

Evaluación del Comportamiento de los Anclajes Mecánicos para Instalar en Hormigón Endurecido

Informado por el Comité ACI 355

Richard E. Wollmershauser
Presidente

Harry Chambers
Secretario

William H. Alderman
Tarek Aziz
Ranjit L. Bandyopadhyay
Peter J. Carrato
Ronald A. Cook
Rolf Eligehausen

Richard J. Ernst
Herman L. Graves, III
Kevin D. Heinert
Christopher Heinz
Bruce Ireland
Richard E. Klingner

Harry B. Lancelot, III
Alexander Makitka
Lee Mattis
Robert R. McGlohn
Donald F. Meinheit
Francis A. Oluokun

Richard S. Orr
Andrew Rossi
Dan R. Stoppenhagen
Patrick J. E. Sullivan
Harry Wiewel

Nota: Se agradece especialmente a Werner Fuchs por su contribución al desarrollo del presente documento.

ACI 355.2 especifica programas de ensayo y requisitos de evaluación para anclajes mecánicos instalados en hormigón endurecido que se han de utilizar en hormigón conforme a los requisitos de diseño de ACI 318. Se especifican criterios para determinar si los anclajes son aceptables para utilizar exclusivamente en hormigón no fisurado o si son aceptables tanto en hormigón no fisurado como en hormigón fisurado. Se establecen categorías de comportamiento para los anclajes, así como criterios para asignar los anclajes a cada una de las categorías. ACI 318 utiliza las categorías de comportamiento de los anclajes para asignar factores de reducción de la capacidad y otros parámetros de diseño.

Palabras Clave: anclajes; anclajes de expansión; anclajes instalados en hormigón endurecido; anclajes mecánicos; anclajes rebajados; hormigón fisurado; sujetadores.

TABLA DE CONTENIDOS

Capítulo 1 – Campo de validez, p. 355.2-2

Capítulo 2 – Definiciones y Simbología, p. 355.2-3

- 2.1 – Definiciones
- 2.2 – Simbología

Capítulo 3 – Importancia y aplicación, p. 355.2-7

Capítulo 4 – Requisitos para la identificación de los anclajes, p. 355.2-7

- 4.1 – Determinación de las características críticas de los anclajes
- 4.2 – Especificación de las características críticas de los anclajes
- 4.3 – Verificación de la conformidad con los planos y especificaciones técnicas

Capítulo 5 – Requisitos generales, p. 355.2-8

- 5.1 – Secuencia de los ensayos
- 5.2 – Muestras a ensayar
- 5.3 – Ensayos realizados por el fabricante
- 5.4 – Modificación de un producto

Capítulo 6 – Requisitos para las muestras a ensayar, instalación de los anclajes y realización de los ensayos, p. 355.2-11

- 6.1 – Hormigón para los elementos a ensayar
- 6.2 – Instalación de los anclajes
- 6.3 – Métodos de ensayo
- 6.4 – Ensayos en hormigón fisurado
- 6.5 – Requisitos generales para el comportamiento de los anclajes

Capítulo 7 – Ensayos de referencia, p. 355.2-17

- 7.1 – Propósito
- 7.2 – Ensayos de tracción de referencia para anclajes individuales no afectados por la influencia de los bordes o la separación
- 7.3 – Cálculos requeridos utilizando los resultados de los ensayos de referencia

Capítulo 8 – Ensayos de confiabilidad, p. 355.2-17

- 8.1 – Propósito
- 8.2 – Ensayos de confiabilidad utilizando esfuerzo de instalación reducido
- 8.3 – Ensayos de confiabilidad en hormigón de baja resistencia con broca grande

* ACI 355.2-01 entró en vigencia el 12 de Enero de 2002.
Copyright © 2002, American Concrete Institute.
Todos los derechos reservados.

- 8.4 – Ensayos de confiabilidad en hormigón de alta resistencia con broca pequeña
- 8.5 – Ensayos de confiabilidad bajo cargas repetitivas
- 8.6 – Ensayos de confiabilidad en fisuras en las cuales el ancho varía cíclicamente

Capítulo 9 – Ensayos bajo condiciones de servicio, p. 355.2-20

- 9.1 – Propósito
- 9.2 – Condiciones generales de ensayo
- 9.3 – Ensayo de tracción bajo condiciones de servicio para un anclaje individual próximo a dos bordes (anclaje en esquina)
- 9.4 – Ensayo bajo condiciones de servicio para mínima distancia al borde y mínima separación
- 9.5 – Ensayo de corte bajo condiciones de servicio para anclajes individuales no afectados por los efectos de borde y separación
- 9.6 – Ensayos de tracción sísmica simulada bajo condiciones de servicio
- 9.7 – Ensayos de corte sísmico simulado bajo condiciones de servicio

Capítulo 10 – Establecimiento de las categorías de los anclajes, p. 355.2-23

Capítulo 11 – Presentación de los datos de los anclajes, p. 355.2-23

- 11.1 – Análisis de datos
- 11.2 – Formato de la hoja de especificaciones técnicas
- 11.3 – Requisitos generales
- 11.4 – Contenido del informe de evaluación

Capítulo 12 – Requisitos para las agencias independientes de ensayo y evaluación, p. 355.2-24

Capítulo 13 – Referencias, p. 355.2-24

- 13.1 – Normas de referencia

Apéndice A1 – Requisitos para la normalización de los resultados, p. 355.2-25

- A1.1 – Normalización de las capacidades para tomar en cuenta las resistencias del hormigón y el acero
- A1.2 – Falla por hendimiento o desprendimiento del hormigón
- A1.3 – Fallas por arrancamiento del anclaje o del cuerpo del anclaje
- A1.4 – Falla del acero

Apéndice A2 – Requisitos para establecer capacidades características, p. 355.2-25

- A2.1 – Campo de validez
- A2.2 – Procedimiento

Apéndice A3 – Requisitos para los elementos de hormigón a utilizar en los ensayos, p. 355.2-26

- A3.1 – Ensayos en hormigón no fisurado
- A3.2 – Ensayos en hormigón fisurado
- A3.3 – Colado y curado de los elementos de hormigón

CAPÍTULO 1 – CAMPO DE VALIDEZ

1.1 ACI 355.2 especifica requisitos para el ensayo y la evaluación de anclajes mecánicos instalados en hormigón endurecido que se han de utilizar en hormigón que satisface los requisitos de diseño de ACI 318, *Building Code Requirements for Structural Concrete*. Se especifican criterios para determinar si los anclajes son aceptables para utilizar exclusivamente en hormigón no fisurado o si son aceptables tanto en hormigón no fisurado como en hormigón fisurado. Se establecen criterios para determinar la categoría de comportamiento a la cual se debe asignar cada anclaje. ACI 318 utiliza las categorías de comportamiento de los anclajes para asignar factores de reducción de la capacidad y otros parámetros de diseño.

1.2 ACI 355.2 describe los ensayos requeridos para calificar un anclaje o sistema de anclajes instalados en hormigón endurecido para su uso conforme a los requisitos de ACI 318.

1.3 ACI 355.2 se aplica exclusivamente a los anclajes mecánicos (anclajes de expansión de torque controlado, anclajes de expansión de desplazamiento controlado y anclajes rebajados) instalados en hormigón endurecido que se colocan en orificios preperforados y se anclan en el hormigón mediante medios mecánicos.

1.4 ACI 355.2 se aplica exclusivamente a los anclajes cuyo diámetro nominal es mayor o igual que 1/4 in. (6 mm).

1.5 Los valores expresados ya sea en el sistema pulgada-libra o en el Sistema Internacional se han de considerar separadamente. En el presente documento las unidades del Sistema Internacional se indican entre paréntesis. Los valores de ambos sistemas no son equivalentes exactos; por lo tanto, cada sistema se debe utilizar en forma independiente. La combinación de valores de ambos sistemas podría resultar en un incumplimiento de la norma ACI 355.2.

CAPÍTULO 2 – DEFINICIONES Y SIMBOLOGÍA

2.1 – Definiciones

2.1.1 Categoría del anclaje – Clasificación de un anclaje que se establece en base al comportamiento del anclaje en ensayos de confiabilidad (ver Sección 10.0).

2.1.2 Grupo de anclajes – Número de anclajes que tienen aproximadamente la misma profundidad embebida efectiva, estando cada anclaje separado menos de tres veces su profundidad embebida de uno o más anclajes adyacentes.

2.1.3 Sistema de anclaje – Conjunto de anclajes similares que varían solamente en cuanto a su diámetro o profundidad embebida; línea de productos de un mismo fabricante.

2.1.4 Valor característico – Fractil 5% (valor cuya probabilidad de ser excedido es del 95%, con una confianza del 90%).

2.1.5 Falla por desprendimiento del hormigón – Falla de un borde o cono de hormigón debido a la instalación del anclaje o a las cargas aplicadas, ya sea en tracción o corte.

2.1.6 Hormigón fisurado – Elemento a ensayar en el cual el ancho de las fisuras es uniforme en toda la profundidad del hormigón.

2.1.7 Anclaje de expansión de desplazamiento controlado – Anclaje instalado en hormigón endurecido que deriva su resistencia a la tracción por expansión contra los lados del orificio perforado por movimiento de un tapón interno en su camisa o por movimiento de la camisa sobre un elemento de expansión (tapón) (ver Figura 2.1). Una vez instalado ya no puede ocurrir expansión adicional.

2.1.8 Falla por arrancamiento del anclaje – Modo de falla en el cual el anclaje es arrancado del hormigón sin que falle el acero y sin que falle un cono de hormigón a la profundidad embebida que ha sido instalado. El anclaje puede desplazarse hacia la superficie, resultando en la falla de un cono de hormigón a una carga que no es consistentemente repetible.

2.1.9 Falla por arrancamiento del cuerpo del anclaje – Modo de falla en el cual el cuerpo del anclaje es arrancado del mecanismo de expansión sin que se desarrolle la totalidad de la capacidad del hormigón.

2.1.10 Instalación de un anclaje – Proceso de expandir un anclaje en un orificio perforado.

2.1.11 Falla por hendimiento – Modo de falla del hormigón en el cual el hormigón se fractura a lo largo de un plano que atraviesa el eje del anclaje o los anclajes.

2.1.12 Estadísticamente equivalentes – Dos grupos de resultados de ensayos se considerarán estadísticamente equivalentes si no hay diferencias significativas entre los promedios o entre las desviaciones estándares de ambos grupos. La equivalencia estadística de los promedios de dos grupos se deberá evaluar usando una prueba *t* unilateral con una confianza del 90%.

2.1.13 Falla del acero – Modo de falla que se caracteriza por la fractura de las partes de acero del anclaje que transmiten cargas de tracción, cargas de corte o cargas de tracción y corte al punto donde las cargas se introducen en el hormigón.

2.1.14 Serie de ensayos – Conjunto de ensayos que tienen los mismos parámetros de ensayo.

2.1.15 Anclaje de expansión de torque controlado – Anclaje de expansión instalado en hormigón endurecido que deriva su resistencia a la tracción de la expansión de una o más camisas u otros elementos contra los lados del orificio perforado mediante la aplicación de torque, que tira el cono o los conos hacia la camisa o las camisas de expansión (ver Figura 2.2). Una vez instalado la carga de tracción puede provocar una expansión adicional.

2.1.16 Hormigón no fisurado – En estos ensayos, se anticipa que los elementos de hormigón permanecerán sin fisurar a menos que la fisuración sea parte del modo de falla del anclaje.

2.1.17 Anclaje rebajado – Anclaje instalado en hormigón endurecido que deriva su resistencia a la tracción gracias a la trabazón mecánica proporcionada por una muesca rebajada en el hormigón, la cual se materializa utilizando una herramienta especial o bien es cortada por el propio anclaje durante su instalación (ver Figura 2.3).

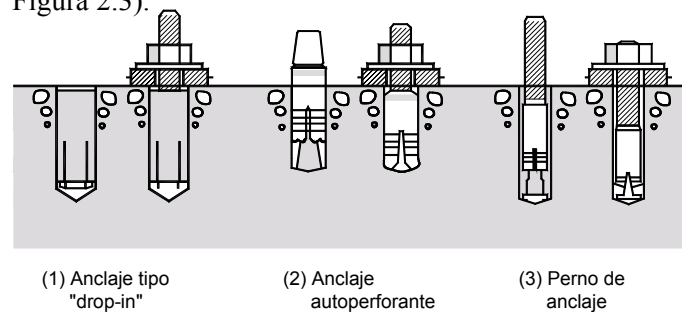


Figura 2.1 – Ejemplos de anclajes de expansión de desplazamiento controlado

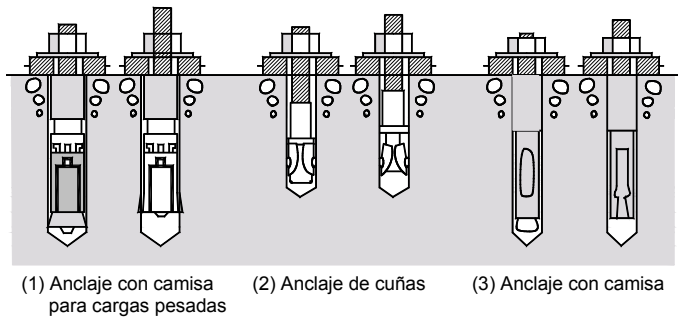


Figura 2.2 – Ejemplos de anclajes de expansión de torque controlado

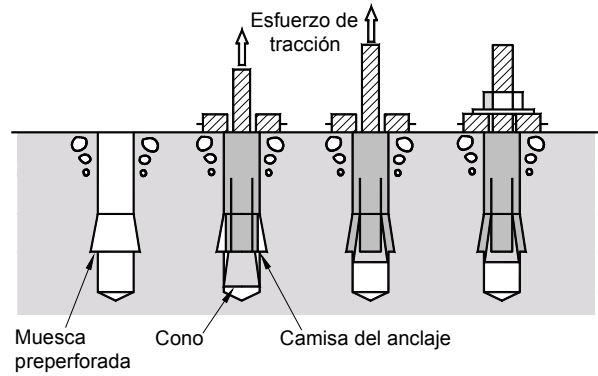


Figura 2.3(a) – Anclaje rebajado Tipo 1: Anclaje de carga controlada que se instala traccionando el anclaje y provocando que la camisa se expanda en la muesca rebajada preperforada

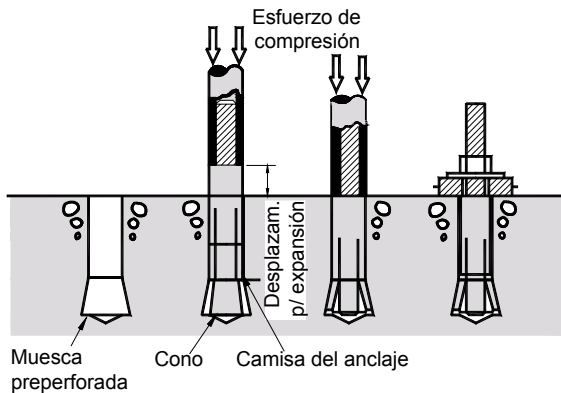


Figura 2.3(b) – Anclaje rebajado Tipo 2: Anclaje de desplazamiento controlado que se instala en una muesca rebajada preperforada martillando la camisa sobre el cono

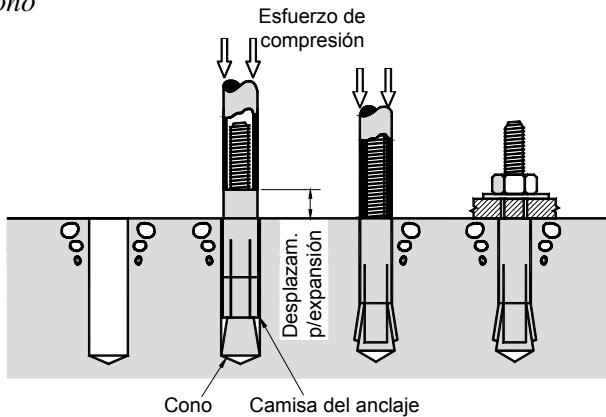


Figura 2.3(d) – Anclaje rebajado Tipo 4: Anclaje de desplazamiento controlado que corta su propia muesca al ser instalado martillando la camisa sobre el cono

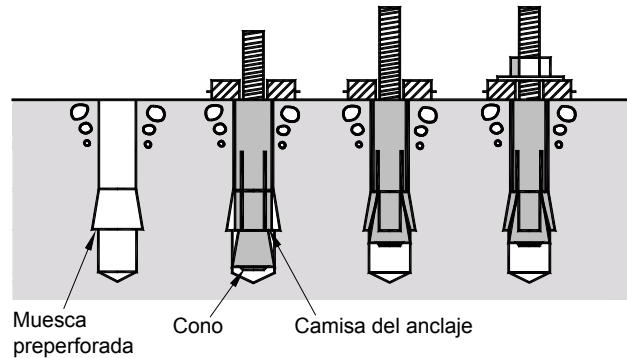


Figura 2.3(c) – Anclaje rebajado Tipo 3: Anclaje de desplazamiento controlado que se instala en una muesca rebajada preperforada tirando del cono hacia arriba y provocando que la camisa se expanda hacia la muesca

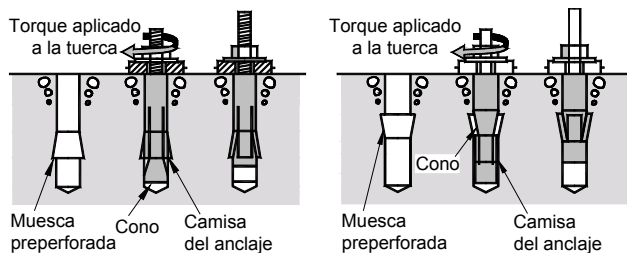


Figura 2.3(e) – Anclaje rebajado Tipo 5: Anclaje de torque controlado que se instala en una muesca preperforada aplicando torque para forzar la camisa sobre el cono (se ilustran dos ejemplos)

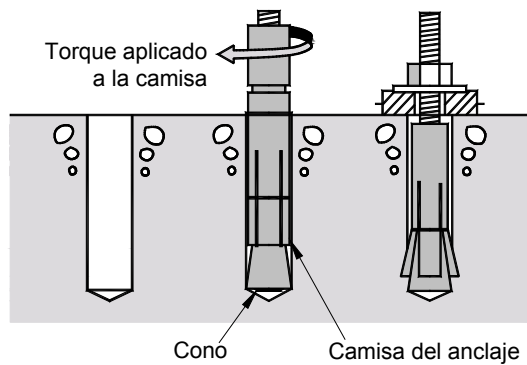


Figura 2.3(f) – Anclaje rebajado Tipo 6: Anclaje de torque controlado que corta su propia muesca al aplicar un torque de instalación que fuerza la camisa sobre el cono

2.2 – SIMBOLOGÍA

- A_N = área proyectada de la superficie de falla para un anclaje o grupo de anclajes, aproximada como la base de la pirámide que resulta de proyectar hacia fuera la superficie de falla $1,5h_{ef}$ a partir del eje del anclaje o, en el caso de un grupo de anclajes, a partir de una línea que atraviesa los ejes de una fila de anclajes adyacentes (Figura 2.4); no se debe adoptar mayor que nA_{NO} , in.² (mm²)
- A_{NO} = área proyectada de la superficie de falla de un único anclaje alejado de los bordes: $9h_{ef}^2$ (ver Figura 2.5), in.² (mm²)
- A_{se} = área traccionada efectiva del anclaje, in.² (mm²)
- c_{min} = mínima distancia al borde admisible determinada a partir de ensayos e indicada en las especificaciones técnicas del fabricantes, in. (mm)
- d_m = diámetro de una broca con punta de carburo cuyo diámetro se encuentra en el extremo inferior del rango de tolerancias de los diámetros correspondientes a brocas nuevas, lo cual representa una broca con uso moderado, in. (mm)
- d_{max} = diámetro de una broca con punta de carburo cuyo diámetro se encuentra en el extremo superior del rango de tolerancias de los diámetros correspondientes a brocas nuevas, lo cual representa la broca más grande anticipada, in. (mm)

- d_{min} = diámetro de una broca con punta de carburo cuyo diámetro se encuentra por debajo del extremo inferior del rango de tolerancias de los diámetros correspondientes a brocas nuevas, lo cual representa una broca que ya tiene bastante uso, in. (mm)
- d_o = diámetro exterior del anclaje instalado en hormigón endurecido, in. (mm)
- $f_{c,mi}$ = resistencia a la compresión del hormigón para la cual se han de normalizar los resultados de los ensayos de la Serie i utilizando la Ecuación A1.1, lb/in² (MPa)
- $f_{c,ensayo,i}$ = resistencia media a la compresión del hormigón medida con probetas cilíndricas estándares, para el hormigón de la Serie de Ensayos i , lb/in² (MPa)
- f_{ut} = resistencia a la tracción última especificada del acero del anclaje, lb/in² (MPa)
- $f_{u,ensayo}$ = resistencia última a la tracción (media) del acero del anclaje determinada mediante ensayos, lb/in² (MPa)
- f_y = tensión de fluencia especificada del acero del anclaje, lb/in² (MPa)
- $F_{m,i}$ = capacidad media normalizada de la Serie de Ensayos i calculada usando la Ecuación (A1.1), lb (N)
- F_{ut} = capacidad normalizada del anclaje, lb (N)
- $F_{u,ensayo,i}$ = capacidad media del anclaje determinada a partir de la Serie de Ensayos i , lb (N)
- $F_{5\%}$ = capacidad característica de una serie de ensayos, calculada de acuerdo con el Apéndice A2, lb (N)
- h = espesor del elemento estructural en el cual se instala un anclaje, medido en forma perpendicular a la superficie de hormigón en el punto en el cual se instala el anclaje, in. (mm)
- h_{ef} = profundidad embebida efectiva, medida desde la superficie del hormigón hasta el punto más profundo en el cual la carga de tracción del anclaje se transfiere al hormigón (ver Figura 2.6), in. (mm)
- h_{min} = espesor mínimo del elemento según lo especificado por el fabricante del anclaje, in. (mm)
- k = factor de efectividad, cuyo valor depende

| | |
|------------|---|
| | del tipo de anclaje |
| K | = constante estadística (factor de tolerancia unilateral) utilizada para establecer el fractil 5% con una confianza del 90% y cuyo valor depende del número de ensayos (Apéndice A2) |
| n | = número de anclajes en una serie de ensayos; también número de anclajes que forman parte de un grupo |
| N | = esfuerzo normal (generalmente de tracción), lb (N) |
| N_b | = capacidad de tracción característica de un anclaje con un modo de falla del hormigón (fractil 5% de los resultados de ensayo), lb (N) |
| $N_{b,o}$ | = capacidad característica en ensayos de referencia, lb (N) |
| $N_{b,r}$ | = capacidad característica en ensayos de confiabilidad, lb (N) |
| N_{eq} | = máxima carga de tracción sísmica de ensayo, igual al 50% de la capacidad media de tracción en hormigón fisurado obtenida de ensayos de referencia, lb (N) |
| N_k | = menor capacidad característica obtenida en ensayos de referencia realizados en hormigón no fisurado para fallas del hormigón, del acero o por arrancamiento del anclaje correspondiente a la resistencia del hormigón del elemento ensayado, lb (N) |
| N_p | = capacidad característica contra el arrancamiento del anclaje o del cuerpo del anclaje (fractil 5% de los resultados de ensayo), lb (N) |
| N_{st} | = capacidad característica de tracción del acero de un anclaje, lb (N) |
| N_u | = carga última medida en un ensayo de tracción, lb (N) |
| N_w | = carga de tracción en ensayos realizados en fisuras cuyo ancho varía cíclicamente, lb (N) |
| N_l | = mínima carga de tracción por encima de la cual son aceptables las variaciones en la curva carga-desplazamiento, de acuerdo con lo especificado en el Artículo 6.5.1.1, lb (N) |
| $N_{10\%}$ | = carga al 10% de la carga última medida en el ensayo de tracción, lb (N) |

| | |
|-----------------|---|
| $N_{30\%}$ | = carga al 30% de la carga última medida en el ensayo de tracción, lb (N) |
| s_{min} | = mínima separación utilizada en la Tabla 5.1, Ensayo 8, y la Tabla 5.2, Ensayo 10, in. (mm) |
| T | = torque aplicado en un ensayo, ft-lb (N·m) |
| T_{inst} | = torque de instalación máximo o especificado para la expansión o pretensado de un anclaje, ft-lb (N·m) |
| V_{eq} | = máxima carga de corte cíclico en los ensayos de corte sísmico, determinada por cálculo o ensayo, lb (N) |
| V_{st} | = capacidad de corte característica para la falla del acero, lb (N) |
| w | = ancho de la abertura de las fisuras, in. (mm) |
| Δw | = cambio del ancho de la abertura de las fisuras, in. (mm) |
| $\Delta_{10\%}$ | = desplazamiento medido al 10% de la carga última en un ensayo de tracción, lb (N) |
| $\Delta_{30\%}$ | = desplazamiento medido al 30% de la carga última en un ensayo de tracción, lb (N) |

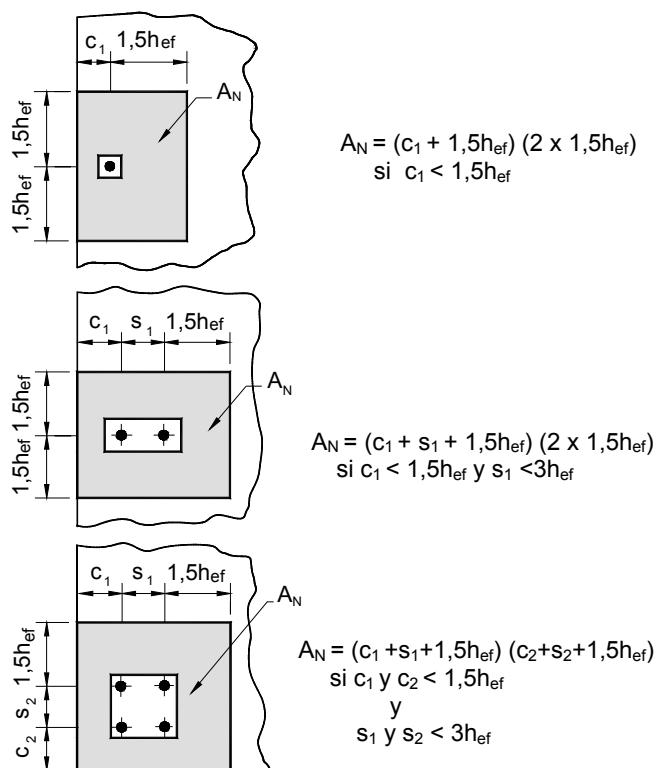


Figura 2.4 – Áreas proyectadas A_N para anclajes individuales y grupos de anclajes

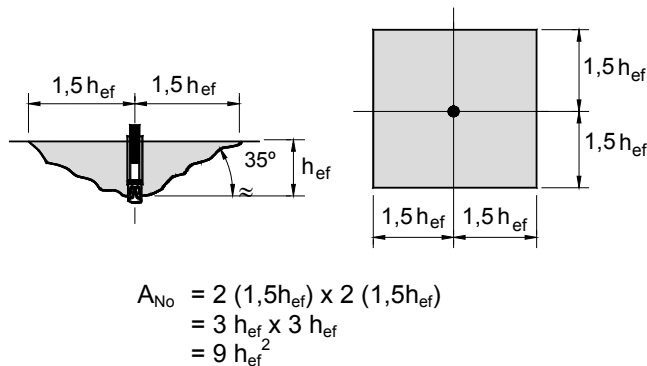


Figura 2.5 – Área proyectada A_{No} para un anclaje individual

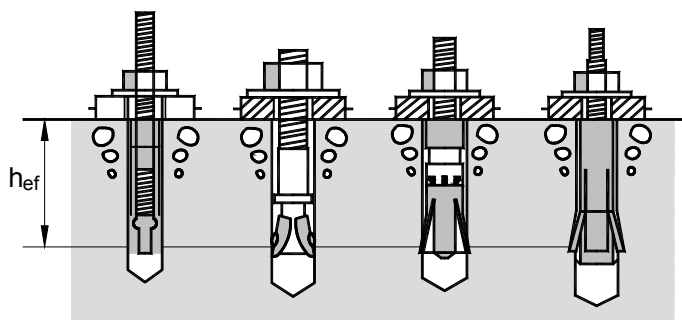


Figura 2.6 – Profundidad embebida efectiva

- β = rigidez axial del anclaje en el rango de carga de servicio, lb/in. (kN/mm)
- ϕ_{IR} = factor de reducción de la capacidad desarrollado a partir de ensayos para determinar la confiabilidad de la instalación
- ν = coeficiente de variación de la muestra (desviación estándar dividida por la media) expresada como fracción decimal o porcentaje

CAPÍTULO 3 – IMPORTANCIA Y APLICACIÓN

3.1 – ACI 355.2 se aplica a los anclajes mecánicos para instalar en hormigón endurecido que se han de utilizar en aplicaciones estructurales de acuerdo con ACI 318 y solicitados por cargas estáticas o sísmicas de tracción, corte o combinaciones de tracción y corte. En las Figuras 2.1, 2.2 y 2.3 se ilustran anclajes para los cuales es aplicable. Esta norma no es aplicable a los anclajes cargados en compresión si el mecanismo de expansión también está cargado en compresión, ni tampoco a los anclajes sujetos a cargas de fatiga de larga duración. Se anticipa que los anclajes que satisfacen los requisitos de ACI 355.2 soportarán sus cargas de diseño (tracción, corte, o combinaciones de tracción y corte) y

simultáneamente proporcionarán una rigidez adecuada. Los requisitos de ACI 355.2 referentes a la clasificación de los anclajes para aplicaciones sísmicas no simulan el comportamiento de los anclajes en las zonas de formación de rótulas plásticas de las estructuras de hormigón armado.

CAPÍTULO 4 – REQUISITOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS ANCLAJES

4.1 – Determinación de las características críticas de los anclajes

El fabricante de los anclajes, consultando con la agencia independiente de ensayo y evaluación (Sección 12.0), deberá determinar las características que afectan la identificación y el comportamiento del anclaje evaluado. Aunque no se limitan exclusivamente a las listadas, estas características pueden incluir las dimensiones, materiales constitutivos, acabados superficiales, recubrimientos, técnicas de fabricación y marcación de los anclajes y sus componentes.

4.2 – Especificación de las características críticas de los anclajes

El fabricante deberá incluir en los planos y especificaciones técnicas del anclaje aquellas características que se consideren críticas.

4.3 – Verificación de la conformidad con los planos y especificaciones técnicas

4.3.1 Dimensiones – Las dimensiones que se consideren críticas (Sección 4.1) deberán ser verificadas por la agencia independiente de ensayo y evaluación (Sección 12.0) para determinar su conformidad con los planos y especificaciones técnicas (Sección 4.2).

4.3.2 Materiales constitutivos – Los materiales constitutivos que se consideren críticos (Sección 4.1) deberán ser verificados por la agencia independiente de ensayo y evaluación (Sección 12.0) para determinar su conformidad con las especificaciones mecánicas y químicas (Sección 4.2) utilizando para los aceros informes de ensayo en planta certificados y usando documentos certificados similares para los demás materiales.

4.3.3 Acabados superficiales – Los acabados superficiales que se consideren críticos (Sección 4.1) deberán ser verificados por la agencia independiente de ensayo y evaluación (Sección 12.0) para determinar su conformidad con los planos y especificaciones técnicas (Sección 4.2). Esta verificación puede incluir características tales como dureza superficial o rugosidad.

4.3.4 Recubrimientos – Los recubrimientos que se consideren críticos (Sección 4.1) deberán ser verificados por la agencia independiente de ensayo y evaluación (Sección 12.0) para determinar su conformidad con los planos y especificaciones técnicas (Sección 4.2). Esta verificación puede incluir características tales como espesor del recubrimiento o dureza superficial.

4.3.5 Técnicas de fabricación – Las técnicas de fabricación que se consideren críticas (Sección 4.1) deberán ser verificadas por la agencia independiente de ensayo y evaluación (Sección 12.0) para determinar su conformidad con los planos y especificaciones técnicas (Sección 4.2). Estas técnicas de fabricación pueden incluir técnicas de maquinado (por ejemplo, laminado en frío versus maquinado) o tratamiento superficial [por ejemplo, tratamiento térmico o granallado (shot-peening)].

4.3.6 Marcas – Las marcas que se consideren críticas (Sección 4.1) deberán ser verificadas por la agencia independiente de ensayo y evaluación (Sección 12.0) para determinar su conformidad con los planos y especificaciones técnicas (Sección 4.2).

4.3.7 Control de la calidad – Los anclajes se deberán fabricar bajo un sistema de calidad certificado que satisfaga los requisitos del sistema de gerenciamiento de la calidad ISO 9000 o de una norma nacional equivalente. Los fabricantes deberán someterse a una evaluación de su conformidad por parte de un registro de sistemas de calidad acreditado, y deberán mantener una certificación o registro de conformidad con dicha norma.

CAPÍTULO 5 – REQUISITOS GENERALES

5.1 – Secuencia de los ensayos

Realizar cuatro tipos de ensayos respetando la siguiente secuencia:

1. Ensayos de identificación para evaluar el cumplimiento del anclaje con las características críticas determinadas en la Sección 4.1;
2. Ensayos de referencia para establecer el comportamiento base contra el cual se han de comparar los ensayos subsiguientes (Sección 7.0);
3. Ensayos de confiabilidad para confirmar la confiabilidad del anclaje bajo procedimientos de instalación y condiciones de uso adversas a largo plazo (Sección 8.0);
4. Ensayos bajo condiciones de servicio para evaluar el comportamiento del anclaje bajo las condiciones de servicio anticipadas (Sección 9.0).

Los requisitos de ensayo se resumen en las Tablas 5.1 y 5.2. Determinar la aceptabilidad o no aceptabilidad del anclaje utilizando los criterios especificados en las Secciones 4.0, 7.0, 8.0 y 9.0. Determinar la categoría del anclaje (un índice de la sensibilidad del anclaje frente a las condiciones de instalación y uso) aplicando los criterios especificados en la Sección 10.0. Informar la menor categoría por diámetro como se indica en la Sección 11.0. Para los anclajes con múltiples profundidades embebidas ver la Tabla 6.7.

5.2 – Muestras a ensayar

La agencia independiente de ensayo y evaluación (Sección 12.0) deberá visitar las instalaciones del fabricante o distribuidor, seleccionar aleatoriamente anclajes para ser ensayados y verificar que las muestras sean representativas de los productos suministrados por el fabricante al mercado. Para ensayar anclajes de desarrollo reciente que aún no están en producción, utilizar muestras producidas utilizando los mismos métodos de fabricación anticipados. Una vez que haya comenzado la producción, realizar ensayos de identificación y referencia para verificar que los materiales constitutivos no hayan variado y que el comportamiento de los anclajes producidos sea estadísticamente equivalente al de los anclajes evaluados originalmente. Ver la Sección 2.1.12.

5.2.1 Si entregan anclajes roscados internamente sin los elementos de sujeción necesarios tales como los bulones, el fabricante deberá especificar los bulones a utilizar. Para obtener la falla por desprendimiento del hormigón para comparar con la Ecuación (7-1) estará permitido utilizar bulones de mayor resistencia que los especificados, siempre que dichos bulones no modifiquen el funcionamiento, la instalación ni la expansión posterior de los anclajes.

5.2.2 Realizar ensayos de referencia y confiabilidad independientes de acuerdo con las Tablas 5.1 o 5.2 para cada material y método de fabricación de los anclajes. Si los resultados de los ensayos de referencia y confiabilidad para cada material y método de fabricación son estadísticamente equivalentes (Artículo 2.1.12), estará permitido realizar los ensayos bajo condiciones de servicio de la Tabla 5.1 (Ensayos 7, 8 y 9) y de la Tabla 5.2 (Ensayos 9, 10 y 11) solamente para un material y método de fabricación. Caso contrario, realizar la totalidad del programa de ensayos para cada material y método de fabricación utilizado para producir los anclajes.

Tabla 5.1 – Programa de ensayos para evaluar sistemas de anclaje que se utilizarán en hormigón no fisurado

| Ensayo No. | Referencia | Propósito | Descripción | Resistencia del hormigón | Espesor del elemento | Diámetro de la broca | Mín. tamaño de la muestra,* <i>n</i> |
|---|------------------|--|--|--------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|
| <i>Ensayos de Referencia</i> | | | | | | | |
| 1 | 7,2 | Hormigón de baja resistencia | Tracción – Anclaje individual alejado de los bordes | Baja | $\geq h_{\min}$ | d_m | 5 |
| 2 | 7,2 | Hormigón de alta resistencia | Tracción – Anclaje individual alejado de los bordes | Alta | $\geq h_{\min}$ | d_m | 5 |
| <i>Ensayos de Confiabilidad</i> | | | | | | | |
| 3 | 8,2 | Sensibilidad frente a un esfuerzo de instalación reducido | Tracción – Anclaje individual alejado de los bordes | Varía según el tipo de anclaje | $\geq h_{\min}$ | d_m^{\dagger} | 5 |
| 4 | 8,3 | Sensibilidad frente a un orificio de diámetro grande | Tracción – Anclaje individual alejado de los bordes | Baja | $\geq h_{\min}$ | d_{\max} | 5 |
| 5 | 8,4 | Sensibilidad frente a un orificio de diámetro pequeño | Tracción – Anclaje individual alejado de los bordes | Alta | $\geq h_{\min}$ | d_{\min} | 5 |
| 6 | 8,5 | Confiabilidad bajo carga repetitiva | Tracción repetitiva – Anclaje individual alejado de los bordes, capacidad residual | Baja | $\geq h_{\min}$ | d_m | 5 [‡] |
| <i>Ensayos bajo Condiciones de Servicio</i> | | | | | | | |
| 7 | 9,3 | Verificación de la capacidad plena del hormigón en esquina con bordes a $1,5 h_{ef}$ | Tracción – Anclaje individual en esquina con bordes a $1,5 h_{ef}$ | Baja | h_{\min} | d_m | 4 |
| 8 | 9,4 | Mínima separación y distancia al borde para evitar el hendimiento durante la instalación | Elevada tensión de instalación (por torque o directa) – Dos anclajes próximos a un borde | Baja | h_{\min} | d_m | 5 |
| 9 | 9,5 [§] | Capacidad de corte del acero | Corte – Anclaje individual alejado de los bordes | Baja | $\geq h_{\min}$ | d_m | 5 |

* Todos los diámetros a menos que se especifique lo contrario.

† Los diámetros de perforación para las muescas rebajadas son diferentes y se indican en la Tabla 6.6.

‡ Ensayar anclajes del diámetro menor, medio y mayor.

§ Requerido sólo para anclajes en los cuales el área de la sección transversal, a una distancia menor o igual que cinco diámetros del anclaje a partir del plano de falla por corte, es menor que la de un bulón roscado que tiene el mismo diámetro nominal que el anclaje; o para anclajes con camisa si se ha de considerar la capacidad de la camisa.

Tabla 5.2 – Programa de ensayos para evaluar sistemas de anclaje que se utilizarán en hormigón fisurado y no fisurado

| Ensayo No. | Referencia | Propósito | Descripción | Abertura de la fisura w , in. | Resistencia del hormigón | Espesor del elemento | Diámetro de la broca | Mín. tamaño de la muestra,* n |
|---|------------|--|--|---------------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------|
| <i>Ensayos de Referencia</i> | | | | | | | | |
| 1 | 7.2 | Ensayo de referencia en hormigón de baja resistencia no fisurado | Tracción – Anclaje individual alejado de los bordes | — | Baja | $\geq h_{\min}$ | d_m | 5 |
| 2 | 7.2 | Ensayo de referencia en hormigón de alta resistencia no fisurado | Tracción – Anclaje individual alejado de los bordes | — | Alta | $\geq h_{\min}$ | d_m | 5 |
| 3 | 7.2 | Ensayo de referencia en hormigón de baja resistencia fisurado | Tracción – Anclaje individual alejado de los bordes | 0,012 | Baja | $\geq h_{\min}$ | d_m | 5 |
| 4 | 7.2 | Ensayo de referencia en hormigón de alta resistencia fisurado | Tracción – Anclaje individual alejado de los bordes | 0,012 | Alta | $\geq h_{\min}$ | d_m | 5 |
| <i>Ensayos de Confiabilidad</i> | | | | | | | | |
| 5 | 8.2 | Sensibilidad frente a un esfuerzo de instalación reducido | Tracción – Anclaje individual alejado de los bordes | 0,012 | Varía según el tipo de anclaje | $\geq h_{\min}$ | d_m^{\dagger} | 5 |
| 6 | 8.3 | Sensibilidad frente al ancho de fisura y orificio de diámetro grande | Tracción – Anclaje individual alejado de los bordes | 0,020 | Baja | $\geq h_{\min}$ | d_{\max} | 5 |
| 7 | 8.4 | Sensibilidad frente al ancho de fisura y orificio de diámetro pequeño | Tracción – Anclaje individual alejado de los bordes | 0,020 | Alta | $\geq h_{\min}$ | d_{\min} | 5 |
| 8 | 8.6 | Ensayo en fisuras cuyo ancho varía cíclicamente | Tracción sostenida – Anclaje individual alejado de los bordes, capacidad residual | 0,004 a 0,012 | Baja | $\geq h_{\min}$ | d_{\max}^{\S} | 5 |
| <i>Ensayos bajo Condiciones de Servicio</i> | | | | | | | | |
| 9 | 9.3 | Verificación de la capacidad plena del hormigón en esquina con bordes a $1,5 h_{ef}$ | Tracción – Anclaje individual en esquina con bordes a $1,5 h_{ef}$ | — | Baja | h_{\min} | d_m | 4 |
| 10 | 9.4 | Mínima separación y distancia al borde para evitar el hendimiento durante la instalación en hormigón no fisurado | Elevada tensión de instalación (por torque o directa) – Dos anclajes próximos a un borde | — | Baja | h_{\min} | d_m | 5 |
| 11 | 9.5 | Capacidad de corte del acero en hormigón no fisurado \ddagger | Corte – Anclaje individual alejado de los bordes | — | Baja | $\geq h_{\min}$ | d_m | 5 |
| 12 | 9.6 | Tracción sísmica | Tracción pulsante – Anclaje individual alejado del borde libre | 0,020 | Baja | $\geq h_{\min}$ | d_m | 5 |
| 13 | 9.7 | Corte sísmico | Corte alternante – Anclaje individual alejado del borde libre | 0,020 | Baja | $\geq h_{\min}$ | d_m | 5 |

* Todos los diámetros a menos que se especifique lo contrario.

\dagger Los diámetros de perforación para las muescas rebajadas son diferentes y se indican en la Tabla 6.6.

\ddagger Requerido sólo para anclajes en los cuales el área de la sección transversal, a una distancia menor o igual que cinco diámetros del anclaje a partir del plano de falla por corte, es menor que el área de un bulón roscado que tiene el mismo diámetro nominal que el anclaje; o para anclajes con camisa si se ha de considerar la capacidad de la camisa.

\S En los ensayos para anclajes rebajados utilizar d_m

5.2.3 Los tamaños de muestra indicados en las Tablas 5.1 y 5.2 son valores mínimos. A discreción de la agencia independiente de ensayo y evaluación estará permitido aumentar el tamaño de la muestra.

5.3 – Ensayos realizados por el fabricante

Todos los ensayos de referencia y confiabilidad deberán ser realizados por la agencia independiente de ensayo y evaluación (Sección 12.0). No estará permitido que más del 50% de los ensayos bajo condiciones de servicio requeridos por ACI 355.2 sean realizados por el fabricante. Todos estos ensayos deberán ser realizados con un laboratorio de ensayo o un ingeniero independiente que satisfaga los requisitos de la Sección 12.0 como testigo. Los ensayos realizados por el fabricante sólo se considerarán en la evaluación si los resultados obtenidos son estadísticamente equivalentes a los resultados obtenidos por la agencia independiente de ensayo y evaluación.

5.4 – Modificación de un producto

Antes de modificar un anclaje el fabricante deberá informar la naturaleza e importancia de la modificación a la agencia independiente de ensayo y evaluación (Sección 12.0), la cual deberá determinar cuáles ensayos se han de realizar, si es que es necesario realizar algún ensayo. Para todas las modificaciones que pudieran afectar el comportamiento del anclaje, realizar los ensayos de referencia y los ensayos de confiabilidad. Si los resultados de los ensayos realizados sobre el producto modificado son estadísticamente equivalentes a aquellos obtenidos para los productos originalmente ensayados no se requerirán ensayos adicionales. Caso contrario, ensayar los productos modificados de acuerdo con las Tablas 5.1 o 5.2.

CAPÍTULO 6 – REQUISITOS PARA LAS MUESTRAS A ENSAYAR, INSTALACIÓN DE LOS ANCLAJES Y REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS

6.1 – Hormigón para los elementos a ensayar

El hormigón utilizado en los ensayos deberá satisfacer los requisitos de las Secciones 6.1 a 6.1.4. Para verificar el comportamiento de un anclaje en un tipo particular de hormigón (por ejemplo, hormigones con resistencias mayores y menores que las indicadas en ACI 355.2), para los ensayos conforme a ACI 355.2 se deberá especificar el mismo tipo de hormigón.

6.1.1 Agregados – Los agregados utilizados para preparar hormigón de peso normal deberán satisfacer la norma ASTM C33; el tamaño máximo de los agregados

deberá ser de 3/4 o 1 in. (19 o 25 mm). Los agregados utilizados para preparar hormigón liviano deberán satisfacer la norma ASTM C 330.

6.1.2 Cemento – Utilizar cemento pórtland conforme a la norma ASTM C 150. La mezcla de hormigón no deberá incluir ningún otro material cementicio (por ejemplo, escoria, ceniza fina, vapores de sílice o caliza pulverizada). Si en el hormigón se utilizan otros materiales cementicios o aditivos, este hecho deberá ser informado.

6.1.3 Resistencia del hormigón – Se deberán ensayar anclajes instalados en elementos de hormigón comprendido en dos rangos de resistencia nominal a la compresión, en base a probetas para determinación de la resistencia a la compresión preparadas y ensayadas de acuerdo con las normas ASTM C 31 y ASTM C 39 (ver Apéndice A3.3.1). Estos rangos de resistencia son los siguientes:

- Hormigón de baja resistencia: 2500 a 3500 lb/in.² (17 a 24 MPa); y
- Hormigón de alta resistencia: 6500 a 8000 lb/in.² (46 a 57 MPa)

6.1.4 Elementos a ensayar – Los elementos a ensayar deberán satisfacer los requisitos del Apéndice A3.

6.2 – Instalación de los anclajes

6.2.1 – Disposiciones generales

6.2.1.1 Salvo que ACI 355.2 especifique lo contrario, los anclajes se deberán instalar de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Cualquier desviación deberá ser informada.

6.2.1.2 Instalar los anclajes en una cara del hormigón encofrada, o bien en hormigón acabado con llana de acero.

6.2.1.3 No se deberán modificar los componentes del anclaje de los cuales dependerá su comportamiento. Los bulones, tuercas y arandelas no provistos junto con los anclajes deberán satisfacer las especificaciones provistas por el fabricante, y estas especificaciones se deberán incluir en el informe de evaluación.

6.2.2 Requisitos para las brocas – Los requisitos para las brocas se indican en las Tablas 5.1 y 5.2. Los orificios perforados para los anclajes deberán ser perpendiculares (con una tolerancia de ± 6 grados) respecto de la superficie del elemento de hormigón. Excepto en el caso de los anclajes autoperforantes y con excepción de lo especificado en los Artículos 6.2.2.3 y 6.2.2.5, los orificios se deberán materializar utilizando taladros percutores con brocas con punta de carburo que satisfagan los requisitos de la norma ANSI B212.15.

6.2.2.1 El diámetro cortante de las brocas deberá satisfacer las tolerancias indicadas en las Tablas 6.1 o 6.2. Esto se deberá verificar cada 10 operaciones de perforación.

6.2.2.2 Si se realizan ensayos con brocas de diámetro d_{max} , utilizar brocas de ensayo especiales. Estará permitido utilizar brocas amoladas hasta el diámetro deseado.

6.2.2.3 Las brocas de diámetro d_{min} corresponden a brocas que ya tienen bastante uso. Estos diámetros están por debajo de los diámetros mínimos especificados en la norma ANSI B212.15 para brocas nuevas.

Tabla 6.1 – Diámetros requeridos para las brocas con punta de carburo utilizadas en taladros percutores, in.

| Diámetro nominal, in. | Rangos de tolerancia | | |
|--------------------------|----------------------|---------------|-----------------|
| | d_{min} , in. | d_m , in. | d_{max} , in. |
| 3/16 | 0,190 – 0,194 | 0,198 – 0,201 | 0,204 – 0,206 |
| 1/4 | 0,252 – 0,256 | 0,260 – 0,263 | 0,266 – 0,268 |
| 5/16 | 0,319 – 0,323 | 0,327 – 0,331 | 0,333 – 0,335 |
| 3/8 | 0,381 – 0,385 | 0,390 – 0,393 | 0,396 – 0,398 |
| 7/16 | 0,448 – 0,452 | 0,458 – 0,462 | 0,465 – 0,486 |
| 1/2 | 0,510 – 0,514 | 0,520 – 0,524 | 0,527 – 0,530 |
| 9/16 | 0,573 – 0,577 | 0,582 – 0,586 | 0,589 – 0,592 |
| 5/8 | 0,639 – 0,643 | 0,650 – 0,654 | 0,657 – 0,660 |
| 11/16 | 0,702 – 0,706 | 0,713 – 0,717 | 0,720 – 0,723 |
| 3/4 | 0,764 – 0,768 | 0,775 – 0,779 | 0,784 – 0,787 |
| 13/16 | 0,827 – 0,831 | 0,837 – 0,841 | 0,846 – 0,849 |
| 27/32 | 0,858 – 0,862 | 0,869 – 0,873 | 0,878 – 0,881 |
| 7/8 | 0,892 – 0,896 | 0,905 – 0,909 | 0,914 – 0,917 |
| 15/16 | 0,955 – 0,959 | 0,968 – 0,972 | 0,977 – 0,980 |
| 1 | 1,017 – 1,021 | 1,030 – 1,034 | 1,039 – 1,042 |
| 1-1/8 | 1,145 – 1,149 | 1,160 – 1,164 | 1,172 – 1,175 |
| 1-3/16 | 1,208 – 1,212 | 1,223 – 1,227 | 1,235 – 1,238 |
| 1-1/4 | 1,270 – 1,462 | 1,285 – 1,289 | 1,297 – 1,300 |
| 1-5/16 | 1,333 – 1,337 | 1,352 – 1,356 | 1,364 – 1,367 |
| 1-3/8 | 1,395 – 1,399 | 1,410 – 1,414 | 1,422 – 1,425 |
| 1-7/16 | 1,458 – 1,462 | 1,472 – 1,476 | 1,484 – 1,487 |
| 1-1/2 | 1,520 – 1,524 | 1,535 – 1,539 | 1,547 – 1,550 |
| 1-9/16 | 1,570 – 1,574 | 1,588 – 1,592 | 1,605 – 1,608 |
| 1-5/8 | 1,637 – 1,641 | 1,655 – 1,659 | 1,673 – 1,675 |
| 1-3/4 | 1,754 – 1,758 | 1,772 – 1,776 | 1,789 – 1,792 |
| 2 | 1,990 – 1,994 | 2,008 – 2,012 | 2,025 – 2,028 |

Tabla 6.2 – Diámetros requeridos para las brocas con punta de carburo utilizadas en taladros percutores, SI

| Diámetro nominal, mm | Rangos de tolerancia | | |
|-------------------------|----------------------|---------------|----------------|
| | d_{min} , mm | d_m , mm | d_{max} , mm |
| 5 | 5,05 – 5,15 | 5,20 – 5,30 | 5,35 – 5,40 |
| 6 | 6,05 – 6,15 | 6,20 – 6,30 | 6,35 – 6,40 |
| 7 | 7,05 – 7,20 | 7,25 – 7,35 | 7,40 – 7,45 |
| 8 | 8,05 – 8,20 | 8,25 – 8,35 | 8,40 – 7,45 |
| 10 | 10,10 – 10,20 | 10,25 – 10,35 | 10,40 – 10,45 |
| 11 | 11,10 – 11,20 | 11,25 – 11,35 | 11,45 – 11,50 |
| 12 | 12,10 – 12,20 | 12,25 – 12,35 | 12,45 – 12,50 |
| 13 | 13,10 – 13,20 | 13,25 – 13,35 | 13,45 – 13,50 |
| 14 | 14,10 – 14,20 | 14,25 – 14,35 | 14,45 – 14,50 |
| 15 | 15,10 – 15,20 | 15,25 – 15,35 | 15,45 – 15,50 |
| 16 | 16,10 – 16,20 | 16,25 – 16,35 | 16,45 – 16,50 |
| 18 | 18,10 – 18,20 | 18,25 – 18,35 | 18,45 – 18,50 |
| 19 | 19,10 – 19,20 | 19,30 – 19,40 | 19,50 – 19,55 |
| 20 | 20,10 – 20,20 | 20,30 – 20,40 | 20,50 – 20,55 |
| 22 | 22,10 – 22,20 | 22,30 – 22,40 | 22,50 – 22,55 |
| 24 | 24,10 – 24,20 | 24,30 – 24,40 | 24,50 – 24,55 |
| 25 | 25,10 – 25,20 | 25,30 – 25,40 | 25,50 – 25,55 |
| 28 | 28,10 – 28,20 | 28,30 – 28,40 | 28,50 – 28,55 |
| 30 | 30,10 – 30,20 | 30,30 – 30,40 | 30,50 – 30,55 |
| 32 | 32,15 – 32,25 | 32,35 – 32,50 | 32,60 – 34,70 |
| 34 | 34,15 – 34,25 | 34,35 – 34,50 | 34,60 – 34,70 |
| 35 | 35,15 – 35,25 | 35,35 – 35,50 | 35,60 – 35,70 |
| 37 | 37,15 – 37,25 | 37,35 – 37,50 | 37,60 – 37,70 |
| 40 | 40,15 – 40,25 | 40,40 – 40,60 | 40,70 – 40,80 |
| 44 | 44,15 – 44,25 | 44,40 – 44,60 | 44,70 – 44,80 |
| 48 | 48,15 – 48,25 | 48,40 – 48,60 | 48,70 – 48,80 |
| 52 | 52,15 – 52,25 | 52,40 – 52,60 | 52,80 – 52,95 |

6.2.2.4 Para todos los ensayos bajo condiciones de servicio (Tablas 5.1 y 5.2) utilizar una broca de diámetro d_m .

6.2.2.5 En el caso de las brocas que no están incluidas en el rango de diámetros indicado en las Tablas 6.1 o 6.2, y para las brocas no cubiertas por la norma ANSI B212.15, la agencia independiente de ensayo y evaluación deberá desarrollar diámetros para las brocas que se ajusten al concepto de d_{max} , d_m y d_{min} como en las tablas anteriores.

6.2.3 – Requisitos de torque

6.2.3.1 Requisitos generales – Cuando el fabricante de cualquier tipo de anclaje requiera la

aplicación de torque, a cada anclaje se le deberá aplicar torque como se especifica en los Artículos 6.2.3.1.1 y 6.2.3.2, a excepción de lo especificado en la Sección 8.2. Si el fabricante no especifica ningún torque para el anclaje, el anclaje se deberá ajustar a mano antes de ser ensayado.

6.2.3.1.1 Aplicar el torque especificado T_{inst} utilizando una llave de torque calibrada cuyo error de medición esté a $\pm 5\%$ del torque especificado. Luego de esperar 10 minutos retirar el torque del anclaje y aplicar un torque igual a $0,5 T_{inst}$.

6.2.3.2 *Instalación de anclajes de expansión de torque controlado* – Instalar los anclajes de expansión de torque controlado de acuerdo con la Tabla 6.3 y con los requisitos generales.

6.2.3.2.1 Para ensayos realizados con torque de instalación parcial (Tabla 5.1, Ensayo 3 y Tabla 5.2, Ensayo 5; ver también la Tabla 6.3, Ensayo 3), instalar el anclaje aplicando un torque de instalación igual a $0,5 T_{inst}$. No reducir este torque.

6.2.3.2.2 Para los ensayos sísmicos (Tabla 5.2, Ensayos 12 y 13) aplicar T_{inst} y luego reducir el torque a $0,5 T_{inst}$ antes de ensayar la fisura.

6.2.3.3 *Instalación de anclajes de expansión de desplazamiento controlado* – Instalar los anclajes de expansión de desplazamiento controlado con el grado de expansión especificado en la Tabla 6.4. Los grados de expansión especificados se obtienen utilizando herramientas de instalación en base al número de caídas especificado en la Tabla 6.5 para la expansión parcial y la expansión de referencia, explicadas en los Artículos 6.2.3.3.1 y 6.2.3.3.2. La Figura 6.1 muestra el dispositivo de ensayo utilizado para establecer las expansiones parcial y de referencia.

6.2.3.3.1 *Expansión parcial* – Para la expansión parcial instalar un mínimo de cinco anclajes utilizando el peso y el número de caídas indicados en la Tabla 6.5. Para cada anclaje medir la profundidad del tapón desde el extremo superior del anclaje. Calcular la profundidad media del tapón para los anclajes instalados y acortar la herramienta de instalación para obtener esta profundidad de instalación. Instalar los anclajes utilizando la herramienta de instalación acortada para expansión parcial.

6.2.3.3.2 *Expansión de referencia* – Preparar una herramienta de instalación para expansión de referencia utilizando el mismo método descrito en el Artículo 6.2.3.3.1, usando el peso y el número de caídas especificados en la Tabla 6.5.

Tabla 6.3 – Grado de torque de instalación requerido para los anclajes de expansión de torque controlado

| Tabla 5.1, ensayo número | Tabla 5.2, ensayo número | Grado de torque de instalación requerido |
|-------------------------------|---|---|
| 3 | 5 | Parcial |
| 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 | 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 | Total* |

* De acuerdo con las instrucciones de instalación proporcionadas por el fabricante, luego reducir al 50% de acuerdo con el Artículo 6.2.3.1.1.

Tabla 6.4 – Grado de expansión requerido para los anclajes de expansión de desplazamiento controlado

| Tabla 5.1, ensayo número | Tabla 5.2, ensayo número | Grado de expansión requerido |
|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| 3 | 5 | Parcial |
| 4, 5, 6 | 6, 7, 8 | de Referencia |
| 1, 2, 7, 8, 9, 10 | 1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14 | Total* |

* De acuerdo con las instrucciones de instalación proporcionadas por el fabricante.

Tabla 6.5 – Parámetros para establecer las expansiones parcial y de referencia de los anclajes de expansión de desplazamiento controlado

| Tamaño del anclaje | 1/4 in. M6 | 5/16 in. M8 | 3/8 in. M10 | 1/2 in. M12 | 5/8 in. M16 | 3/4 in. M20 |
|--|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Peso, lb (kg) | 10 (4,5) | 10 (4,5) | 10 (4,5) | 10 (4,5) | 33 (15) | 33 (15) |
| Altura de la caída, in. (mm) | 18 (450) | 18 (450) | 18 (450) | 18 (450) | 24 (600) | 24 (600) |
| Número de caídas para evaluar la expansión parcial | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 |
| Número de caídas para evaluar la expansión de referencia | 3 | 5 | 6 | 7 | 4 | 5 |

6.2.3.4 *Instalación de anclajes rebajados* – Instalar los anclajes rebajados como se especifica en la Tabla 6.6. Para los ensayos de la Tabla 5.1, Ensayo 3, y la Tabla 5.2, Ensayo 5, instalar los anclajes rebajados utilizando una combinación de las tolerancias de instalación especificadas que produzca la mínima superficie de apoyo en el hormigón. La Tabla 6.6 contempla tales combinaciones para diferentes tipos de

anclajes rebajados. Para los demás ensayos especificados en las Tablas 5.1 y 5.2, perforar un orificio cilíndrico con el diámetro indicado en las Tablas 5.1 o 5.2 y materializar la muesca rebajada de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

6.3 – Métodos de ensayo

Ensayar los anclajes de conformidad con la norma ASTM E 488 y las secciones correspondientes de ACI 355.2 (Secciones 7.0, 8.0 o 9.0).

6.4 – Ensayos en hormigón fisurado

Para ensayar anclajes en hormigón fisurado utilizar los procedimientos especificados en los Artículos 6.4.1 a 6.4.3.

6.4.1 Realizar los ensayos en elementos de hormigón que satisfagan los requisitos del Apéndice A3. Utilizar el ancho de fisura w especificado para el ensayo en cuestión. Iniciar la fisura e instalar el anclaje de acuerdo con la Sección 6.2, de manera que el eje del anclaje esté aproximadamente en el plano de la fisura. Instalar el instrumental para medir anchos de fisuras y ensanchar la fisura hasta lograr el ancho de fisura especificado mientras el anclaje aún no está cargado. Medir la abertura de la fisura utilizando dos indicadores de dial o transductores electrónicos, uno a cada lado del anclaje, orientados perpendicularmente a la fisura.

6.4.2 Someter el anclaje a la secuencia de carga especificada, monitoreando simultáneamente el ancho de fisura en la superficie. Ver el Apéndice A3.

6.4.3 Durante el ensayo mantener un registro continuo de la carga y el desplazamiento del anclaje y del ancho de la fisura.

6.5 – Requisitos generales para el comportamiento de los anclajes

6.5.1 Comportamiento general carga-desplazamiento

6.5.1.1 La relación carga-desplazamiento de los anclajes individuales deberá ser predecible, es decir, el deslizamiento descontrolado del anclaje no es aceptable. La Figura 6.2 ilustra ejemplos de curvas carga-desplazamiento aceptables y no aceptables correspondientes a los tipos de anclajes cubiertos por ACI 355.2. Cualquiera sea el anclaje ensayado, es inaceptable que haya una meseta con un deslizamiento mayor que el 5% del desplazamiento bajo carga última, o una caída temporal de la carga, para niveles de carga menores que N_1 . N_1 se toma como el menor valor entre $0,8N_u$ o $A_{se}f_y$ si se trata de ensayos en hormigón no

fisurado o el menor valor entre $0,7N_u$ o $A_{se}f_y$ si se trata de ensayos en hormigón fisurado.

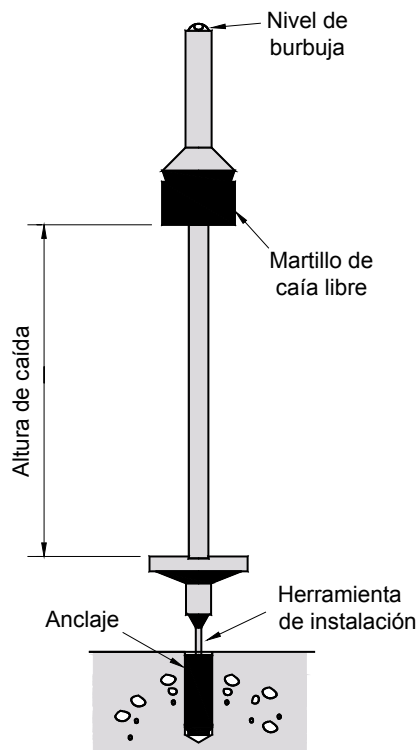


Figura 6.1 – Herramienta utilizada para los ensayos de instalación de anclajes de expansión de desplazamiento controlado

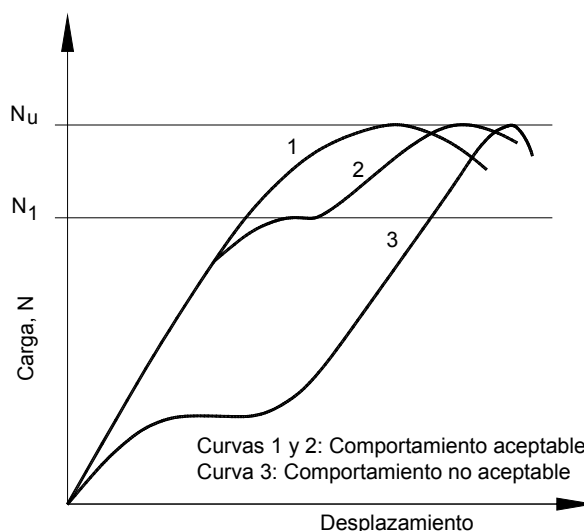


Figura 6.2 – Curvas carga-desplazamiento aceptables y no aceptables

6.5.1.2 Un anclaje aún se podrá considerar aceptable si dentro de una misma serie de ensayos como máximo uno de los ensayos muestra una curva carga-desplazamiento que no satisface el Artículo 6.5.1.1, siempre y cuando se satisfagan las dos condiciones siguientes:

1. No hay ninguna caída de la carga; y
2. La desviación se justifica como no característica del comportamiento del anclaje y se debe, por ejemplo, a un defecto del procedimiento de ensayo o del material constitutivo. Estos defectos se deberán describir detalladamente en el informe de evaluación, y los resultados de 10 ensayos de tracción adicionales deberán mostrar curvas carga-desplazamiento que satisfagan los requisitos del Artículo 6.5.1.1.

6.5.2 Comportamiento carga-desplazamiento bajo cargas de servicio – Para cada serie de ensayos de referencia (combinación de diámetro y longitud embebida del anclaje), determinar el valor medio de la rigidez del anclaje β y el coeficiente de variación en el rango de carga de servicio de acuerdo con la Ecuación (6-1) e informar con la Tabla 11.1.

$$\beta = \frac{N_{30\%} - N_{10\%}}{\Delta_{30\%} - \Delta_{10\%}} \quad (6-1)$$

6.5.3 Modos de falla – El modo de falla en cada ensayo es importante debido a que cada modo de falla está asociado con una resistencia diferente. Los modos de falla por tracción son la falla de un cono de hormigón, la fractura del acero, el arrancamiento anclaje o del cuerpo del anclaje, el hendimiento de la probeta ensayada y el descascaramiento del recubrimiento lateral. Los modos de falla por corte son la falla del acero precedida por el descantillado del hormigón y el desprendimiento del hormigón cerca de un borde. Las Figuras 6.3 o 6.4 muestran ejemplos de estos modos de falla. Informar el modo de falla para cada serie de ensayos y la resistencia (valores k para falla del hormigón, $f_{u,ensayo}$ para falla del acero y N_p para arrancamiento anclaje o del cuerpo del anclaje). Si dentro de una misma serie de ensayos ocurren diferentes modos de falla, se deberán informar los diferentes modos de falla observados junto con sus correspondientes resistencias características.

6.5.3.1 Si para un anclaje de un diámetro determinado hay una sola longitud embebida, se deberán realizar ensayos para establecer los datos apropiados. Si el único modo de falla es la falla del acero se deberá informar el valor de $f_{u,ensayo}$ para falla del acero e

informar el mínimo valor de k admisible para la falla hormigón de la Tabla 7.1. Alternativamente, para determinar k para la falla del hormigón, estará permitido utilizar una longitud embebida menos profunda o un bulón de acero de mayor resistencia, siempre y cuando no afecte el funcionamiento del anclaje.

6.5.3.2 Si para un mismo diámetro de anclaje se especifica más de una longitud embebida, se deberán realizar ensayos de acuerdo con la Tabla 6.7. Informar los respectivos modos de falla y el menor valor de k para falla del hormigón, $f_{u,ensayo}$ para falla del acero y N_p para falla por arrancamiento del anclaje o del cuerpo del anclaje. Si en una serie de ensayos que involucra un único diámetro pero diferentes longitudes embebidas ocurren diferentes modos de falla, informar cada uno de los modos de falla observados y su correspondiente resistencia característica.

6.5.3.3 Para las fallas por arrancamiento del anclaje o del cuerpo del anclaje, calcular N_p (fractil 5%) en base al tamaño de la muestra ensayada. Informar k como el mínimo valor admisible de la Tabla 7.1.

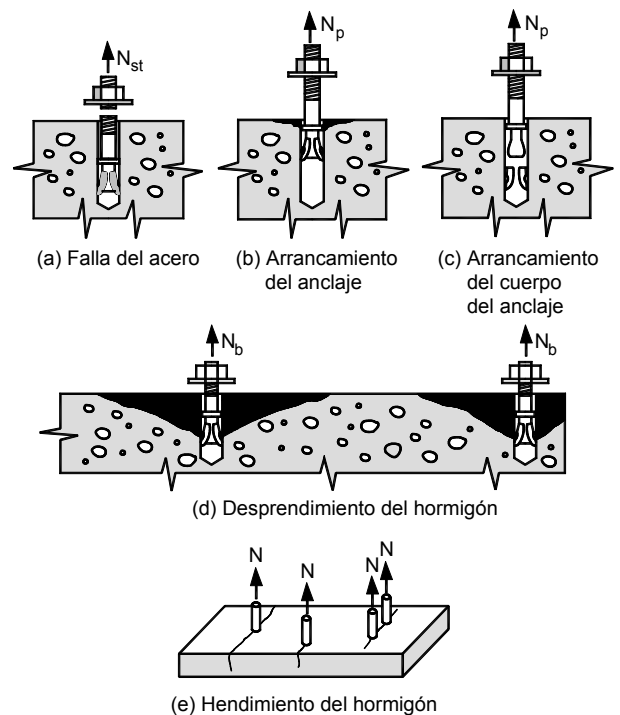


Figura 6.3 – Modos de falla de los anclajes bajo cargas de tracción

Tabla 6.6 – Requisitos de instalación para los anclajes rebajados

| Requisitos de instalación | Tipo de anclaje rebajado (Ver Figura 2.3) | | | | |
|--|---|--|---|--|---|
| | De carga controlada | De desplazamiento controlado | | De torque controlado | |
| | Anclajes rebajados Tipo 1, preperforados | Anclajes rebajados Tipo 2 y 3, preperforados | Anclajes rebajados Tipo 4, autoperforantes | Anclajes rebajados Tipo 5, preperforados | Anclajes rebajados Tipo 6, autoperforantes |
| Diámetro de la broca para cortar un orificio cilíndrico | Máximo | Máximo | Máximo | Máximo | Máximo |
| Diámetro de la herramienta para realizar la muesca | Especificación mínima | Especificación mínima | – | Especificación mínima | – |
| Tolerancia para la longitud de la herramienta para realizar la muesca (cuando corresponda) | Máxima tolerancia | Máxima tolerancia | Máxima | Máxima tolerancia | Máxima tolerancia |
| Longitud de la camisa | – | Mínima tolerancia | – | – | – |
| Longitud del orificio cilíndrico | – | Máxima tolerancia | Máxima tolerancia | – | – |
| Instalación del anclaje | 75% de la carga especificada | Camisa a ras con la superficie del hormigón | Camisa a ras con la superficie del hormigón | 50% del valor especificado | 50% del torque especificado o a ras con la superficie |

Tabla 6.7 – Longitudes embebidas requeridas para el programa de ensayos

| Profundidad embebida a ensayar para un diámetro dado | Número de ensayo para longitudes embebidas | | |
|--|--|-----------------------|------------|
| | Cortas | Largas | Todas |
| Tabla 5.1 | 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 | 3, 4, 5, 6, 7 | 1, 2 |
| Tabla 5.2 | 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 | 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13 | 1, 2, 3, 4 |

Tabla 7.1 – Valores mínimos y máximos del factor de efectividad, *k*

| Tipo de ensayo | Mínimo valor de <i>k</i> admisible | | Máximo valor de <i>k</i> informable | |
|----------------------|------------------------------------|----|-------------------------------------|----|
| | in.-lb | SI | in.-lb | SI |
| Hormigón fisurado | 17 | 7 | 21 | 9 |
| Hormigón no fisurado | 24 | 10 | 30 | 13 |

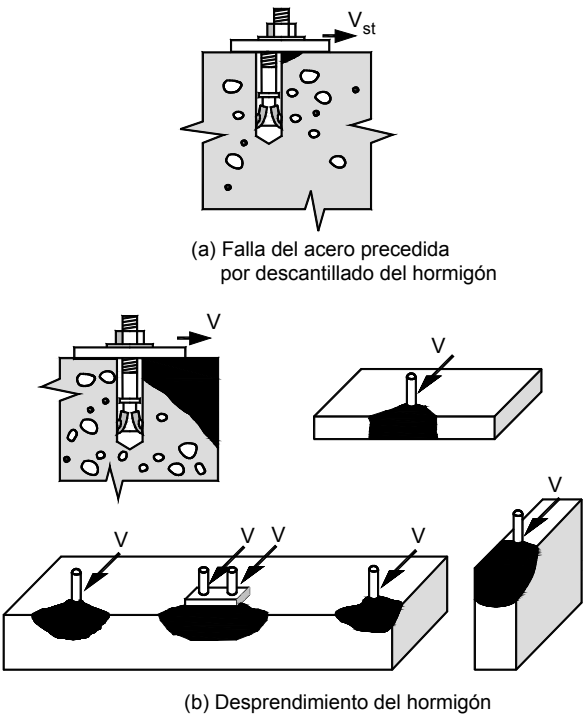


Figura 6.4 – Modos de falla de los anclajes bajo cargas de corte

CAPÍTULO 7 – ENSAYOS DE REFERENCIA

7.1 – Propósito

Realizar ensayos de referencia para obtener valores base para comparar los ensayos de confiabilidad y bajo condiciones de servicio. Los requisitos para los ensayos de referencia se especifican en las Secciones 7.2 a 7.3.3, y en la Tabla 5.1 para hormigón no fisurado y la Tabla 5.2 para hormigón fisurado.

7.2 – Ensayos de tracción de referencia para anclajes individuales no afectados por la influencia de los bordes o la separación (Tabla 5.1, Ensayos 1 y 2, o Tabla 5.2, Ensayos 1, 2, 3 y 4)

7.2.1 Requisitos para los ensayos de referencia – Realizar ensayos de tracción de acuerdo con la Tabla 5.1, Ensayos 1 y 2, o la Tabla 5.2, Ensayos 1, 2, 3 y 4. Realizar los ensayos de acuerdo con la norma ASTM E 488 para anclajes instalados en hormigón de baja y alta resistencia. En ninguna serie de ensayos el coeficiente de variación v de la tracción última deberá ser mayor que 15%. Estará permitido aumentar el tamaño de la muestra si el coeficiente de variación obtenido con el primer tamaño de muestra no satisface este requisito. Si no se satisface este requisito el anclaje se deberá considerar no calificado.

7.3 – Cálculos requeridos utilizando los resultados de los ensayos de referencia

7.3.1 Para falla del hormigón – Calcular el valor del factor de efectividad k a partir de los resultados de ensayo, utilizando la Ecuación (7-1) y considerando las condiciones de ensayo y el tamaño de la muestra al evaluar N_b .

$$k = \frac{N_b}{\sqrt{f_{c,ensayo,i} h_{ef}^{1,5}}} \quad (7-1)$$

Si los valores de k calculados no satisfacen los valores mínimos admisibles indicados en la Tabla 7.1, determinar la resistencia característica a la tracción de acuerdo con el Artículo 7.3.3. Los valores de k informados en la Tabla 11.1 no deberán ser mayores que los máximos valores de k informables indicados en la Tabla 7.1.

7.3.2 Para falla del acero en tracción, hormigón fisurado y no fisurado – Si ocurre una falla del acero para la longitud embebida y resistencia del acero informadas en la Tabla 11.1, informar k como el valor

mínimo admisible indicado en la Tabla 7.1. Alternativamente, estará permitido determinar k mediante la Ecuación (7-1), utilizando ensayos sobre el mismo anclaje con una longitud embebida reducida, un acero de mayor resistencia, o ambos, para producir una falla por desprendimiento del hormigón.

7.3.3 Para falla por arrancamiento del anclaje por tracción, hormigón fisurado y no fisurado – Para los modos de falla por arrancamiento del anclaje o del cuerpo del anclaje, calcular la capacidad característica de tracción N_p utilizando los datos de ensayo de acuerdo con el procedimiento especificado en el Apéndice A2 e informar N_p .

CAPÍTULO 8 – ENSAYOS DE CONFIABILIDAD

8.1 – Propósito

El propósito de los ensayos de confiabilidad es establecer que el anclaje es capaz de comportarse de manera segura y efectiva bajo condiciones normales y adversas, tanto durante su instalación como en servicio. Los requisitos para los ensayos de confiabilidad se indican en el presente capítulo y en la Tabla 5.1 para hormigón no fisurado y la Tabla 5.2 para hormigón fisurado.

8.2 – Ensayos de confiabilidad utilizando esfuerzo de instalación reducido (Tabla 5.1, Ensayo 3, y Tabla 5.2, Ensayo 5)

8.2.1 Propósito – La intención de estos ensayos de confiabilidad es determinar la sensibilidad del anclaje frente a condiciones de instalación adversas. Estos ensayos se deben efectuar bajo carga de tracción.

8.2.2 Condiciones generales de ensayo – Salvo que se especifique lo contrario, en hormigón fisurado utilizar un ancho de fisura mínimo de 0,012 in. (0,3 mm),.

8.2.2.1 Anclajes de expansión de torque controlado – Realizar ensayos sobre anclajes instalados en hormigón de alta resistencia con un torque de instalación $T = 0,5T_{inst}$ y un diámetro de broca d_m . Ver los tipos de anclajes en la Figura 2.2.

8.2.2.2 Anclajes de expansión de desplazamiento controlado – Realizar ensayos en anclajes instalados en hormigón de baja resistencia, utilizando una broca de diámetro d_m . Ver los tipos de anclajes en la Figura 2.1. Los requisitos de instalación para los anclajes de expansión de desplazamiento controlado se indican en las Tablas 6.4 y 6.5 para expansión parcial.

8.2.2.3 Anclajes rebajados de torque, carga y desplazamiento controlado – Para los anclajes rebajados de torque controlado y de carga controlada, realizar ensayos de tracción utilizando hormigón de baja y alta resistencia. Para los anclajes rebajados de desplazamiento controlado, realizar ensayos de tracción utilizando hormigón de baja resistencia. Ver los tipos de anclajes en la Figura 2.3. Los requisitos de instalación para los anclajes rebajados se indican en la Tabla 6.6.

8.2.3 Requisitos – En ninguna serie de ensayos el coeficiente de variación v de la carga última de tracción deberá ser mayor que 20%. Estará permitido aumentar el tamaño de la muestra si el coeficiente de variación obtenido con el tamaño de muestra original no satisface este requisito. Si no se satisface este requisito el anclaje se deberá considerar no calificado.

8.3 – Ensayos de confiabilidad en hormigón de baja resistencia con broca grande (Tabla 5.1, Ensayo 4, y Tabla 5.2, Ensayo 6)

8.3.1 Propósito – Estos ensayos de confiabilidad se realizan en hormigón no fisurado para evaluar la sensibilidad del anclaje frente al hormigón de baja resistencia y orificios sobredimensionados. Se realizan en hormigón fisurado para evaluar la sensibilidad del anclaje frente al hormigón de baja resistencia, orificios sobredimensionados y fisuras ensanchadas.

8.3.2 Condiciones generales de ensayo – Para todos los tipos de anclajes, realizar estos ensayos bajo tracción en hormigón de baja resistencia. Utilizar una broca de diámetro d_{max} . Para los ensayos en hormigón fisurado utilizar un ancho de fisura mínimo de 0,020 in. (0,5 mm).

8.3.3 Requisitos – En ninguna serie de ensayos el coeficiente de variación v de la carga última de tracción deberá ser mayor que 20%. Estará permitido aumentar el tamaño de la muestra si el coeficiente de variación obtenido con el tamaño de muestra original no satisface este requisito. Si no se satisface este requisito el anclaje se deberá considerar no calificado.

8.4 – Ensayos de confiabilidad en hormigón de alta resistencia con broca pequeña (Tabla 5.1, Ensayo 5, y Tabla 5.2, Ensayo 7)

8.4.1 Propósito – Estos ensayos de confiabilidad se realizan en hormigón no fisurado para evaluar la sensibilidad del anclaje frente al hormigón de alta resistencia cuando está instalado en un orificio subdimensionado. Se realizan en hormigón fisurado para

evaluar la sensibilidad del anclaje frente al hormigón de alta resistencia cuando está instalado en un orificio subdimensionado y fisuras ensanchadas.

8.4.2 Condiciones generales de ensayo – Para todos los tipos de anclajes, realizar estos ensayos bajo tracción en hormigón de alta resistencia. Utilizar una broca de diámetro d_{min} . Para los ensayos en hormigón fisurado utilizar un ancho de fisura mínimo de 0,020 in. (0,5 mm).

8.4.3 Requisitos – En ninguna serie de ensayos el coeficiente de variación v de la carga última de tracción deberá ser mayor que 20%. Estará permitido aumentar el tamaño de la muestra si el coeficiente de variación obtenido con el tamaño de muestra original no satisface este requisito. Si no se satisface este requisito el anclaje se deberá considerar no calificado.

8.5 – Ensayos de confiabilidad bajo cargas repetitivas (Tabla 5.1, Ensayo 6)

8.5.1 Propósito – Estos ensayos de confiabilidad se realizan para evaluar el comportamiento del anclaje bajo cargas repetitivas en hormigón no fisurado sujeto a los movimientos normales que se observan en la construcción.

8.5.2 Condiciones generales de ensayo – Someter al anclaje a una carga de tracción pulsante que varíe sinusoidalmente entre una carga mínima de $0,25N_k$ o $[0,6(A_{se} \cdot 17.400 \text{ lb/in}^2 (120 \text{ MPa}))]$, cualquiera sea el valor que resulte mayor, y una carga máxima de $0,6N_k$ o $0,8A_{se}f_y$, cualquiera sea el valor que resulte menor. La frecuencia de la carga deberá ser menor o igual que 6 Hz. Medir los desplazamientos de forma continua, o bien hasta la carga máxima durante la primera aplicación de carga, y luego de 10 , 10^2 , 10^3 , 10^4 y 10^5 ciclos de carga. Al finalizar los ciclos de carga ensayar el anclaje en tracción hasta su falla.

8.5.3 Requisitos – Los desplazamientos del anclaje deberán evidenciar una estabilización del movimiento, y la capacidad residual media del anclaje no deberá ser menor que 80% de la capacidad media obtenida en el correspondiente ensayo de referencia. En ninguna serie de ensayos el coeficiente de variación v de la carga última de tracción deberá ser mayor que 20%. Estará permitido aumentar el tamaño de la muestra si el coeficiente de variación obtenido con el tamaño de muestra original no satisface este requisito. Si no se satisface este requisito el anclaje se deberá considerar no calificado.

8.6 – Ensayos de confiabilidad en fisuras cuyo ancho varía cíclicamente (Tabla 5.2, Ensayo 8)

8.6.1 Propósito – Estos ensayos de confiabilidad se realizan para evaluar el comportamiento de los anclajes ubicados en fisuras cuyo ancho varía cíclicamente.

8.6.2 Condiciones generales de ensayo – Antes de instalar el anclaje estará permitido aplicar 10 ciclos de apertura y cierre para estabilizar la formación de fisuras. Instalar el anclaje de acuerdo con la Sección 6.2, de manera que el eje del anclaje se encuentre aproximadamente en el plano de la fisura. Ensanchar la fisura hasta un ancho $w_1 = 0,012$ in. (0,3 mm). Aplicar una carga de tracción N_w obtenida mediante la Ecuación (8-1). Variar cíclicamente el ancho de la fisura entre el ancho máximo $w_1 = 0,012$ in. (0,3 mm) y el mínimo ancho inicial $w_2 = 0,004$ in. (0,1 mm).

$$N_w = 0,9 N_b (0,7 \phi_{IR}) \quad (8-1)$$

donde:

N_b = resistencia característica a la tracción en hormigón de baja resistencia fisurado, determinada a partir de ensayos de referencia;

ϕ_{IR} = factor de reducción de la capacidad basado en la categoría obtenida a partir de los ensayos de referencia;

= 1,0 para un anclaje Categoría 1

= 0,85 para un anclaje Categoría 2

= 0,7 para un anclaje Categoría 3

Mientras el ancho de fisura se hace variar cíclicamente, mantener N_w constante dentro de una tolerancia de $\pm 5\%$. Abrir y cerrar la fisura 1000 veces con una frecuencia máxima de 0,2 Hz. Durante la variación cíclica de la fisura, mantener el ancho w_1 constante. Durante el ensayo el ancho de fisura w_2 aumentará (ver Figura 8.1). La diferencia entre los anchos de fisura máximo y mínimo durante los 1000 ciclos deberá ser como mínimo 0,004 in. (0,1 mm). Si durante la realización del ensayo en algún momento el valor de $w_1 - w_2$ cae por debajo de 0,004 in. (0,1 mm), se deberá reducir la carga límite inferior, se deberá aumentar la carga límite superior, o bien se deberán implementar estas dos medidas hasta que se restablezca el mínimo valor de $w_1 - w_2 = 0,004$ in. (0,1 mm). Observar que un aumento de la carga límite superior corresponde a un aumento del máximo ancho de fisura w_1 más allá de 0,012 in. (0,3 mm).

8.6.3 Medir el comportamiento carga-desplazamiento hasta la carga N_w . Luego, bajo N_w , medir los desplazamientos del anclaje en los anchos de fisura w_1 y w_2 , ya sea de forma continua o al menos luego de 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 y 1000 ciclos de apertura y cierre de la fisura.

8.6.4 Una vez completados los ciclos de apertura y cierre de la fisura, descargar el anclaje, medir el desplazamiento y realizar un ensayo de tracción hasta la falla con un ancho de fisura $w = 0,012$ in. (0,3 mm). Durante el ensayo monitorear pero no controlar el ancho de las fisuras.

8.6.5 Requisitos – En cualquier ensayo en una fisura cuyo ancho se hace variar cíclicamente, el desplazamiento del anclaje deberá ser menor que 0,080 in. (2,0 mm) luego de los 20 ciclos iniciales de apertura y cierre, y menor que 0,120 in. (3,0 mm) luego de 1000 ciclos. Este desplazamiento máximo admisible no deberá ser superado en más del 5% de los ensayos. Si este requisito no se satisface, aumentar el número de muestras o repetir los ensayos aplicando al anclaje una carga sostenida reducida hasta satisfacer el requisito. Luego reducir la capacidad característica contra el arrancamiento del anclaje o del cuerpo del anclaje en forma proporcional a la reducción de la carga sostenida; esta capacidad característica reducida se deberá utilizar para establecer la categoría del anclaje de acuerdo con la Sección 10.0. La capacidad residual media del anclaje deberá ser mayor o igual que 90% de la capacidad media obtenida del correspondiente ensayo de referencia. En ninguna serie de ensayos el coeficiente de variación v de la carga última de tracción deberá ser mayor que 20%. Estará permitido aumentar el tamaño de la muestra si el coeficiente de variación obtenido con el tamaño de muestra original no satisface este requisito. Si no se satisface este requisito el anclaje se deberá considerar no calificado.

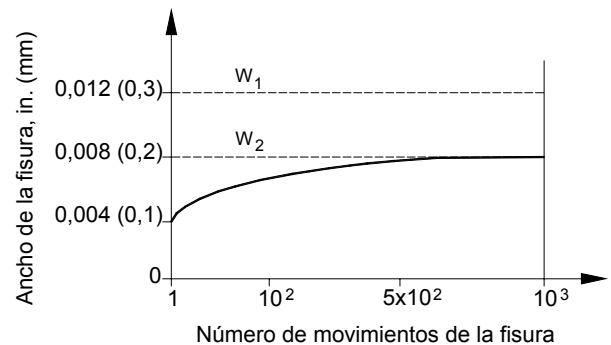


Figura 8.1 – Requisitos sobre el ancho de fisura para los ensayos cíclicos en hormigón fisurado

CAPÍTULO 9 – ENSAYOS BAJO CONDICIONES DE SERVICIO

9.1 – Propósito

El propósito de los ensayos bajo condiciones de servicio es determinar los datos básicos requeridos para predecir el comportamiento del anclaje bajo condiciones de servicio.

9.2 – Condiciones generales de ensayo

9.2.1 Los requisitos generales se indican en la Sección 5.0.

9.2.2 Para todos los ensayos, perforar los orificios con una broca de diámetro d_m .

9.2.3 Cuando los anclajes se ensayan en hormigón fisurado, utilizar fisuras que pasen aproximadamente por el plano del eje del anclaje y cuya abertura tenga un ancho mínimo de 0,012 in. (0,3 mm).

9.3 – Ensayo de tracción bajo condiciones de servicio para un anclaje individual próximo a dos bordes (anclaje en esquina) (Tabla 5.1, Ensayo 7, y Tabla 5.2, Ensayo 9)

9.3.1 Propósito – El propósito de este ensayo es determinar si un anclaje satisface el requisito que establece que la distancia crítica al borde debe ser $\leq 1,5h_{ef}$, en elementos de hormigón que tengan el mínimo espesor especificado para dicho anclaje. Realizar los ensayos sobre anclajes individuales en hormigón de baja resistencia, no fisurado, en una esquina cuyas dos distancias al borde sean iguales a $1,5h_{ef}$.

9.3.2 Requisitos para la distancia crítica al borde – Verificar que se satisfaga el requisito que establece que la distancia crítica al borde debe ser $\leq 1,5h_{ef}$. La capacidad última de un anclaje cuyas dos distancias al borde son iguales a $1,5h_{ef}$ debe ser estadísticamente equivalente (ver Artículo 2.1.12) a la capacidad obtenida de los ensayos de referencia realizados lejos de los bordes.

9.4 – Ensayo bajo condiciones de servicio para mínima distancia al borde y mínima separación (Tabla 5.1, Ensayo 8, y Tabla 5.2, Ensayo 10)

9.4.1 Propósito – Este ensayo verifica que el hormigón no experimentará una falla por hendimiento durante la instalación del anclaje.

9.4.2 Condiciones generales de ensayo – Ensayar todos los diámetros de todos los tipos de anclajes en hormigón de baja resistencia no fisurado, utilizando una

broca de diámetro d_m . Instalar dos anclajes con la separación mínima s_{min} y la distancia mínima al borde c_{min} en elementos que tengan el espesor mínimo h_{min} e informar los resultados obtenidos. Colocar los dos anclajes en una línea paralela al borde del elemento de hormigón a ensayar a una distancia como mínimo igual a $3h_{ef}$ de otros grupos. Seleccionar la separación mínima s_{min} , la distancia mínima al borde c_{min} , y el espesor mínimo h_{min} en función de las características del anclaje. Los valores iniciales recomendados en el Apéndice D de ACI 318 para estos parámetros son los siguientes:

$$s_{min} = 6d_o$$

$$c_{min} = 6d_o \text{ para anclajes rebajados} \\ = 8d_o \text{ para anclajes de torque controlado} \\ = 10d_o \text{ para anclajes de desplazamiento controlado}$$

$$h_{min} = 1,5h_{ef}$$

Estará permitido utilizar placas de carga independientes para cada anclaje a fin de facilitar la detección de la fisuración del hormigón. La distancia desde el borde de la placa de carga hasta el eje del anclaje correspondiente deberá ser igual a tres veces el diámetro d_o del anclaje ensayado.

9.4.3 En el caso de los anclajes de torque controlado, aplicar torque alternadamente en incrementos de $0,2T_{inst}$ hasta llegar a $1,7T_{inst}$ o $1,0T_{inst} + 100 \text{ ft-lb}$ (138 Nm), cualquiera sea el valor que resulte menor. Luego de cada incremento inspeccionar la superficie del hormigón para detectar fisuras. Detener el ensayo cuando una falla por hendimiento o la falla del acero impida continuar aumentando el torque o hasta llegar al menor valor entre $1,7T_{inst}$ o $1,0T_{inst} + 100 \text{ ft-lb}$ (138 Nm). Registrar el torque máximo para cada ensayo. Registrar el torque correspondiente a la formación de la primera microfisura superficial en uno o ambos anclajes y el torque máximo que se puede aplicar a los anclajes.

9.4.4 En el caso de los anclajes de desplazamiento controlado, instalar los anclajes de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

9.4.5 En el caso de los anclajes de desplazamiento controlado cuya intención es que funcionen correctamente sin un torque de instalación, instalar los anclajes de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

9.4.6 Requisitos – En el caso de los anclajes de torque controlado no se deberá producir hendimiento hasta llegar a un torque igual a $1,7T_{inst}$ o $1,0T_{inst} + 100 \text{ ft-lb}$ (138 Nm), cualquiera sea el valor que resulte menor. El fractil 5% del valor de torque registrado calculado de acuerdo con el Apéndice A2 y normalizado para $f_c =$

2500 lb/in.² (17 MPa) utilizando la Ecuación (A1-1) deberá ser mayor que el menor valor entre $1,7T_{inst}$ o $1,0T_{inst} + 100$ ft-lb (138 Nm). Si este requisito no se satisface, repetir los ensayos utilizando mayores valores de c_{min} y s_{min} hasta satisfacer el requisito. En el caso de los anclajes rebajados y de expansión de desplazamiento controlado y los anclajes de carga controlada, durante el proceso de instalación no se deberá dañar el borde. Si los anclajes no satisfacen estos requisitos se deberá hacer lo siguiente:

- Mantener constante c_{min} , aumentar s_{min} , instalar los anclajes de acuerdo con los Artículos 9.4.3, 9.4.4 o 9.4.5 hasta que no se produzca hendimiento; y
- Mantener constante s_{min} , aumentar c_{min} , instalar los anclajes de acuerdo con los Artículos 9.4.3, 9.4.4 o 9.4.5 hasta que no se produzca hendimiento.

Informar estas distancias al borde y separaciones mínimas.

9.5 – Ensayo de corte bajo condiciones de servicio para anclajes individuales no afectados por los efectos de borde y separación (Tabla 5.1, Ensayo 9, y Tabla 5.2, Ensayo 11)

9.5.1 Propósito – La intención de este ensayo es evaluar la capacidad de corte de los anclajes determinada por la falla del acero en aquellas situaciones en las cuales no es posible calcular la capacidad de corte de manera confiable. Realizar ensayos de corte en hormigón no fisurado para los anclajes cuya sección transversal, a una distancia menor o igual que cinco diámetros del anclaje a partir del plano de falla por corte, sea menor que la de un bulón roscado que tenga el mismo diámetro nominal que el anclaje. Calcular V_s utilizando el Apéndice A2. Cuando no se requieran estos ensayos de corte, la resistencia al corte del acero de los anclajes deberá ser determinada mediante los métodos indicados en ACI 318.

9.6 – Ensayos de tracción sísmica simulada bajo condiciones de servicio (Tabla 5.2, Ensayo 12)

9.6.1 Propósito – La intención de estos ensayos opcionales es evaluar el comportamiento de los anclajes bajo tracción sísmica, incluyendo los efectos de las fisuras y el caso sin influencia de los bordes.

9.6.2 Ensayos – Realizar ensayos que simulen las cargas de tracción sísmica pulsantes sobre anclajes con la menor longitud embebida para la cual están calificados para su uso en hormigón fisurado. Estará permitido ensayar los anclajes con una longitud

embebida mayor a fin de verificar capacidades de carga mayores para longitudes embebidas más profundas. Instalar el anclaje en una fisura cerrada de acuerdo con la Sección 6.4. Abrir la fisura hasta que tenga un ancho de 0,020 in. (0,5 mm). Si el fabricante no especifica ningún torque, antes de realizar el ensayo ajustar el anclaje a mano. En el caso de los anclajes con rosca interna, ensayar los anclajes con un bulón según lo especificado por el fabricante e informar en la Tabla 11.1. Someter los anclajes a las cargas de tracción de variación sinusoidal especificadas en la Tabla 9.1 y la Figura 9.1, utilizando una frecuencia de carga comprendida entre 0,1 y 2 Hz

siendo:

N_{eq} = máxima carga de tracción sísmica de ensayo, igual al 50% de la capacidad media de tracción en hormigón fisurado obtenida de ensayos de referencia; y

N_m = un cuarto de la capacidad media de tracción en hormigón fisurado obtenida de ensayos de referencia; y

$N_i = (N_{eq} + N_m)/2$

Una vez que el anclaje haya sido sometido a los ciclos de tracción sísmica simulada, cargar el anclaje en tracción hasta la falla utilizando un ancho de fisura inicial mayor o igual que el ancho de fisura al final del ensayo cíclico. Registrar el pico de cada ciclo de carga y el correspondiente desplazamiento del anclaje para la tracción pico. Si el anclaje falla antes de completar los ciclos requeridos en la Tabla 9.1, registrar el número de ciclos y la carga en el momento de la falla.

9.6.3 Requisitos – Todos los anclajes deberán pasar el ensayo de tracción sísmica simulada. Los anclajes ensayados en hormigón fisurado [$w = 0,020$ in. (0,5 mm)] al 50% de la capacidad estática última media deberán ser clasificados para su capacidad total según lo determinado a partir de los resultados de ensayos estáticos normalizados para la resistencia del hormigón del elemento ensayado. Estará permitido ensayar los anclajes que no pasen el ensayo de tracción sísmica simulada utilizando una menor carga cíclica máxima a fin de establecer una capacidad nominal contra el arrancamiento reducida. Para los anclajes que se ensayan utilizando una menor carga cíclica máxima, se deberá reducir la capacidad de tracción nominal multiplicando por la relación entre la máxima carga cíclica ensayada y el 50% de la capacidad estática última. La capacidad residual media de los anclajes de la serie de ensayos de

tracción deberá ser al menos 80% de la capacidad media de los correspondientes ensayos de referencia minorada multiplicando por la relación entre la máxima carga cíclica ensayada y el 50% de la capacidad de tracción estática última.

9.7 – Ensayos de corte sísmico simulado bajo condiciones de servicio (Tabla 5.2, Ensayo 13)

9.7.1 *Propósito* – La intención de estos ensayos opcionales es evaluar el comportamiento de los anclajes bajo cargas que simulen cargas de corte sísmico alternantes.

9.7.2 *Ensayos* – Ensayar los anclajes con la menor longitud embebida para la cual están calificados para su uso en hormigón fisurado. Estará permitido ensayar los anclajes con una longitud embebida mayor a fin de verificar capacidades de carga mayores para longitudes embebidas más profundas. Instalar los anclajes de acuerdo con la Sección 6.2. Si el fabricante no especifica ningún torque, antes de realizar el ensayo ajustar el anclaje a mano. En el caso de los anclajes con rosca interna, ensayar los anclajes con un bulón según lo especificado por el fabricante e informar en la Tabla 11.1. Someter los anclajes a las cargas de corte de variación sinusoidal especificadas en la Tabla 9.2 y la Figura 9.2. Cuando no sea posible determinar la capacidad de corte de acuerdo con la Sección 9.5, Tabla 5.2, Ensayo 11, se deberán realizar ensayos de referencia separados para determinar la capacidad de corte en fisuras de 0,020 in. (0,3 mm). Los parámetros de ensayo – profundidad embebida, orientación de las fisuras y resistencia del hormigón – deberán ser iguales a los utilizados para el ensayo de corte sísmico. Aplicar la carga en forma paralela a la dirección de la fisura, con una frecuencia de carga comprendida entre 0,1 y 2 Hz. Para reducir el deslizamiento descontrolado durante la inversión de la carga, estará permitido aproximar la carga de corte alternante aplicando dos ciclos de carga semisinusoidales a la frecuencia deseada, conectados mediante un aumento de carga lineal como se ilustra en la Figura 9.3. Una vez que se hayan efectuado los ciclos de carga sísmica simulada, ensayar los anclajes hasta su falla aplicando corte estático. Registrar la carga de corte pico para cada semiciclo y el correspondiente desplazamiento del anclaje en la dirección de la carga. Graficar la relación carga-desplazamiento en forma de ciclos de histéresis,

siendo

- V_{eq} = máxima carga de corte sísmico de ensayo, igual a un medio de la capacidad media en hormigón fisurado obtenida de ensayos de corte o calculada a partir de la capacidad de corte del acero de acuerdo con ACI 318;
- V_m = un cuarto de la capacidad media de corte en hormigón fisurado obtenida de ensayos o calculada a partir de la capacidad del acero; y
- $V_i = (V_{eq} + V_m)/2$

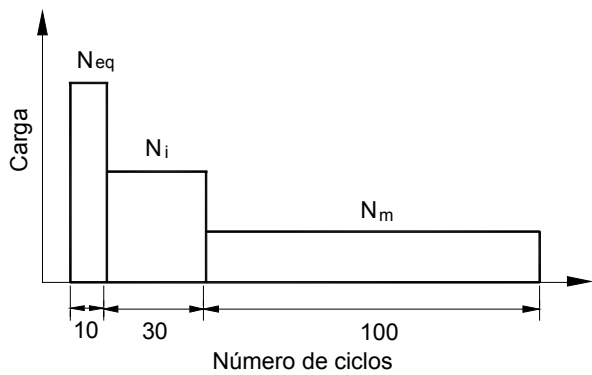


Figura 9.1 – Patrón de carga para el ensayo de tracción sísmica simulada

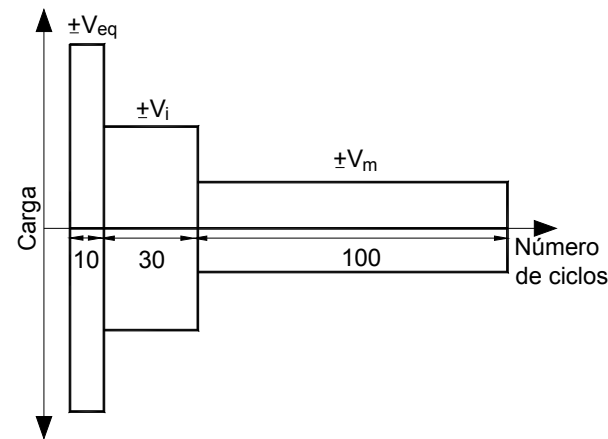


Figura 9.2 – Patrón de carga para el ensayo de corte sísmico simulado

Tabla 9.1 – Historial de carga de tracción sísmica requerido

| | | | |
|------------------|----------|-------|-------|
| Nivel de carga | N_{eq} | N_i | N_m |
| Número de ciclos | 10 | 30 | 100 |

Tabla 9.2 – Historial de carga de corte sísmico requerido

| | | | |
|------------------|--------------|-----------|-----------|
| Nivel de carga | $\pm V_{eq}$ | $\pm V_i$ | $\pm V_m$ |
| Número de ciclos | 10 | 30 | 100 |

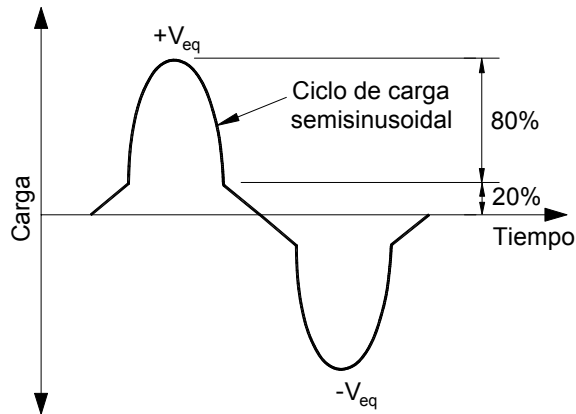


Figura 9.3 – Aproximación permitida para el ciclo de corte sísmico alternante

9.7.3 Requisitos – Todos los anclajes deberán pasar el ensayo de corte sísmico simulado. Los anclajes ensayados al 50% de la capacidad de corte última media deberán ser clasificados para su capacidad total según lo determinado mediante ensayos estáticos. Estará permitido ensayar los anclajes que no pasen estos ensayos utilizando menores cargas cíclicas máximas. Para los anclajes que se ensayan utilizando menores cargas cíclicas máximas, se deberá reducir la capacidad de corte nominal multiplicando por la relación entre la máxima carga cíclica ensayada y el 50% de la capacidad de corte estático. La capacidad residual media de los anclajes de la serie de ensayos de corte deberá ser al menos 80% de la capacidad media de los correspondientes ensayos de referencia minorada multiplicando por la relación entre la máxima carga cíclica ensayada y el 50% de la capacidad de corte última.

CAPÍTULO 10 - ESTABLECIMIENTO DE LAS CATEGORÍAS DE LOS ANCLAJES

10.1 Para cada combinación de diámetro de anclaje y longitud embebida, calcular la relación entre la capacidad característica en cada ensayo de confiabilidad y la capacidad característica en el ensayo de referencia correspondiente. Determinar las capacidades características de acuerdo con el Apéndice A2. El valor de K utilizado para calcular la capacidad característica en cada ensayo de confiabilidad y en el correspondiente ensayo de referencia deberá ser el valor de K asociado con el ensayo (confiabilidad o referencia) con el menor número de muestras (menor valor de n). Usando la menor de las relaciones de capacidades características

obtenida de todos los ensayos de confiabilidad, establecer la categoría del anclaje usando la Tabla 10.1. Para cada diámetro informar una única categoría que represente la menor categoría determinada según los ensayos.

Tabla 10.1 – Establecimiento de las categorías de los anclajes

| Menor relación de capacidades características | Categoría del anclaje |
|---|-----------------------------|
| $0,80 \leq \frac{N_{b,r}}{N_{b,o}}$ | 1 |
| $0,70 \leq \frac{N_{b,r}}{N_{b,o}} < 0,80$ | 2 |
| $0,60 \leq \frac{N_{b,r}}{N_{b,o}} < 0,70$ | 3 |
| Si $N_{b,r} / N_{b,o} < 0,60$ | El anclaje es no calificado |

CAPÍTULO 11 – PRESENTACIÓN DE LOS DATOS DE LOS ANCLAJES

11.1 – Análisis de datos

Analizar los datos de acuerdo con los Apéndices A1 y A2.

11.2 – Formato de la hoja de especificaciones técnicas

Informar los datos requeridos por ACI 355.2 en el formato ilustrado en la Tabla 11.1. Agregar otras observaciones según corresponda, e incluirlas en el informe de evaluación.

11.3 – Requisitos generales

El informe de evaluación deberá satisfacer los requisitos de informe de la norma ASTM E 488 y deberá incluir información suficiente para la plena identificación del producto, instrucciones explícitas de instalación y datos de diseño.

11.4 – Contenido del informe de evaluación

En particular el informe deberá incluir:

- 11.4.1** Descripción de los tipos de anclajes.
- 11.4.2** Materiales constitutivos (Sección 4.3.2).
- 11.4.3** Marcas (Sección 4.3.6).
- 11.4.4** Datos del comportamiento de los anclajes de acuerdo con la Sección 11.2.

Tabla 11.1 – Ejemplo del formato a utilizar para informar los datos de los anclajes

| Característica | Símbolo | Diámetros de los anclajes | | | | |
|---|------------------|--|----------------|----------------|----------------|---|
| | | Diámetros más pequeños (si corresponde) | M8 5/16 in. | M10 3/8 in. | M12 1/2 in. | Diámetros más grandes (si corresponde) |
| Longitud embebida efectiva | h_{ef} | | | | | |
| Diámetro exterior | d_o | | | | | |
| Área efectiva de la sección transversal traccionada, cuando corresponda | A_{se} | | | | | |
| Capacidad de corte del acero | V_s | | | | | |
| Mínima tensión de fluencia especificada | f_y | | | | | |
| Mínima resistencia última especificada | f_{ut} | | | | | |
| Mínima separación | s_{min} | | | | | |
| Torque de instalación | T_{inst} | | | | | |
| Distancia crítica al borde | c_{cr} | | | | | |
| Mínima distancia al borde | c_{min} | | | | | |
| Mínimo espesor del elemento de hormigón | h_{min} | | | | | |
| Categoría del anclaje (calculada) | 1, 2 o 3 | | | | | |
| Factor de efectividad | k | | | | | |
| Resistencia al arrancamiento – obtenida de ensayos – valor característico calculado | N_p | | | | | |
| Resistencia sísmica determinada a partir de ensayos | N_{eq}, V_{eq} | | | | | |
| Rigidez axial del anclaje en el rango de carga de servicio | β, ν | | | | | |

CAPÍTULO 12 – REQUISITOS PARA LAS AGENCIAS INDEPENDIENTES DE ENSAYO Y EVALUACIÓN

12.1 Los ensayos y evaluación de los anclajes conforme a ACI 355.2 deberán ser realizados o presenciados por una agencia independiente de ensayo y evaluación listada por un servicio de acreditación reconocido que satisfaga los requisitos de ISO 17025 y la Guía 58. Además de estas normas, el listado de la agencia de ensayo y evaluación deberá ser otorgado en base a experiencia documentada en la realización de ensayos y la evaluación de anclajes de acuerdo con ASTM E 488, incluyendo la comprobada competencia para realizar los ensayos descriptos en ACI 355.2.

12.2 Los ensayos deberán ser presenciados y evaluados por un ingeniero matriculado empleado o contratado por la agencia independiente de ensayo y evaluación.

CAPÍTULO 13 – REFERENCIAS

13.1 – Normas de Referencia

- C 31-96 Making and Curing Concrete Test Specimens
- C33-93 Standard Specification for Concrete Aggregates
- C 39-96 Compression Strength of Cylindrical Concrete Specimens
- C 42-94 Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete
- C 150-97 Specifications for Portland Cement
- C 330-89 Lightweight Aggregates for Structural Concrete
- E 18-94 Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials
- E 488-96 Test Methods for Strength of Anchors in Concrete and Masonry Elements

ACI 318-02 Building Code Requirements for Structural Concrete

American National Standards Institute:

ANSI B212.15-94 *American National Standard for Cutting Tools – Carbide-Tipped Masonry Drills and Blanks for Carbide-Tipped Masonry Drills*

International Standards Organization

ISO/IEC 17025-99: *General Requirements for the Competence of Calibration and Testing Laboratories*

ISO/IEC Guide 58-93: *Calibration and Testing Laboratory Accreditation Systems – General Requirements for Operation and Recognition*

Estas publicaciones se pueden adquirir de las siguientes organizaciones:

ASTM
100 Barr Harbor Drive
West Conshohocken, PA 19428

American Concrete Institute
P.O. Box 9094
Farmington Hills, MI 48333-9094

American National Standards Institute
11 West 42nd Street
New York, NY 10036

International Standards Organization
1, Rue de Verambé
Case Postale 56
CH-1211 Genève 20
Suiza

APÉNDICES OBLIGATORIOS

A1 – REQUISITOS PARA LA NORMALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS

A1.1 – Normalización de las capacidades para tomar en cuenta las resistencias del hormigón y el acero

Para comparar las capacidades de anclajes obtenidas mediante ensayos en hormigones de diferentes resistencias se deberá tomar en cuenta el tipo de falla.

A1.2 – Falla por hendimiento o desprendimiento del hormigón

Normalizar las capacidades en proporción a $\sqrt{f_c}$ de acuerdo con la Ecuación (A1-1).

$$F_{m,i} = F_{u,ensayo,i} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,m,i}}{f_{c,ensayo,i}}} \quad \text{lb, N} \quad (\text{A1-1})$$

A1.3 Fallas por arrancamiento del anclaje o del cuerpo del anclaje – La influencia de la resistencia del hormigón sobre la carga de falla por arrancamiento del anclaje o del cuerpo del anclaje se deberá establecer mediante ensayos.

A1.4 Falla del acero – Normalizar la capacidad de acuerdo con la resistencia nominal del acero usando la Ecuación (A1-2). En el caso de los aceros que satisfacen una norma nacional, el fractil 5% de la capacidad del hacer se deberá calcular como la mínima resistencia última a la tracción especificada f_{ut} multiplicada por el área traccionada efectiva del anclaje.

$$F_{ut} = F_{u,ensayo,i} \cdot \frac{f_{ut}}{f_{u,ensayo}} \quad \text{lb, N} \quad (\text{A1-2})$$

A2 – REQUISITOS PARA ESTABLECER CAPACIDADES CARACTERÍSTICAS

A2.1 – Campo de validez

A continuación se describe el método para obtener $F_{5\%}$ (capacidad característica) a partir de la capacidad de falla media F_m y el coeficiente de variación v para ensayos en los cuales se produce una falla por desprendimiento del hormigón o por arrancamiento del anclaje o del cuerpo del anclaje.

A2.2 – Procedimiento

Calcular la capacidad característica de acuerdo con la Ecuación (A2-1) usando la capacidad media F_m obtenida de ensayos y el valor de K apropiado de la Tabla A2.1. Los valores de K indicados en la Tabla A2.1 son factores para los límites de tolerancia unilateral para las distribuciones normales, y corresponden a una probabilidad de no excedencia del 5% con una confianza del 90%.*

$$F_{5\%} = F_m (1 - Kv) \quad \text{lb, N} \quad (\text{A2-1})$$

* Natrella, M.G., 1966, *Experimental Statistics*, National Bureau of Standards Handbook 91, U.S. Department of Commerce

Tabla A2.1 – Valores de K para evaluar la capacidad característica para una confianza del 90%

| Número de ensayos | K |
|-------------------|-------|
| 4 | 3,957 |
| 5 | 3,400 |
| 6 | 3,091 |
| 7 | 2,894 |
| 8 | 2,755 |
| 9 | 2,649 |
| 10 | 2,568 |
| 15 | 2,329 |
| 20 | 2,208 |
| 25 | 2,132 |
| 30 | 2,080 |
| 40 | 2,010 |
| 50 | 1,965 |
| ∞ | 1,645 |

A3 – REQUISITOS PARA LOS ELEMENTOS DE HORMIGÓN A UTILIZAR EN LOS ENSAYOS

La norma ASTM E 488 contiene lineamientos generales.

A3.1 – Ensayos en hormigón no fisurado

Utilizar elementos que no estén armados salvo lo requerido por el Artículo A3.1.1 y permitido por el Artículo A3.1.2.

A3.1.1 Para los ensayos bajo condiciones de servicio realizados para determinar la mínima distancia al borde y separación estará permitido proporcionar armadura de borde con una barra recta No. 3 (9,5 mm) que tenga un recubrimiento de hormigón de 5/8 in. (15 mm).

A3.1.2 Estará permitido que el elemento contenga armadura para permitir su manipuleo y/o la distribución de las cargas transmitidas por los equipos de ensayo. Colocar esta armadura de manera que no afecte la capacidad del anclaje ensayado. Este requisito se considerará satisfecho si la armadura está ubicada fuera de un cono de hormigón cuyo vértice se encuentra en el anclaje, cuya base es perpendicular a la dirección de la carga y cuyo ángulo interno en el vértice es de 120 grados.

A3.2 – Ensayos en hormigón fisurado

Utilizar elementos que satisfagan los requisitos de la Sección A3.1 y los requisitos adicionales de la Sección A3.2. El ancho de fisura deberá ser aproximadamente uniforme en todo el espesor del elemento. El espesor del elemento deberá ser mayor o igual que $1,5h_{ef}$ pero como mínimo igual a 4 in. (100 mm). Para controlar la ubicación de las fisuras y ayudar a asegurar que los anclajes se instalan en toda la profundidad de la fisura estará permitido instalar inductores de fisuras en el elemento siempre que estén ubicados de manera de no afectar los resultados de los ensayos. En el caso de los elementos en los cuales se utiliza armadura interna para controlar el ancho de las fisuras, la armadura se deberá colocar de manera que no afecte el comportamiento de los anclajes. Este requisito se considerará satisfecho si los inductores de fisuras y la armadura están ubicados fuera de un cono de hormigón cuyo vértice se encuentra en el anclaje, cuya base es perpendicular a la dirección de la carga y cuyo ángulo interno en el vértice es de 120 grados. La cuantía de armadura de la sección transversal de los elementos de hormigón utilizados para realizar ensayos en hormigón fisurado debería ser de aproximadamente 1%. En la Figura A3.1 se ilustra un ejemplo de un elemento que se puede utilizar para los ensayos.

A3.3 – Colado y curado de los elementos de hormigón a ensayar

Colar los elementos a ensayar ya sea horizontal o verticalmente. Si el elemento se cuela verticalmente, la máxima altura de una colada de hormigón será de 5 ft (1,5 m).

A3.3.1 Almacenar las probetas cilíndricas de hormigón bajo las mismas condiciones ambientales que los elementos a ensayar. Retirar las probetas de los moldes simultáneamente con el retiro de los moldes de los elementos a ensayar. A menos que se especifique lo contrario para ensayar anclajes el hormigón deberá tener como mínimo una edad de 21 días. Determinar la resistencia del elemento a ensayar mediante ensayos de compresión en probetas cilíndricas o testigos representativos de la resistencia del hormigón a utilizar para ensayar los anclajes (por ejemplo, el día de la serie de ensayos, promediando los resultados al inicio y al final de varias series de ensayos, o a partir de la gráfica de los resultados en función de la edad).

A3.3.2 Al evaluar los resultados de los ensayos, si existe duda respecto de si las probetas de hormigón son representativas de la resistencia del hormigón del elemento a ensayar, extraer de las zonas del elemento en las cuales el hormigón no ha sido dañado por el ensayo

del anclaje como mínimo tres testigos que tengan un diámetro comprendido entre 3 in. y 6 in. (entre 100 y 150 mm), y realizar ensayo de compresión. Preparar los testigos, ensayarlos en condición seca y evaluar los resultados de acuerdo con los requisitos de ASTM C 42.

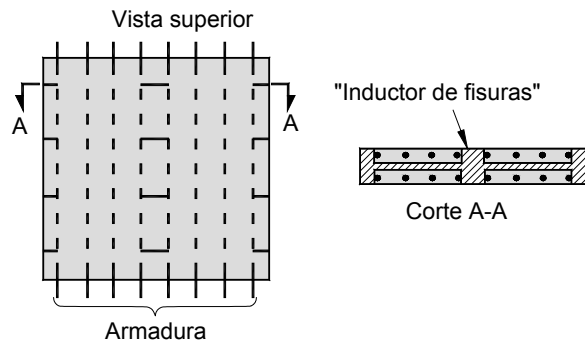


Figura A3.1 – Ejemplo de un elemento utilizado para ensayar a tracción anclajes instalados en hormigón fisurado