar de acuerdo con cualquier especificación aplicable. Si no hay una especificación, las pruebas se

realizarán de acuerdo con las instrucciones del supervisor.

En general, $2/3$ de la resistencia del anclaje calculada se tomará como la resistencia a verificar, mientras que se deben de realizar pruebas no destructivas para confirmar que no ha habido un deterioro repentino de la rigidez debido al deslizamiento.

- **Inspección por medio de sonido de martilleo**

Se inspeccionarán todos los anclajes post-instalados construidos en obra para comprobar su grado de adherencia y si dichos anclajes están o no debidamente adheridos.

- **Otro**

Si los resultados de la inspección de la resistencia del anclaje muestran fallas, se deben tomar medidas de acuerdo a las especificaciones y a las instrucciones del supervisor; además en el caso que los orificios desplazados golpeen una barra de refuerzo existente se deben tomar medidas de acuerdo con las instrucciones del supervisor.

La construcción diagonal y las medidas para los agujeros temporales desplazados cuando un ancla ha golpeado una barra de refuerzo se deben tomar de acuerdo con las instrucciones del supervisor.

6. Obras de concreto

- a. Confirmar y presenciar la colocación del trazo.
- b. Confirme e inspeccione el proceso de encofrado y montaje.
- c. Confirme e inspeccione la plomada del encofrado.
- d. Confirme e inspeccione el encofrado y los puntales o soportes al momento de colocar el concreto.
- e. Confirmar y presenciar el desmoldado de los elementos colados.
 - Confirmar la resistencia del concreto antes de remover los puntales principales del encofrado.
 - Como regla, no cambiar la altura de los puntales.
 - El encofrado no se debe de remover hasta cumplir 7 días o más sin importar la resistencia del concreto, pero debe de verificarse primero las condiciones

- particulares de carga en cada caso y si se agregó algún aditivo acelerante.
- Realizar el procedimiento de reparación con grout de colmenas generadas en los elementos de concreto,
- Aplicar una pasta o mortero de emulsión de resinas sintéticas de 3 cm de ancho sobre los defectos del concreto, juntas frías y juntas de cada piso luego lijarlas.
- Tener cuidado con los sujetadores del molde y los materiales cubiertos con tierra en el área de trabajo.
- f. Presenciar el mezclado del concreto y confirmar que sea según las especificaciones.
- g. Verificar y presenciar la preparación del colado del concreto.
- h. Verificar y presenciar el colado del concreto.
 - Al revisar, evitar colocar el vibrador en el concreto mucho tiempo, ya que pudiera causar segregación en el concreto.
 - Golpee el concreto con un mazo para determinar rápidamente si el concreto se está esparciendo o no, y no golpee áreas donde no haya concreto. Golpee el perímetro y los tramos abiertos varias veces.
 - Verificar cómo el contratista maneja la colocación de concreto en caso se presente lluvia.
- i. Verificar y presenciar el curado
 - Compruebe si existe un sistema para hacer frente a la lluvia.
- j. Verificar y aprobar los registros de pruebas de resistencia del concreto.
- k. Revisar e inspeccionar después de realizado el desmoldado.
 - Retirar toda la lechada de las superficies de las juntas de colado que son fundamentales para la resistencia estructural y la impermeabilización de columnas, vigas, etc., mediante escarificado o un método diferente y elimine las asperezas con un cepillo de alambre.
 - Si hay áreas imperfectas en las superficies de las juntas de colado debido a fugas de mortero u otras fallas, retire la sección defectuosa. Esto se puede hacer colocando nuevamente el concreto o reparando la sección defectuosa inyectándola con resina epóxica.
 - Reparar las áreas con vacíos y colmenas inmediatamente.
 - Limpiar adecuadamente las varillas de refuerzo de toda la lechada y lodo antes del próximo colado de concreto.

7. Obras en acero

- a. Verificar los talleres de fabricación y realizar inspecciones periódicas a ellos, así como las condiciones de los equipos y almacenamiento de materiales.
- b. Verificar las dimensiones del marco y arrostramiento metálico.
- c. Verificar e inspeccionar los pernos de anclaje
 - Revisar que al momento de reparar los pernos de anclaje los trabajadores no lo realicen con llama.
 - El tipo de anclaje y su distribución es la especificada en los planos.

- Los pernos de anclaje se pudieran ensuciar, por lo tanto, se deben de proteger en cada momento hasta el inicio del colado del concreto.
- d. Verificar e inspeccionar las soldaduras.
- e. Verificar y aprobar el plan de montaje de la estructura metálica.
- f. Verificar e inspeccionar el montaje en el sitio.
- g. Verificar y presenciar el apriete de los pernos.
 - Examinar el proceso de apriete.
 - Revisar que se utilice cepillo de alambre para limpiar el óxido y otros residuos antes del ensamblado.
 - Verifique que los trabajadores quemen el aceite y pintura en los pernos con llama de gas y limpien la fricción de la superficie usando agentes de limpieza o productos químicos.
- h. Verificar e inspeccionar las soldaduras en el sitio de trabajo.
 - Detener las obras cuando se presente lluvia o fuertes ráfagas de viento.
 - Los electrodos no se deben de colocar directamente en el suelo.
 - Utilizar el horno de secado cuando utilice electrodos de soldadura con bajo contenido de hidrógeno.
 - Durante la inspección de la superficie soldada, elimine la escoria de la superficie con un martillo tipo escariador.

8. Obras con bloques de concreto.

- a. Verificar el tipo de bloque y mortero a utilizar.
- b. Verificar el cada uno de los materiales en el sitio de trabajo.
- c. Verificar la instalación de los bloques.
- d. Verificar el nivel y la plomada.
- e. Verificar la consistencia in situ
- f. y colocación del mortero.
- g. Inspeccionar la instalación de los bloques al finalizar.

9. Elaboración y colocación del grout

- a. Confirmar la dosificación.
 - b. Verificar que el grout sea un mortero sin contracción pre-mezclado.
 - c. Verificar la consistencia y fluidez del grout según las especificaciones.
 - d. La mezcla de prueba debe de realizarse antes de la colocación del grout.
 - e. La colocación del grout debe de realizar por método de inyección a presión o por gravedad, de acuerdo a lo expuesto en el capítulo 2 de este manual.
 - f. La lechada en la superficie de la junta deberá eliminarse por completo antes de la inyección del Grout.
 - g. La superficie del molde y la junta se empaparán rociando agua.
 - h. La temperatura del agua se debe de controlar al momento del mezclado y de la colocación del grout.
 - i. La inyección del grout a presión debe de realizarse de forma continua a una

- presión constante y adecuada.
- j. Se inyectará o colocará grout hasta que se confirme el desbordamiento de la salida de aire o zona de rebalse.
 - k. Moldeado
 - Los moldes deben de ser resistentes a fugas.
 - Los moldes deberán ser lo suficientemente rígidos para resistir la presión durante la inyección del mortero y para mantener la presión de expansión durante el fraguado.
 - Los moldes se quitarán después de que el mortero esté suficientemente endurecido, ya que no será necesario mantener la presión de expansión.
 - Después de quitar los moldes, se verificará que los espacios entre el miembro nuevo y el concreto existente estén debidamente sellados.
 - l. Curado
 - Se requerirán tres días para el curado estándar. Las demás prácticas de curado serán las mismas de las obras con concreto.

10. Trabajos de impermeabilización.

- a. Verificar los materiales de la impermeabilización.
- b. Inspeccionar las condiciones de la impermeabilización.
- c. Verificar que el concreto este completamente seco.
- d. Verificar la uniformidad del concreto y la existencia de grietas.
- e. Verificar el gradiente de presión y la ubicación del drenaje.
- f. Verificar los ajustes en los bordes y en las uniones.
- g. Asistir y verificar la realización de las obras de impermeabilización y la prueba de fuga hidráulica por llenado de agua.
- h. Verificar el gradiente de agua de la capa de presión.
- i. Verificar el espaciamiento entre las juntas elásticas y el ancho de las juntas.

11. Trabajos de envolturas con fibra

- a. Reparación de la estructura de concreto reforzado y grietas.
 - La reparación de las partes con varillas de refuerzo expuestas debe de realizarse removiendo el concreto circundante, removiendo el óxido de las varillas de acero para luego aplicar un tratamiento anticorrosivo y llenar con mortero cementicio con polímeros.
 - Las partes con grietas pueden causar concentración de esfuerzos en los materiales de reforzamiento con fibra, por lo tanto, se deben de reparar sin falta inyectando resina epóxica.
- b. Tratamiento de la estructura existente
 - Las capas quebradizas y la suciedad se deben eliminar de la superficie.
 - Las esquinas del elemento de concreto se deben de redondear.
- c. Aplicación de la base
 - Revisar la temperatura atmosférica y la temperatura del material base.

- Medir y mezclar el componente A y componente B de acuerdo con las instrucciones del fabricante (normalmente las cantidades son dadas en peso).
- Se debe de aplicar uniformemente con rodillos y brochas. Se aplicará de dos a tres veces teniendo el cuidado de observar el estado del acabado.
- Se debe de controlar el tiempo que se pueda aplicar la imprimación, siguiendo las instrucciones del fabricante.
- Se utilizarán máscaras, gafas y guantes de protección durante el trabajo.
- d. Alisado de la superficie base
 - El acabado se puede realizar con masilla epóxica y aplicado con espátula de goma.
- e. Marcado
 - La posición de adhesión de la primera capa se marcará con precisión y se garantizará que se pueda mantener la linealidad.
- f. Instalación de la fibra.
 - Verificar que luego de la imprimación base sobre ella se coloque a tiempo y de forma adecuada la fibra y el adhesivo epóxico según las instrucciones del fabricante.
- g. Traslapes
 - Verificar que el tamaño del traslape y que la ubicación del traslape estén de acuerdo a las instrucciones del fabricante y a lo avalado por el ingeniero estructurista.

12. Trabajos de repello

- a. Verificar e inspeccionar el tratamiento de la capa inferior.
- b. Verificar y presenciar la colocación de la pita que marca el grosor del repello.
- c. Verificar y presenciar el procedimiento para la prevención de agrietamiento del mortero.
 - Adecuado proceso de mezclado
 - Humedecer la superficie y curar la superficie antes de colocar el repello.
- d. Verificar y presenciar la colocación de la capa de repello.
- e. Verificar e inspeccionar el trabajo terminado.

13. Trabajos de pintura

- a. Estudiar la hoja técnica y aprobar las muestras de pintura.
- b. Verificar e inspeccionar la pintura en fundaciones (cuando sea el caso).
- c. Verificar e inspeccionar las áreas de pintura.
- d. Verificar y presenciar el curado y protección de las áreas.
- e. Verificar y presenciar la ejecución del trabajo de pintura.
- f. Verificar e inspeccionar las obras de pintura terminadas.

14. Trabajos de interiores.

- a. Revisar los materiales
- b. Revisar el sustrato

- c. Realizar la inspección final para:
 - Acabado de superficies
 - Precisión de las transiciones
 - Uniformidad, juntas y agujeros.
 - Instalación y adhesividad.

6.2.4. Cambios de diseño (orden de cambio) e imprevistos

Incluso en los planos de diseño más cuidadosamente elaborados, hay momentos en que las circunstancias que involucran factores imprevisibles son inevitables. Es importante tener en cuenta que todas las suposiciones hechas no siempre son correctas y los incidentes ocurren sin importar cuán cuidadoso se haya realizado el estudio en el momento del diseño. Es por ello que previamente se debe de tener un plan de acción, definido, ante imprevistos y cambios del diseño.

6.2.5. Comunicación de situaciones y correspondencia de documentos

La comunicación sobre cualquier situación y problema, como propuestas del contratista al supervisor, respuestas del supervisor al contratista, etc., debe hacerse siempre por escrito.

6.2.6. Control de Seguridad y vigilancia.

Los siguientes son los tipos de incidentes que podrían ocurrir en una construcción.

- a. Un accidente de trabajo que lesiona al trabajador de la construcción.
- b. Accidentes que causen daños o pongan en peligro las viviendas y/o habitantes cercanos a la obra (contaminación).
- c. Accidentes a terceros, que causen lesiones a las personas que pasan cerca de la zona de trabajo.
- d. Accidentes en el sitio de construcción.
- e. Pérdida o robo de objetos personales, equipos o materiales.
- f. Para prevenir este tipo de accidentes e incidentes, se debe contemplar todas las medidas preventivas de acuerdo a las condiciones particulares dentro del proyecto y de su entorno, además se debe de confirmar una red de contactos en caso de emergencias de acuerdo con los planes de construcción y un gerente siempre de tener un plan para implementar las contramedidas adecuadas.

Capítulo 7. Inspección de la construcción

7.1. Procedimiento para verificar que las obras de construcción estén de acuerdo a los planos y especificaciones

7.1.1. Verificaciones básicas

La supervisión deberá realizar la verificación de toda la documentación contractual, planos, especificaciones técnicas y cualquier otro documento que se genere para el control del proceso constructivo, además deberá de realizar inspecciones de campo, solicitar pruebas adicionales y revisar el registro del control de calidad de la construcción, estos procesos se describirán en este capítulo.

7.1.2. Procedimiento de verificación

La supervisión verificara que las obras de construcción estén de acuerdo a los planos aprobados, especificaciones técnicas, cumpliendo la normativa local y lo descrito en el presente manual, realizando visitas de inspección al proyecto y/o revisando la documentación del proyecto.

- 1. Verificación de toda la documentación contractual del proyecto.**

Como primer paso el supervisor debe de revisar toda la documentación necesaria para desarrollar el proyecto, contrato (alcance), planos, especificaciones técnicas, programaciones de obra, presupuesto, entre otros, con el propósito de tener las herramientas para un adecuado control de calidad de los procesos constructivos.

- 2. Visitas de inspección al proyecto.**

En principio, las actividades a ser inspeccionadas en cada proceso de construcción son detalladas en los “Listados de Verificación” también conocidos como “Checklist de verificación”.

- 3. Verificación de reportes de los controles de calidad del proyecto.**

En principio, el supervisor de la construcción verifica si los registros de control de calidad están de acuerdo con las especificaciones técnicas. Si los registros no cumplen con los requisitos y la norma técnica, el supervisor de la construcción solicitara a las partes involucradas corregir y/o rectificar las inconsistencias.

- 4. Archivo de las verificaciones de la supervisión.**

La supervisión de la construcción es responsable de mantener registro de su historial de verificaciones realizadas a las obras, donde se confirme el cumplimiento de las notas generales, planos y especificaciones de diseño mediante reportes o informes del proyecto.

7.1.3. Principales responsabilidades del supervisor del proyecto

El Contratista es responsable de 1) el control de calidad, 2) control del trabajo realizado y 3) del cronograma de trabajo, procesos que el Supervisor debe de verificar que estén de acuerdo a lo indicado en los documentos contractuales (planos, especificaciones, etc.).

7.1.4. Control de calidad

Con base a los informes del contratista y a las inspecciones realizadas, el supervisor puede instruir al contratista. Si es necesario, la supervisión puede solicitar al contratista que se mejore y/o corrija aspectos técnicos y administrativos de la ejecución del proyecto, cuando existan inconsistencias entre los informes con lo supervisado.

7.1.5. Control del trabajo realizado

Particularmente, se debe de supervisar lo siguiente: a) elementos de control, b) método de medición, c) frecuencia de medición, e) unidad de medición y f) límites permisibles. Para el control del trabajo realizado, se tomarán como referencia los métodos especificados en los Listados de Verificación (checklist).

7.1.6. Seguimiento del cronograma de trabajo

La supervisión debe asegurarse de que el contratista registre, archive y conserve los siguientes documentos:

- a. Cronograma general del proyecto.
- b. Cronograma mensual del proyecto.
- c. Cronograma semanal detallado del proyecto.

7.1.7. Reuniones de seguimiento

El supervisor debe asegurarse de que el contratista registre, archive, conserve y entregue una copia a la supervisión de los documentos de las siguientes reuniones:

1. Reunión con el comité de monitoreo del proyecto (CMP)

En cuanto a las obras de reforzamiento, la comunicación es necesaria entre la supervisión, los diseñadores y el contratista para garantizar la calidad, cumplir el cronograma, controlar el costo y la seguridad de la construcción.

- a. **Nombre:** Comité de monitoreo del Proyecto (CMP)
- b. **Propósito:** mantener el seguimiento de la calidad, del progreso y cumplimiento de las obras de construcción.

- c. **Organización del comité:** la propuesta de organización del CMP se muestra en la siguiente figura:

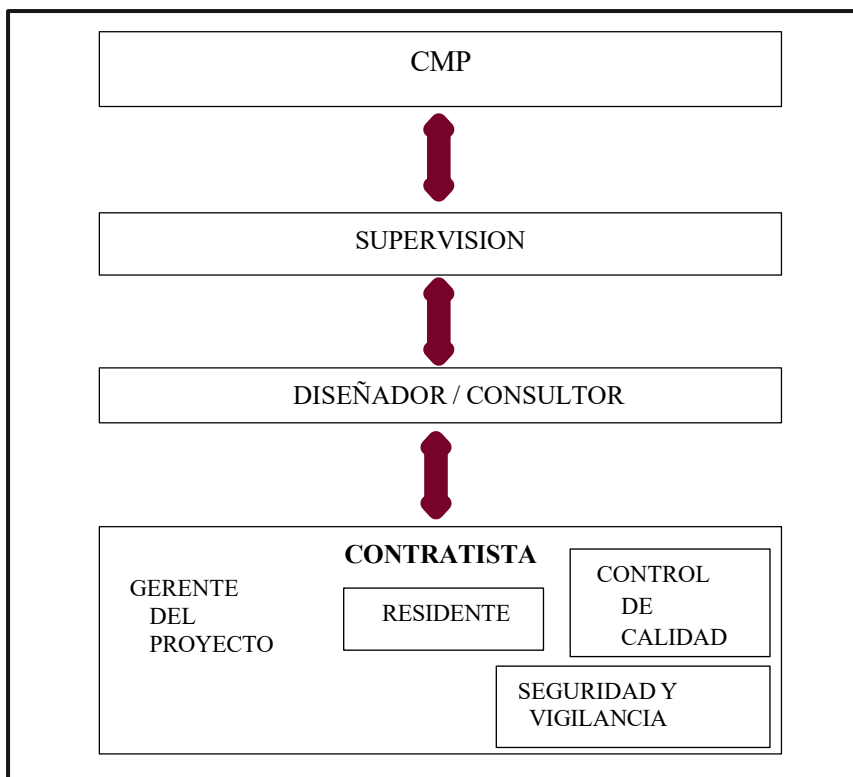


Figura 7.1-1 Propuesta de la organización del Comité de Monitoreo del Proyecto (CMP).

d. **Miembros del CMP**

- Diseñadores.
 - Supervisión del proyecto, dependiendo de la magnitud del proyecto puede ser una supervisión individual o compuesta por varios supervisores bajo el mando de un gerente de supervisión.
 - Consultor (Ingeniero civil privado y externo al proyecto)
 - Contratista, Equipo ejecutor del proyecto, conformado principalmente por gerente de proyecto, residente, gestor de control de calidad y gestor de seguridad.

e. **Reuniones**

- El CMP se llevará a cabo bajo la iniciativa de la supervisión del proyecto.
- El CMP se llevará a cabo mensualmente o cuando la entidad reguladora lo requiera, que para este caso será la OPAMSS.
- En el CMP se informa el avance del proyecto a los miembros CMP.

2. Reunión semanal

Se llevan a cabo reuniones semanales para comunicarse entre el supervisor y el contratista. En la primera reunión semanal de cada mes, el supervisor de construcción dirigirá la discusión comparando el progreso real con el cronograma, luego el contratista expondrá el próximo plan de trabajo del mes.

Si la programación de trabajo se retrasa, el supervisor de la construcción debe analizar las causas y abordar el asunto de inmediato.

En una reunión semanal, la supervisión deberá confirmar los puntos que se presentan a continuación y en el siguiente orden:

- a. Avance de las obras respecto a la programación del proyecto.
- b. Cualquier atraso en el avance de las obras y sus contramedidas.
- c. Respuestas a las preguntas realizadas por el contratista (mediante las vías definidas como correo y/o bitácora).

3. Reuniones sobre Seguridad y Salud Ocupacional en la Obra.

La supervisión deberá patrullar el proyecto para verificar la seguridad, el avance de la construcción, el avance de la construcción de obras temporales y otras condiciones que puedan perturbar la seguridad. Si hubiera algún problema, la supervisión de la construcción le indicará al contratista que resuelva los problemas.

En el caso sucedan problemas especiales que requieran intervención inmediata, el contratista deberá de tomar todas las contramedidas necesarias, reportarlo y documentarlo apropiadamente.

7.1.8. Control de la seguridad

El contratista deberá prestar especial atención a lo siguiente:

- a. Accidentes personales que involucren a los trabajadores de la construcción.
- b. Accidentes que dañan casas y habitantes del barrio.
- c. Accidentes con transeúntes.
- d. Desastres naturales en el proyecto.

La supervisión debe inspeccionar la seguridad en el proyecto y si se está realizando una buena gestión de la seguridad de parte del contratista.

7.1.9. Toma de fotografías de las obras de construcción

El contratista debe tener registro fotográfico de lo siguiente:

- a. Inspecciones.
- b. Procesos constructivos (por actividad y etapas de construcción).
- c. Avances según la obra realizada (por actividad y etapas de construcción).
- d. Otros: Gestión de control de seguridad, accidentes, desastres naturales/contaminación y compensación al vecindario, a las obras terminadas, etc.

7.2. Actividades a ser inspeccionadas y metodología de inspección

1. La supervisión de obras de construcción se lleva a cabo utilizando la matriz de inspección adjunta al plan de supervisión de la construcción, que se prepara para la supervisión del proyecto. Los métodos de inspección varían unos de otros, dependiendo de cada elemento a inspeccionar. También se señala que existen dos tipos de inspecciones: 1) Inspección para avance de obra y 2) Inspección periódica. En cuanto a 1), se divide a su vez en tres tipos de inspecciones: una es la inspección ordinaria in situ, otra es una evaluación del trabajo realizado y la otra es una que se encomendará a un tercer instituto certificado por la autoridad pública. La tabla 7.1 muestra las actividades a inspeccionar y los respectivos métodos de inspección. Los métodos de las inspecciones se indican con una marca de verificación (✓) para cada actividad. Algunas actividades pueden tener varios métodos. Además, las actividades doblemente verificadas (✓✓) son considerados como de suma importancia en la supervisión.
2. La supervisión explicara al contratista el procedimiento de las inspecciones según los métodos de inspección que se hacen referencia en la siguiente tabla 7.1.

a. Inspección ordinaria al proyecto.

Según del cronograma de trabajo, antes de que el contratista avance a la siguiente actividad del proyecto luego de finalización del trabajo actual, el contratista debe informar a la supervisión y consultor (si se requiere) de la fecha programada de la próxima inspección con el objetivo de realizar una reunión semanal. En ese momento, si hay algún cambio en el cronograma, el contratista deberá informar inmediatamente al supervisor.

b. Evaluación de la obra realizada.

El supervisor evalúa las obras realizadas de acuerdo con el cuadro de actividades y procesos constructivos especificados. En aras de la precisión de la evaluación, siga las guías y listados de verificación facilitados.

c. Patrullaje periódico para inspecciones.

El supervisor realizara rondas para verificar la seguridad y entrega mensajes e instrucciones importantes. El supervisor también está obligado a llevar su propia bitácora de trabajo en cada proyecto y registrar los detalles de sus instrucciones, a la vez dichas instrucciones deben de estar plasmadas en la bitácora de campo del proyecto custodiada por el contratista.

Tabla 7-1 Métodos de inspección

I. Obras preliminares y provisionales					
Tipos de obras	Actividades a inspeccionar	Métodos de inspección			
		Inspecciones de acuerdo con el avance de las obras.			Patrullaje periódico para inspecciones.
		Inspección ordinaria	Evaluación de la obra realizada	Institución Pública de inspecciones	
Instalaciones provisionales	Verificación de la planificación de las instalaciones provisionales.	✓			
Seguridad y protección	Almacenaje de sustancias peligrosas.	✓			✓
	Verificación de la delimitación de los espacios para circulación.	✓			
	Equipo extinguidor.	✓			✓
Seguridad y protección	Identificación de riesgos como caídas, material volátil, eléctrico, etc.	✓			✓
	Instalación de cerramiento y portón provisional.	✓			
	Colocación de rótulos de seguridad y protección.	✓			✓
	Rutas de evacuación en caso de sismo, incendio o inundación.	✓			✓
Materiales para las obras provisionales.	Verificación de la calidad, Resistencia y durabilidad.	✓			
Instalación de las obras provisionales	Verificación del proceso de instalación				✓

	Verificación de la medidas de seguridad y protección.	✓			✓
Condiciones del sitio de trabajo	Verificación de del perímetro de la propiedad y/o área de trabajo.	✓			
	Identificación de las edificaciones, estructuras e instalaciones existentes en el sitio de trabajo	✓			
	Verificación de las condiciones actuales del entorno	✓			
Ubicación y trazo del área de trabajo.	Verificación por medio de cinta	✓			
	Verificación de los puntos de referencia.	✓			
Ambiente de trabajo	Baños provisionales	✓			✓
	Limpieza del área de trabajo				✓

II. Obras de excavación y rellenos

Tipos de obras	Actividades a inspeccionar	Métodos de inspección			
		Inspecciones de acuerdo con el avance de las obras.			Patrullaje periódico para inspecciones.
		Inspección ordinaria	Evaluación de la obra realizada	Institución Pública de inspecciones	
Perforaciones y excavaciones		✓	✓		
Condiciones del nivel de referencia y	Horizontalidad y perfilado	✓			
	Nivel		✓		

fondo de excavación.	Condiciones del suelo	✓			
	Capacidad de carga		✓		
Rellenos	Tipos de Materiales para relleno	✓			
Compactación	Equipo utilizado para compactar.	✓			
Prevención de accidentes, desastres y contaminación.	Profundidad del nivel freático.				✓
	Medidas a implementar al pronosticarse y presentarse lluvias.				✓
	Afectación a estructuras aledañas				✓
III. Obras de concreto					
Tipos de obras	Actividades a inspeccionar	Métodos de inspección			
		Inspecciones de acuerdo con el avance de las obras.			Patrullaje periódico para inspecciones.
		Inspección ordinaria	Evaluación de la obra realizada	Institución Pública de inspecciones	
Cemento	Tipos de cemento a utilizar	✓		✓	
	Calidad según normativa y especificaciones.	✓✓		✓	
Materiales para la mezcla	Tipos y modo de uso	✓		✓	
Agua	Calidad del agua	✓		✓	
Agregados	Tamaño del agregado	✓		✓	
Mezcla de prueba	Resistencia del concreto, determinación de la dosificación y cantidad de agua.	✓		✓	
Inspeccion antes de colado de concreto	Revenimiento	✓			
	Limpieza y calidad de los agregados, (en el	✓			

(Pruebas a los materiales)	caso el concreto se realice en el sitio).				
	Cantidad y calidad del agua (en el caso el concreto se realice en el sitio)	✓			
	Volumen de aire	✓			
	Temperatura del concreto	✓			
	Cloruro	✓			
	Toma de muestra para prueba de Resistencia a la compresion	✓		✓	
	Equipos para realizar las pruebas.	✓			
Colado de concreto	Tiempo entre el mezclado y el colado.	✓			
	Limpieza y lavado del molde.	✓✓			
	Revisar las condiciones de un tramo del concreto colado	✓			
	Revisar la adecuada aplicación del adhesivo epóxico entre el concreto viejo y Nuevo.	✓✓			
Varillas de refuerzo	Confirmación de las propiedades estructural del refuerzo	✓		✓	
	Limpieza de las varillas	✓✓			
	Diámetro, cantidad de varillas, separación, dobleces y traslapes	✓✓			

	Varillas de anclajes, traslape y/o unión entre varillas de anclaje y varillas de refuerzo del elemento nuevo.	✓✓			
	Recubrimiento de concreto	✓✓			
Encofrado	Materiales de para el encofrado.	✓✓			
	Limpieza de la superficie de la junta de colado	✓✓			
	Orden del colado	✓			
	Verificación de las medidas	✓			
	Instalaciones fijas (salidas de energía, tuberías hidráulicas, etc.)	✓			
Curado del concreto	Evitar la exposición directa al sol	✓			✓
	Curado con humectación o curado con membrana	✓			✓
Desencofrado	Verificación del tiempo entre el colado del concreto y el desencofrado	✓			
Almacenamiento de los materiales	Almacenamiento adecuado del cemento y acero de refuerzo	✓			✓

IV Trabajos con bloques de concreto					
Tipos de obras	Actividades a inspeccionar	Métodos de inspección			
		Inspecciones de acuerdo con el avance de las obras.			Patrullaje periódico para inspecciones.
		Inspección ordinaria	Evaluación de la obra realizada	Institución Pública de inspecciones	
Obras comunes	Distribución, trazo de las varillas de refuerzo, trazo para bloque.				✓
Materiales	Plomada y nivel del bloque		✓		✓✓
	Tipo de bloque	✓			✓✓
	Calidad del ladrillo	✓			✓✓
	Resistencia del ladrillos			✓	
	Varillas de refuerzo, cemento, y agregados.				✓✓
Mortero	Mezclado del mortero				✓✓
	Tiempo desde la elaboración de la mezcla hasta la colocación del mortero.				✓
Acero de refuerzo	Acero de refuerzo en juntas entre hiladas de bloque y en las celdas de los bloques.				✓
Pegado del bloque	colocación de primera hilada de nivelación.				✓✓
	Altura máxima de hiladas de bloque en una misma jornada.				✓✓
	Espesor de mortero para pegamento.				✓✓

Accesorios fijos, instalación de tubería dentro del bloque	Fontanería e instalaciones eléctricas.				✓✓
V Trabajos de reforzamiento					
Tipos de obras	Actividades a inspeccionar	Métodos de inspección			
		Inspecciones de acuerdo con el avance de las obras.			Patrullaje periódico para inspecciones.
		Inspección ordinaria	Evaluación de la obra realizada	Institución Pública de inspecciones	
Materiales	Tipo, calidad, resistencia.	✓			✓
Inspección durante la ejecución del trabajo	Verificación del avance de la obra	✓			✓
Inspección al completar las obras	Trabajos finalizados y exactitud de ellos.	✓✓			✓
VI Trabajos de acabados					
Tipos de obras	Actividades a inspeccionar	Métodos de inspección			
		Inspecciones de acuerdo con el avance de las obras.			Patrullaje periódico para inspecciones.
		Inspección ordinaria	Evaluación de la obra realizada	Institución Pública de inspecciones	
Materiales	Tipo, calidad, resistencia.	✓			✓
Inspección durante la ejecución del trabajo	Verificación de las capas				✓
Inspección al completar las obras	Trabajos finalizados y exactitud de ellos.	✓			✓

7.3. Inspección de las obras finalizadas (al momento de la finalización de las obras)

7.3.1. Propósito

La supervisión debe de llevar a cabo la inspección de las obras finalizadas, verificando si las obras e instalaciones están finalizadas y entregadas de acuerdo los planos y especificaciones. Esto debe de realizarse considerando el desempeño y apariencia de las obras, además de revisar las obras realizadas.

7.3.2. Coordinación

La inspección de las obras finalizadas debe llevarse a cabo al culminar todas las actividades y previo a la entrega final de los trabajos.

7.3.3. Métodos

Después de una auto-recepción por parte del contratista, la supervisión de la construcción en verificará el edificio con los planos y especificaciones.

7.3.4. Actividades a ser revisadas

- a. Obras a ser corregidos.
- b. Revisar trabajos realizados y no visibles (revisados por medio del registro fotográfico).
- c. Apariencia externa.

7.3.5. Archivar y resguardar la documentación del proyecto

Con respecto a las siguientes actividades, las imágenes, las correspondencias, los planos como construido, bitácora y los ensayos a los materiales se deben conservarse por lo menos 5 años o más

- a. Actividades de importancia y criticas durante la ejecución del proyecto.
- b. Partes donde el diseño y/o el método constructivo fue modificado.
- c. Evidencia fotográfica y escrita de obras no visibles que pudieran ser un problema en el futuro. Además, la supervisión debe de resguardar una copia de los documentos del proyecto como bitácora, informes, planos como construidos y cualquier otro documento relevante por un plazo de 5 años.

APÉNDICE

A. Hojas de verificación (Checklist)

APÉNDICE A.1 LISTADO DE VERIFICACIONES PRELIMINARES.

Nombre del proyecto: _____ Día de la inspección: _____
Ubicación del proyecto: _____

VERIFICACION DE LA DOCUMENTACION, CONDICIONES DEL AREA DEL PROYECTO Y TRABAJOS PRELIMINARES.								
No.	Descripción	*Referencia	SI	NO	N/A	1ra Revisión	2da Revisión	Comentarios
1	Escripciones de la propiedad estan disponibles, debidamente legalizada e inscrita.							
2	Plano de conjunto ha sido aprobado y se mantiene en el proyecto.							
3	Ubicación de la oficina del proyecto esta considerada y es adecuada.							
4	Plantel temporal de trabajadores esta considerada y es adecuada.							
5	Ubicación del punto de dotacion de agua potable esta considerado y es adecuado.							
6	Instalación eléctricas provisionales están consideradas.							
7	Los acopios de los distintos materiales estan considerados y son los adecuados.							
8	Se garantiza una distancia segura desde los edificios y/o cuerpos de agua existentes.							
9	Nivel terminado de primer piso esta fijado considerando el nivel máximo de inundación de acuerdo a las condiciones locales del terreno.							
10	Se verificaron los perimetros de la propiedad y que no exista ningún conflicto de colindancias							
11	Línes electricas de distribucion no pasan sobre el proyecto.							
12	Acondicionamiento y preparacion del area del proyecto:							
1)	Se cuenta con los permisos de tala de arboles y demolicion de edificaciones existentes.							
2)	Se ha colocado un cartel con toda la información necesaria sobre la el proyecto.							
3)	El area esta despejada, limpia y lista para la construccion.							

*Referencia: colocar numero de hoja de los planos de diseño y/o numero de hoja de los planos taller.

Constructor: _____ Firma: _____

Supervisor Consultor: _____ Firma: _____

Supervision del propietario: _____ Firma: _____

APENDICE A.2 LISTADO DE VERIFICACION PARA OBRAS DE TERRACERIA

Nombre del proyecto: _____ Dia de la inspección: _____
Ubicación del proyecto: _____

LISTADO DE VERIFICACION PARA LAS OBRAS DE TERRACERIA								
No.	Descripción	*Referencia	SI	NO	N/A	1ra Revisión	2da Revisión	Comentarios
1	Preparacion previa al inicio de las obras de excavacion:							
1)	Plano con los niveles de terraza y niveles de referencia se encuentra en el proyecto antes de las excavaciones.							
2)	Niveles de corte estan terminados y verificados de acuerdo a los niveles de referencia.							
3)	El plan de seguridad considera mitigar el riesgo de cualquier falla de las edificaciones/estructuras adyacentes, debido a las excavaciones.							
2	La niveleta muestra el nivel de piso terminado (NPT) y nivel terminado de los pedestales y vigas de fundacion.							
3	Se cuenta con un trazo identificado adecuadamente para ubicar los nuevos elementos.							
4	Se garantiza que el trazo no se mueva, y se encuentre debidamente referencia para que no se pierda debido a los trabajos de terraceria.							
5	Se instalaron ademados o algun otro soporte lateral adecuado para evitar el desprendimiento del suelo en los zanjos de las fundaciones.							
6	El nivel de banco esta colocado y verificado.							
7	Se realizo la restitution de suelo según las especificaciones y diseño.							
8	Verificacion de la forma y calidad:							
1)	La excavacion se realizó hasta la profundidad especificada.							
2)	Fondo de la excavacion (cama de la fundacion) esta nivelado y compactado adecuadamente.							
3)	La cama de arena esta debidamente compactada.							
4)	La cama de la fundacion esta limpia y libre de cualquier objet ajeno.							
5)	Se cuenta con control de calidad para las obras de terraceria.							

*Referencia: colocar numero de hoja de los planos de diseño y/o numero de hoja de los planos taller.

Constructor: _____ Firma: _____

Supervisor Consultor: _____ Firma: _____

Supervision del propietario: _____ Firma: _____

APENDICE A.3 LISTADO DE VERIFICACION PARA TRABAJOS CON ACERO DE REFUERZO

Nombre del proyecto: _____ Dia de la inspección: _____
Ubicación del proyecto: _____

LISTADO DE VERIFICACION DE LA ARMADURIA								
No.	Descripción	*Referencia	SI	NO	N/A	1ra Revisión	2da Revisión	Comentarios
1	Calidad de las varillas de refuerzo y procesamiento de ellas:							
1)	La resistencia y ductilidad (grado) están según el diseño y las especificaciones (respaldado por los reportes de laboratorio).							
2)	Ganchos y dobleces están realizados adecuadamente y según las especificaciones.							
3)	Las varillas no tienen fisuras ni cualquier defecto.							
4)	Se tomaron muestras del lote de varillas en el proyecto y enviados a las respectivas pruebas de calidad.							
5)	Las varillas tienen identificación de fábrica con su marca, número y grado.							
2	Instalación de las varillas de refuerzo.							
1)	Longitud y diámetro de las varillas están de acuerdo a los planos.							
2)	Cantidad de varillas de acuerdo a diseño.							
3)	Separación/espaciamiento de las varillas de acuerdo a diseño.							
4)	Dirección de las varillas está según diseño.							
5)	Las varillas están amarradas con alambre de amarre en cada intersección o traslape de varillas.							
6)	La longitud de traslape es la adecuada.							
7)	Alineamiento horizontal de las varillas es el adecuado.							
8)	Alineamiento vertical de las varillas es el adecuado.							
9)	El recubrimiento es el adecuado según diseño y las condiciones del entorno.							
10)	Los separadores (helados) están ubicados correctamente.							
11)	Las varillas están limpias y libres de óxido, polvo, grasas, pinturas aceitosas y de cualquier sustancia ajena.							
3	Verificación especial para zapatas:							
1)	Las varillas verticales de los pilotes están colocadas en las zapatas según los planos de diseño.							
2)	La longitud de desarrollo, ganchos, traslapes, etc., están según las especificaciones.							
3)	La dirección del lecho inferior está de acuerdo a diseño.							
4)	El lecho superior (en sus ambas direcciones) está colocado adecuadamente para combinar la zapata con el pedestal/pilote/tensor y de acuerdo a diseño.							
5)	La separación entre el lecho inferior y superior es la correcta.							

*Referencia: colocar número de hoja de los planos de diseño y/o número de hoja de los planos taller.

Constructor: _____ Firma: _____

Supervisor Consultor: _____ Firma: _____

Supervisión del propietario: _____ Firma: _____

MANUAL PARA LA SUPERVISIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE REFORZAMIENTO SÍSMICO EN EDIFICACIONES EXISTENTES DE CONCRETO REFORZADO

APENDICE A.4 LISTADO DE VERIFICACION PARA TRABAJOS DE ENCONFRADO

Nombre del proyecto: _____ Dia de la inspección: _____
Ubicación del proyecto: _____

LISTADO DE VERIFICACION PARA ENCONFRADOS								
No.	Descripción	*Referencia	SI	NO	N/A	1ra Revisión	2da Revisión	Comentarios
1	Material, tipo de encofrado:							
1)	Los materiales para encofrado son los adecuados.							
2)	Los moldes estan limpios, libres de residuos de mortero/concreto/lechada o de cualquier otro material ajeno.							
3)	No se utilizan moldes deformados ni raspados.							
4)	Agujeros/juntas en el encofrado estan tapados adecuadamente con papel, mezcía, madera o metal para evitar la fuga de lechada							
5)	Se aplica al molde una película de desmoldante y se verifica que este deacuerdo a las especificaciones.							
2	Apuntalamiento del encofrado:							
1)	Tipo y calidad de los puntales es la adecuada (puntales de acero)							
2)	Separacion de los puntales esta de acuerdo a lo especificado.							
3)	Se utilizan puntales adecuados para sujetar los encofrados de las fundaciones.							
4)	Los puntales estan ajustados adecuadamente en sus dos extremos.							
5)	Se han tomado medidas para evitar el hundimiento de los puntales en el suelo.							
6)	Los puntales defectuosos se han descartado.							
3	Instalacion del encofrado:							
1)	Pernos y tuercas de sujecion del molde estan ajustados adecuadamente.							
2)	Tuberías de las instalaciones electricas estan coladas adecuadamente antes del colado.							
3)	Instalaciones hidráulicas estan coladas adecuadamente antes del colado.							
4)	Se garantiza la hermetizacion en el encofrado.							
5)	El recubrimiento es el adecuado según diseño y las condiciones del entorno.							
6)	Todo plastico de proteccion/aislamiento sin utilizarse se ha removido.							
7)	Nivel del molde es el especificado.							
8)	Horizontalidad del molde es la apropiada.							
9)	Verticalidad del molde es la apropiada.							
4	Verificacion especial para colado de columnas, vigas y elementos en altura:							
1)	Los andamios y plataformas estan debidamente instaladas y sujetadas.							
2)	El molde de las columna esta recto y cada lado de la columna esta asegurado.							
3)	Esta verificada la plomada del molde.							
4)	Segun el sistema de moldeado y su diseño, se garantiza suficiente soporte en los puntos de mayor presión.							
5)	Se han tomado todas las medidas necesarias para poseer un molde libre de fugas y garantizar la calidad del concreto colado.							

*Referencia: colocar numero de hoja de los planos de diseño y/o numero de hoja de los planos taller.

Constructor: _____ Firma: _____

Supervisor Consultor: _____ Firma: _____

Supervision del propietario: _____ Firma: _____

MANUAL PARA LA SUPERVISIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE REFORZAMIENTO SÍSMICO EN EDIFICACIONES
EXISTENTES DE CONCRETO REFORZADO

APENDICE A.5 LISTADO DE VERIFICACION PARA COLADOS DE CONCRETO

Nombre del proyecto: _____ Día de la inspección: _____
Ubicación del proyecto: _____

LISTADO DE VERIFICACION PARA COLADO DE CONCRETOS (Preparación y mezclado)								(pagina - 1/2)
No.	Descripción	*Referencia	SI	NO	N/A	1ra Revisión	2da Revisión	Comentarios
1	Dosificación del concreto:							
1)	Se ha verificado la dosificación según las especificaciones y esta revisada por el ingeniero residente.							
5)	Se ha rectificado las dimensiones de los recipientes para las medidas de materiales, y que el volumen de ellos este en concordancia con la dosificación.							
3)	Volumen de concreto esta rectificado y la hora de colado esta definida.							
4)	Se conoce el adecuado uso de los aditivos y esta de acuerdo a las especificaciones.							
2	Concreto elaborado en el sitio:							
1)	Contratista y supervisión están presentes mientras se realiza la elaboración y colado del concreto.							
2)	Se cuenta con una persona encargada de controlar el proceso de mezclado contando las medidas de cada material y la cantidad de cemento por batchada, este control es llevado en una "hoja de control de vertido de concreto y cargado de material".							
3)	Cantidad de mano de obra para el mezclado y colado es la suficiente según el volumen de concreto.							
4)	Se cuenta con suficientes carpinteros pendientes de las obras de encofrado para cuando se realice el colado.							
3	Calidad y cantidad de materiales:							
1)	Cantidades de cemento, agregados gruesos y arena estan de acuerdo a las especificaciones de diseño.							
2)	Cantidades de cemento, agregados gruesos y arena estan de acuerdo al volumen de concreto a colar.							
3)	Los agregados gruesos estan debidamente humedecidos.							
4)	Los agregados son bien graduados.							
4	Preparación para el colado en el sitio de trabajo:							
1)	Esta escarificada la superficie del concreto viejo para lograr una mejor adherencia.							
2)	Se utiliza epoxico como agente adherente en la junta entre concreto viejo con concreto nueva.							
3)	Se utiliza grout sin contracción como junta y la ubicación de este esta de acuerdo a las especificaciones de diseño y planos de diseño.							
4)	La tubera de las instalaciones electricas esta colocado y sujetado adecuadamente							
5)	Se dispone de protección contra la lluvia.							
6)	Se ha verificado el recubrimiento, antes de la colocación del concreto.							
7)	Secuencia de colado esta decidida de acuerdo al consentimiento del ingeniero residente a cargo.							
8)	Se cuenta con un metodo de curado de acuerdo a las especificaciones.							
5	Equipos para el colado:							
1)	Los canales de colado y cubetas/recipientes estan limpios y listos para utilizarse.							
2)	Los vibradores de concreto estan en buenas condiciones y probados.							
3)	La mezcladora (concretera) esta en buenas condiciones y probada.							
4)	Se cuenta con grúa para subir el concreto.							
5)	Se cuenta con un dispositivo para el control de espesores.							
6	Mezclado del concreto:							
1)	La cantidad medida de materiales según la proporción se vierte en la concretara.							
2)	El mezclado se ejecuta con la cantidad requerida de agua y durante un periodo de no menos de 2 minutos después de que todo el material, incluida el agua, esté en la concretara.							
3)	Una adecuada relación agua/cemento es utilizada para garantizar un revenimiento de acuerdo a los siguientes (anotar revenimientos según las especificaciones y el diseño de mezcla del concreto):							
	a. Fundaciones, zapatas, concreto masivo: _____ plg.							
	b. Pilotes prefabricados, columnas, vigas y losas: _____ plg.							
	c. Concreto premezclado (con aditivos): _____ plg.							

*Referencia : colocar numero de hoja de los planos de diseño y/o numero de hoja de los planos taller.

Constructor: _____ Firma: _____

Supervisor Consultor: _____ Firma: _____

Supervisión del propietario: _____ Firma: _____

APENDICE A.5 LISTADO DE VERIFICACION PARA COLADOS DE CONCRETO

Nombre del proyecto: _____ Día de la inspección: _____
Ubicación del proyecto: _____

LISTADO DE VERIFICACION PARA COLADO DE CONCRETOS (Durante el colado)								(pagina - 2/2)
No.	Descripción	*Referencia	SI	NO	N/A	1ra Revisión	2da Revisión	Comentarios
7	Después del mezclado del concreto:							
1)	Trabajabilidad del concreto es la adecuada (revenimiento es el adecuado).							
2)	Se toman muestras de concreto en cilindros para los ensayos al concreto.							
3)	Se realiza prueba de revenimiento y el resultado es favorable.							
8	Colocación del concreto:							
1)	Se humedece la superficie interna del encofrado.							
2)	El concreto es colocado en menos de 30 minutos después del mezclado.							
3)	Altura de caída del concreto es menos a 1 metro.							
4)	El concreto se coloca desde un extremo y luego se avanza continuamente hasta el otro extremo.							
5)	El concreto fresco se coloca contra el hormigón previamente colado y sin exceder 45 minutos desde que se terminó el colado anterior.							
6)	Espesores colados de concreto son verificados a cada metro.							
7)	Durante el colado se evita el movimiento frecuente de mano de obra/otros sobre el refuerzo. Se utilizó plywood o tablas de madera como camino para transportar concreto sobre el acero de refuerzo.							
8)	Durante el colado, se toman medidas correctivas inmediatas en caso de que se aflojen los puntales.							
9	Vibrado del concreto:							
1)	Para vigas y columnas, el acomodo y compactado del concreto se realiza correctamente mediante un vibrador de concreto.							
2)	El vibrado del concreto se realiza dentro de los 15 minutos posteriores al inicio de colocación del concreto fresco.							
3)	El vibrado se detiene tan pronto como aparece lechada de mortero en la superficie. (La vibración excesiva segrega la mezcla).							
4)	El vibrado se ejecuta correctamente colocando el vibrador en posición vertical.							
5)	El vibrado es ejecutado sin tocar las varillas de refuerzo.							
6)	Se vibra adecuadamente la superficie del concreto con tablon de madera grueso y liso.							
LISTADO DE VERIFICACION DESPUÉS DEL COLADO DE CONCRETO								
1	Transito sobre la superficie del concreto es evitada por 24 horas.							
2	Se utiliza un adecuado metodo de curado del concreto (inundacion, membrana de curado, etc.)							
3	Se deja acero de refuerzo expuesto en el extremo superior de los elementos verticales para darle continuidad a los siguiente colados.							
4	El molde y los puntales se retiran hasta que se cumpla el tiempo especificado.							

*Referencia: colocar numero de hoja de los planos de diseño y/o numero de hoja de los planos taller.

Constructor: _____ Firma: _____

Supervisor Consultor: _____ Firma: _____

Supervision del propietario: _____ Firma: _____

MANUAL PARA LA SUPERVISIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE REFORZAMIENTO SÍSMICO EN EDIFICACIONES
EXISTENTES DE CONCRETO REFORZADO

APENDICE A.6 LISTADO DE VERIFICACION PARA OBRAS CON PERFILES DE ACERO

Nombre del proyecto: _____ Día de la inspección: _____
Ubicación del proyecto: _____

LISTADO DE VERIFICACION PARA ARRIOSTRAMIENTO METALICO								
No.	Descripción	*Referencia	SI	NO	N/A	1ra Revisión	2da Revisión	Comentarios
1	Planos taller y todos los detalles de conexión están aprobados por el ingeniero estructurista.							
2	Los resultados de los ensayos realizados a los pernos de conexión, son satisfactorios con las especificaciones de diseño.							
3	Los obreros soldadores cuentan con certificaciones de acuerdo al tipo de soldadura a realizar.							
4	Las dimensiones de los perfiles y placas para el arriostramiento están de acuerdo a las especificaciones de diseño.							
5	El método de fabricación está aprobado por el Ingeniero estructurista.							
6	El fabricante cuenta con los equipos e instalaciones necesarias en su taller y en el sitio de trabajo.							
7	Los materiales son visualmente aceptables, sin defectos visuales como deformaciones, torsiones, distorsiones ni secciones dañadas.							
8	Fabricación de placas y atizadores están de acuerdo a planos taller.							
9	Todas las posiciones de los pernos y las dimensiones de las perforaciones están de acuerdo a los planos taller.							
10	Espesores, longitudes y tipos de soldadura están de acuerdo a los planos y especificaciones de diseño.							
11	Los electrodos cumplen las especificaciones de diseño.							
12	Superficie de soldadura está limpia y libre de óxido, polvo y escoria.							
13	Se revisan los bisels y recortes estándar, previo a la soldadura de penetración.							
14	Se almacenan los materiales en una superficie plana, nivelada, elevada del suelo y con adecuados soportes para evitar el pandeo.							
15	Los materiales y el producto terminado son manipulados, almacenados y protegidos adecuadamente para evitar el deterioro de ellos.							
16	Alineado de piezas previo montaje es el adecuado.							
17	Luego del montaje se verifica nivel plomo y alineamiento del arriostramiento.							
18	Re-confirmar el perno, tuerca y arandela antes de apretarlas.							
19	El perno es apretado con el torque correcto.							
20	El apretado del perno se realiza según las instrucciones del ingeniero estructurista.							
21	El proceso de montaje está aprobado de manera conjunta por el supervisor y el ingeniero residente. Además, en el caso el proceso sea complejo, se considera el visto bueno de parte del ingeniero estructurista.							
22	Plataforma/andamios de trabajo y accesos están provistos y son seguros.							
23	Superficie de los elementos metálicos están completamente limpias, utilizando métodos mecánicos/abrasivos, cepillada con alambre o pulida con chorro de arena (sandblast), logrando que estén libre de óxido y escoria antes de pintar.							
24	La alineación, nivel y plomada de la estructura están de acuerdo a lo especificado.							

*Referencia: colocar número de hoja de los planos de diseño y/o número de hoja de los planos taller.

Constructor: _____ Firma: _____
Supervisor Consultor: _____ Firma: _____
Supervisión del propietario: _____ Firma: _____

APENDICE A.7 LISTADOS DE VERIFICACION PARA TRABAJOS DE ANCLAJE

Nombre del proyecto: _____ Día de la inspección: _____
Ubicación del proyecto: _____

LISTADO DE VERIFICACION PARA ANCLAJES								
No.	Descripción	*Referencia	SI	NO	N/A	1ra Revisión	2da Revisión	Comentarios
1	Taladro es en buenas condiciones.							
2	El diametro de la broca a utilizar es el adecuado.							
3	Profundidad del agujero perforado esta de acuerdo a los planos de diseño.							
4	Mano de obra para los trabajos de anclaje estan capacitados y son suficientes.							
5	Se limpia el agujero por metodo de soplado utilizando el equipo adecuado.							
6	Limpieza del agujero utilizado cepillo cilindrico de alambre							
7	El material epoxico de anclaje esta de acuerdo a las especificaciones de diseño y el metodo de aplicación esta aprobado por el ingeniero estructurista.							
8	El adhesivo epoxico es inyecta con pistola u otro metodo alternativo es utilizado que cumpla las especificaciones.							
9	Se desecha el adhesivo inicial antes de la aplicación.							
10	Se coloca la cantidad adecuada de adhesivo epoxico.							
11	Varilla de refuerzo o ancla es insertada con un movimiento torsional.							
12	Se llena con adhesivo cualquier junta generada entre el ancla y el elemento.							
13	Se procura sacar todo el aire atrapado al momento de inyectar el ancla.							
14	El espaciamento de los anclajes esta de acuerdo con el diseño.							
15	La separacion de los anclajes desde las aristas esta de acuerdo con el diseño.							
16	Se realiza la prueba de adherencia por medio de tension para anclajes (Pull Out).							

*Referencia: colocar numero de hoja de los planos de diseño y/o munero de hoja de los planos taller.

Constructor: _____ Firma: _____

Supervisor Consultor: _____ Firma: _____

Supervision del propietario: _____ Firma: _____

MANUAL PARA LA SUPERVISIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE REFORZAMIENTO SÍSMICO EN EDIFICACIONES
EXISTENTES DE CONCRETO REFORZADO

APENDICE A.8 LISTADO DE VERIFICACION PARA TRABAJOS CON GROUT SIN CONTRACCION.

Nombre del proyecto: _____

Día de la inspección: _____

Ubicación del proyecto: _____

LISTADO DE VERIFICACION PARA COLOCACION GROUT SIN CONTRACCION								
No.	Descripción	*Referencia	SI	NO	N/A	1ra Revisión	2da Revisión	Comentarios
1	Se han realizado los trabajos de escarificación para mejorar adherencia entre el concreto nuevo y el existente.							
2	Las superficies escarificadas se limpian adecuadamente utilizando agua potable.							
3	El encofrado esta fijado adecuadamente y esta debidamente sellado para evitar fugas.							
4	La calidad del grout es satisfactorio de acuerdo a las especificaciones							
5	Las bolsas de grout estan almacenadas apropiadamente.							
6	Esta verificada la fecha de vencimiento del grout antes de utilizarse.							
7	El metodo de colocacion de grout esta avalado por el ingeniero estructururista.							
8	Se mantienen una relacion agua/cemento de acuerdo a las instrucciones del fabricante.							
9	Se utiliza un mezclador mecanico para el mezclado del grout.							
10	El proceso de mezclado del grout esta de acuerdo a las instrucciones del fabricante.							
11	La cantidad de obreros esta de acuerdo a la cantidad de volumen de trabajo.							
12	La dosificacion de la mezcla esta de acuerdo a las especificaciones de diseño y a las instrucciones del fabricante.							
13	De utilizarse fibra de refuerzo la cantidad utilizada esta de acuerdo a las especificaciones de diseño y a las instrucciones del fabricante.							
14	Para colocacion de grout presurizado:							
1)	<i>El grout sin contraccion es colocado dentro de los proximos 10 minutos despues del mezclado con el agua.</i>							
2)	<i>La bomba para colocar el grout presurizado esta en el lugar de trabajo y en buenas condiciones de operacion.</i>							
3)	<i>Tuberia para la liberacion de burbujas aire esta instalada en un nivel sobre el elemento a colar con grout.</i>							
15	Para colocacion de grout por metodo de rebalse ("cola de pato") en caso no se cuente con bomba para grout presurizado:							
1)	<i>La zona de rebalse esta sobre el nivel superior del elemento a colar con grout.</i>							
2)	<i>El molde esta debidamente sujetado y sellado en la parte inferior, extremos y laterales, dejando nada mas la ventana para la zona de rebalse.</i>							
3)	<i>El grout sin contraccion es colocado dentro de los proximos 10 minutos despues del mezclado con el agua.</i>							
16	Se golpea el molde con un martillo para ayudar a la liberacion de burbujas de aire atrapado.							
17	Se toman muestras de grout en cubos o cilindros para los ensayos respectivos al grout.							
18	Plataforma/andamios de trabajo y accesos estan provistos y son seguros.							
19	El molde y los puntales se retiran hasta que se cumpla el tiempo especificado.							



***Referencia:** colocar numero de hoja de los planos de diseño y/o numero de hoja de los planos taller.

Constructor: _____ Firma: _____

Supervisor Consultor: _____ Firma: _____

Supervision del propietario: _____ Firma: _____

B. Modelo de Reporte (hoja 1/5).

<div><div><div></div><div></div><div></div></div><div>REPORTE DE VISITA DE CAMPO</div></div>	
Hoja No. : 48 - 1	
VISITA DE SEGUIMIENTO DE PARTE DE HOKYO	
NOMBRE DEL PROYECTO : Proyecto Piloto Santa Lucia.	Fecha : 25 / 7 / 2025
PROPOSITO DE LA VISITA : Verificacion de obras.	Hora : 9 : 30
ETAPA ACTUAL DEL PROYECTO : Obras de reforzamiento en sector C y B.	Reportado a : S. Horikoshi Elaborado por : Samuel Ch.
CONDICIONES Y SITUACIONES ENCONTRADAS EN EL PROYECTO	
Condición o Situación	Fotografía
1 Este dia se realizo 2 colados simultaneos: muro de corte del eje A primer nivel del sector B y muro de corte del eje 6 segundo nivle del sector C	   

C. Modelo de Reporte (hoja 2/5).

<p>2</p> <p>Para esta actividad se conto con la presencia de personal de OPAMSS para observar los trabajos. Ademas estuvo presente el constructor y el supervisor del proyecto cada uno con su equipo de laboratorio. Se realizaron ensayos al concreto en campo, como temperatura y revenimiento. La supervision verifico el documento de diseño del concreto, las características esperadas son: $f_c=210\text{kg/cm}^2$, revenimiento 7", temperatura max= 32 grados centigrados, dosificacion: 1:3:2-1/2.</p>	    
--	---


D. Modelo de Reporte (hoja 3/5).

<div>3</div> <div><p>Revenimiento: para los primeros ensayos el revenimiento no era el adecuado inicialmente fue de 5", se pidio al constructor que verifique si la cantidad de agua era la del diseño. Luego se volvio a realizar en otra bachada la prueba de revenimiento pero esta nuevamente fue no satisfactoria; supero las 9". Se le pidio al constructor que controlo y verifique mejor el procedimiento y que se cumpla con lo especificado en el diseño de la mezcla.</p><p>Luego se verifiko que se utilizara la cantidad de grava, arena, cemento y agua; se hizo una bachada mas y se tomo el revenimiento nuevamente, esta vez si fue satisfactorio obteniendo un revenimiento de 6.75" lo cual esta dentro de la tolerancia especificada. Superado la prueba de revenimiento y temperatura se procedio a colar los muros con estas condiciones.</p></div>	<div><div>Revenimiento= 5", no cumple.</div></div> <div><div>Revenimiento mayor a 9", no cumple.</div></div> <div><div>Revenimiento=6.75", cumple.</div></div> <div><div>Revenimiento=6.75", cumple. (Laboratorio constructor)</div></div>
---	--

E. Modelo de Reporte (hoja 4/5)

4	<p>Arriostramiento metalico primer nivel sector C: se ha realizado la colocacion de los arriostramientos, aun esta en proceso de instalacion del resto de elementos como alacran de refuerzo entre lo existente y el arriostramiento. Hasta este momento no existen discrepancias con estos trabajo en e especifico.</p>	 <p>July 25, 2025 10:43 AM</p> <p>July 25, 2025 10:46 AM</p>
5	<p>Arriostramiento metalico segundo nivel sector C: se verifico las condiciones de la soldadura de estos elementos y son deficientes, se recomendo al supervisor que verifique estos trabajos ya que la inspeccion visual dio como resultado unos cordones deficientes tanto en su tamaño, como en su forma y en su acabado. El constructor expreso que corregira estos trabajos antes de continuar.</p>	 <p>July 25, 2025 10:41 AM</p> <p>July 25, 2025 10:42 AM</p>

F. Modelo de Reporte (hoja 5/5)

6	Grout: se ha colocado el grout para los muros del primer nivel del sector C.	
7	Resto de condiciones para el sector B siguen iguales al de la semana pasada.	
Observaciones adicionales: a. Supervisor recomendo al constructor que mejore su control de calidad para los trabajos.		
Firma: Samuel Chinchilla, HOKYO		

G. Modelo de Memorándum

Memorandum de Reunion en Campo			
Hoja No. : ## - ###			
Inspeccion de campo			
Nombre del proyecto	: Ingresar nombre del proyecto	Fecha	:
Objetivo de la Reunion	: Ingresar el objetivo de la reunion realizada	Hora	:
		Remitido a	:
		Preparado por	:
MEMORANDUM			
	Comentario con fotografia	Respuesta	Corrección
1			
2			
3			
Comentarios:			
Firma <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 1.2em; margin-top: 5px;"></div>	Firma <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 1.2em; margin-top: 5px;"></div>		
Ingresar nombre	Ingresar Nombre		



<https://opamss.org.sv>.

