



**Actualización del diseño de pernos de anclaje embebidos en concreto**  
**Comparativa ACI 318-08 /ACI318-19**  
**Caso de estudio**

Juan Esteban Correa Gil

Luis Fernando Suarez Duque

Monografía presentada para optar al título de Especialista en Análisis y Diseño de Estructuras

Asesor

Mauricio José Castro García  
Ingeniero Civil, M.Sc.C.E.

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Especialización en Análisis y Diseño de Estructuras  
Medellín, Antioquia, Colombia  
2024

---

Cita

(Correa Gil & Suarez Duque, 2024)

---

Referencia

Correa Gil & Suarez Duque. (2024). *Actualización del diseño de pernos de anclaje embebidos en concreto Comparativa ACI 318-08 /ACI318-19*. [Trabajo de grado especialización. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Estilo APA 7 (2020)

---



Especialización en Análisis y Diseño de Estructuras, Cohorte XI.



Biblioteca Carlos Gaviria Díaz

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## Tabla de contenido

1. Resumen.....	5
2. Abstract .....	6
3. Motivación .....	7
5. Objetivos específicos .....	9
6. Revisión de literatura .....	10
6.1. Introducción .....	10
6.2. Definiciones y Tipologías .....	11
6.3. Límites de diseño .....	12
6.4. Resistencia requerida.....	12
6.5. Resistencia de diseño. ....	12
6.6. Refuerzo suplementario.....	13
7. Requisitos de resistencia de diseño.....	14
7.1. Resistencia al arrancamiento del concreto de anclajes en tracción .....	14
7.2. Resistencia al desprendimiento lateral del concreto para anclajes con cabeza en tracción. ....	16
7.3. Resistencia a la falla por adherencia de anclajes adheridos en tracción: .....	16
7.4. Resistencia al cortante .....	18
7.5. Interacción tracción - cortante.....	19
8. Caso de estudio .....	19
9. Observaciones y conclusiones .....	29
10. Documentos de referencia.....	29
11. Anexos.....	30

---

### Lista de figuras

Figura 1. Diferentes sistemas de anclajes (Fuente: Estructuras metálicas Delacero sas). .....	10
Figura 2. Anclajes postinstalados.....	11
Figura 3. Acero suplementario para tracción .....	13
Figura 4.. Acero suplementario para cortante .....	13
Figura 5. Dimensionamiento para el diseño de anclajes (Fuente ACI-318-08.).....	15
Figura 6. Formulación para grupo de anclajes (Fuente ACI-318-08.).....	15
Figura 7. Áreas de influencia en anclajes adheridos (Fuente ACI-318-14.).....	17
Figura 8. Formulación para un cortante perpendicular (Fuente ACI-318-08.).....	18

## 1. Resumen

El trabajo analiza los cambios en el diseño de anclajes al concreto entre el ACI 318-08 y el ACI 318-19, con el objetivo de actualizar la práctica de diseño en Colombia, dado el creciente uso de estructuras de acero en los sectores comercial, industrial y residencial. La globalización y nuevas tecnologías resaltan la necesidad de normas actualizadas para la instalación de anclajes de acero en concreto.

Se compara el ACI 318-08, base del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), con el ACI 318-19, referencia para futuras actualizaciones. La normativa evoluciona con avances tecnológicos, mejorando los materiales y técnicas de construcción.

El estudio revisa definiciones, clasificaciones y modos de falla de anclajes. El capítulo 17 del ACI 318-19 establece límites de resistencia y factores que afectan el comportamiento de los anclajes, como la resistencia del concreto y condiciones de instalación.

El análisis destaca ajustes en la versión ACI 318-19, incluyendo factores de resistencia para concretos livianos y nuevas disposiciones para zonas sísmicas. También aborda estados límite relacionados con resistencias al arrancamiento y cortante, y la verificación de esfuerzos en situaciones no ortogonales.

Los resultados muestran la necesidad de adaptar el diseño a los nuevos requerimientos, destacando la importancia de prácticas de ingeniería más seguras y alineadas con estándares internacionales recientes.

---

## 2. Abstract

The work analyzes the changes in concrete anchor design between ACI 318-08 and ACI 318-19, aiming to update design practices in Colombia due to the increasing use of steel structures in commercial, industrial, and residential sectors. Globalization and new technologies emphasize the need for updated standards for installing steel anchors in concrete.

A comparison is made between ACI 318-08, which underpins the Colombian Seismic Construction Code (NSR-10), and ACI 318-19, the reference for future updates. The standards evolve with technological advancements, improving construction materials and techniques.

The study reviews definitions, classifications, and failure modes of anchors. Chapter 17 of ACI 318-19 establishes strength limits and factors affecting anchor behavior, such as concrete strength and installation conditions.

The analysis highlights adjustments in ACI 318-19, including resistance factors for lightweight concrete and new provisions for seismic zones. It also addresses limit states related to pullout and shear resistances, as well as the verification of forces in non-orthogonal situations.

The findings reveal the need to adapt design practices to new requirements, underscoring the importance of safer engineering practices aligned with recent international standards.

### 3. Motivación

La industria de la construcción en Colombia, que se ha caracterizado históricamente por el uso de sistemas de construcción tradicional como la mampostería y el concreto, ha evidenciado en las últimas décadas un apreciable crecimiento en el uso de estructuras de acero, no solo en los sectores comercial e industrial sino también en el sector residencial, lo que en buena parte puede atribuirse a la globalización que ha permitido el acceso a nuevas tecnologías y ha facilitado la importación de una más amplia gama de material primas.

Esta condición hace que cada vez sea más importante disponer de unos lineamientos claros para el diseño los anclajes de las estructuras de acero a la obra civil y para la consideración de la interacción entre estos componentes. Este punto se hace más crítico teniendo en cuenta que en muchos casos los responsables del diseño de las estructuras de acero son distintos de los responsables del diseño de la obra civil.

El diseño de los anclajes es un campo en permanente innovación, tanto desde la comunidad académica como por parte de los fabricantes de los sistemas de anclaje, lo que se refleja en la evolución de las normas de diseño. El presente trabajo está motivado por la necesidad de que los ingenieros estén actualizados con los desarrollos y las normas más recientes en este campo.

En el caso colombiano, el diseño de edificaciones sismorresistentes está regido actualmente por el Reglamento de Construcción Sismo Resistente NSR-10. En esta norma, los lineamientos básicos para el diseño de los pernos de anclaje se dan en el Apéndice C-D, que se basó en la norma ACI 318-08 para la generación de sus formulaciones y criterios. Dado que se prevé que la revisión del Reglamento, actualmente en curso, se siga basando en su homólogo estadounidense, se hará aquí una comparación entre la versión ACI 318-08, usada para la NSR-10, y la ACI318-19, usada como base para la norma AIS 100-24 que a su vez será el documento de referencia para la actualización de la norma colombiana.

Es de vital importancia el cumplimiento exhaustivo de estas normas ya que su finalidad es establecer unos parámetros mínimos de seguridad que permitan garantizar el adecuado desempeño de las estructuras y la seguridad de las personas que hacen uso de ellas, además de la protección del patrimonio como efecto colateral.

Conscientes de la evolución constante de técnicas, procedimientos, tecnología y materiales con el fin de mejorar la eficiencia de los anclajes en concreto, esperamos con este trabajo contribuir a mejores prácticas por parte de quienes diseñan o instalan elementos de anclaje en concreto.

Esta monografía tipo caso de estudio permitirá identificar de manera clara los cambios y avances introducidos en la actualización de una norma que al final termina siendo nuestro referente de procedimiento para diseño e instalación.



#### **4. Objetivo general**

Identificar las modificaciones introducidas en los requisitos de diseño de los anclajes al concreto entre el código ACI 318-08 y el código ACI 318-19 y sobre esta base ajustar una hoja de cálculo existente a los nuevos lineamientos de manera que permita realizar diseños actualizados, confiables y eficientes de los sistemas de anclaje.

#### **5. Objetivos específicos**

- Realizar una revisión de la norma ACI 318-19 con sus versiones anteriores, ACI 318-08 y 318-14 para actualización de hoja de cálculo existente y establecer las diferencias más representativas.
- Leer y analizar las principales verificaciones y los estados límite para el diseño de pernos de anclaje embebidos en concreto
- Comparar los requisitos de la especificación ACI 318-19 con los de la especificación ACI 318-08 e identificar los cambios.
- Presentar comparativa de resultados con hoja de cálculo existente y la actualizada de diseño de pernos de anclaje embebidos en concreto bajo casos de carga conocidos y acotar principales diferencias.

## 6. Revisión de literatura

### 6.1. Introducción

El diseño de pernos de anclaje embebidos en concreto ha evolucionado significativamente a lo largo de los años, adaptándose y mejorando constantemente para su implementación en una amplia gama de estructuras, incluyendo estructuras metálicas y de madera. Esta evolución ha sido impulsada principalmente por avances tecnológicos que han mejorado la calidad y resistencia de los materiales utilizados, como son los concretos de alta resistencia y los aceros avanzados. Tales innovaciones se ven reflejadas directamente en las normativas y en su modo de implementación, que regulan los lineamientos y directrices para el diseño de estos pernos.

En la Figura 1 se observa un ejemplo de la evolución que han tenido los sistemas de anclaje embebidos en concreto a través del tiempo.



*Figura 1. Diferentes sistemas de anclajes (Fuente: Estructuras metálicas Delacero sas).*

Las normativas desempeñan un papel crucial al establecer estándares actualizados que incorporan los últimos avances y mejores prácticas en el campo. Esta monografía se centra en destacar la importancia de las normativas y la literatura disponible en este ámbito, mostrando cómo han contribuido significativamente en cada una de sus revisiones y actualizaciones. Un ejemplo claro de esta contribución es la comparación detallada entre las normas ACI 318-08 y ACI 318-19, donde se analizan los cambios y mejoras implementadas a lo largo de diferentes versiones.

Antes de abordar específicamente estos cambios, es esencial contextualizar el alcance general del ACI 318 en lo que respecta a anclajes embebidos en concreto y sus consideraciones fundamentales. La norma ACI 318 aborda exhaustivamente este tema en su Capítulo 17,

delimitando claramente los aspectos técnicos y de seguridad que deben considerarse en el diseño y la instalación de anclajes.

El progreso en este campo no solo se debe a la evolución de las normativas, sino también al continuo avance científico respaldado por nuevas tecnologías.

## 6.2. Definiciones y Tipologías

**Anclaje:** Elemento en acero insertado en el concreto para transferir las cargas inducidas por la estructura.

**Sistema de Anclaje:** Conjunto de Anclajes instalados de manera específica para garantizar el correcto funcionamiento a la hora de resistir las sollicitaciones.

**Anclaje Preinstalado:** Son aquellos instalados antes de fundir el elemento de concreto, los más utilizados son:

- Tornillo con cabeza y arandela para retención.
- Tornillo o espárrago en L.
- Tornillo o espárrago en J.
- Perno con cabeza soldado a la placa.
- Anclaje Postinstalados: Son aquellos cuya instalación se efectúa en concreto endurecido, los más utilizados son:
- Anclaje químico o adhesivo.
- Anclaje con sobre perforación.
- 1-Anclaje expansivo con torque controlado
- 2-Anclaje expansivo con desplazamiento controlado.
- Anclaje atornillado con tuerca incrustada.
- Anclaje atornillado directo en el concreto.

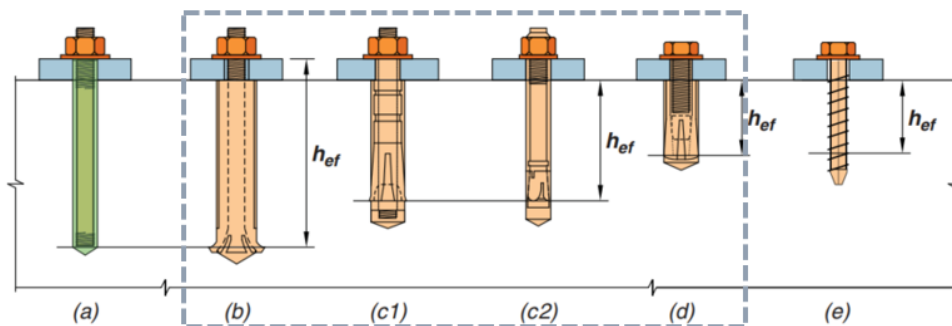


Figura 2. Anclajes postinstalados.

### **6.3. Límites de diseño**

Se establecen los valores de  $f'c$  para límites de diseño de pernos de anclaje embebidos en concreto según lo descrito en el capítulo 17 de la norma ACI318-19.

Se hace referencia al comportamiento de los anclajes en elementos de concreto con diferentes tipos de resistencia del concreto estableciendo unos topes máximos de  $f'c$  de 70 Mpa para anclajes preinstalados y 55 Mpa para anclajes postinstalados tomando en cuenta las condiciones de instalación como longitudes de desarrollo y diámetros de los anclajes.

### **6.4. Resistencia requerida.**

Se indica la resistencia de anclajes tomando en cuenta las combinaciones de carga mayoradas aplicables a cada caso en particular incluyendo en las combinaciones factores de sobre resistencia  $\Omega$  de acuerdo al caso específico.

### **6.5. Resistencia de diseño.**

Se especifican los diversos modos de falla tanto del acero como del concreto siendo más amplio el enfoque de las fallas que pueden ocurrir en el concreto.

Se establecen los requisitos de resistencia del concreto para los diversos tipos de anclajes tomando en cuenta las especificaciones de los elementos conectados y sus posibles fallas.

En el numeral 17.5.1 especifican las resistencias requeridas para las diferentes solicitaciones:

- Tracción en el elemento de acero.
- Resistencia al arrancamiento del concreto en anclajes en tracción.
- Resistencia básica al arrancamiento de un solo anclaje.
- Resistencia básica de un solo anclaje por deslizamiento.
- Resistencia a la extracción por deslizamiento tanto en anclajes postinstalados como en anclajes preinstalados en sus diferentes tipos.
- Resistencia al desprendimiento lateral del concreto por tracción de anclajes con cabeza.
- Resistencia a la adherencia en tracción de anclajes adheridos.
- Resistencia del acero del anclaje en cortante.
- Resistencia del anclaje en cortante al arrancamiento del concreto.
- Resistencia del anclaje en cortante al desprendimiento del concreto por cabeceo.

- Modificación de factores de resistencia para concreto liviano. Tabla 17.2.4.1
- Criterio aplicable a cada combinación de carga mayorada. Tabla 17.5.2

**6.6. Refuerzo suplementario**

Para situaciones donde el esfuerzo de tracción sea mayor que la resistencia al arrancamiento del concreto bien sea por fuerzas axiales o de cortante se usara refuerzo suplementario, este se diseñara exclusivamente para impedir dicho arrancamiento y su uso se limita a anclajes preinstalados. (Eligehausen et al. 2006b)

Se deberá cumplir con los numerales 17.2.1 a y 17.2.1b del código ACI 318-19. Donde 17.2.1 a hace referencia al refuerzo de anclaje para tracción y 17.2.1 b se refiere al refuerzo de anclajes para cortante en la Figura 3 se muestran condiciones de acero suplementario

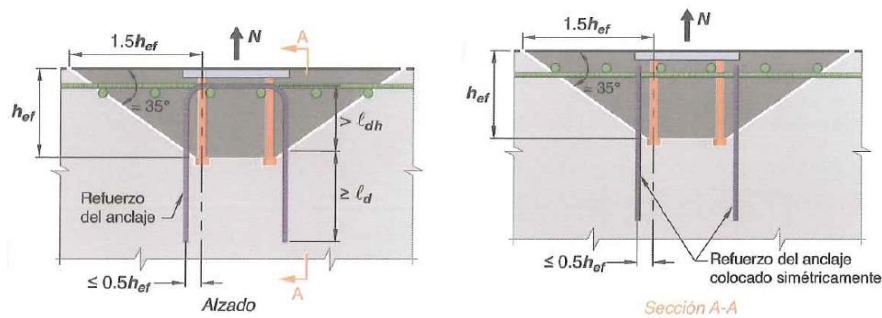


Figura 3. Acero suplementario para tracción

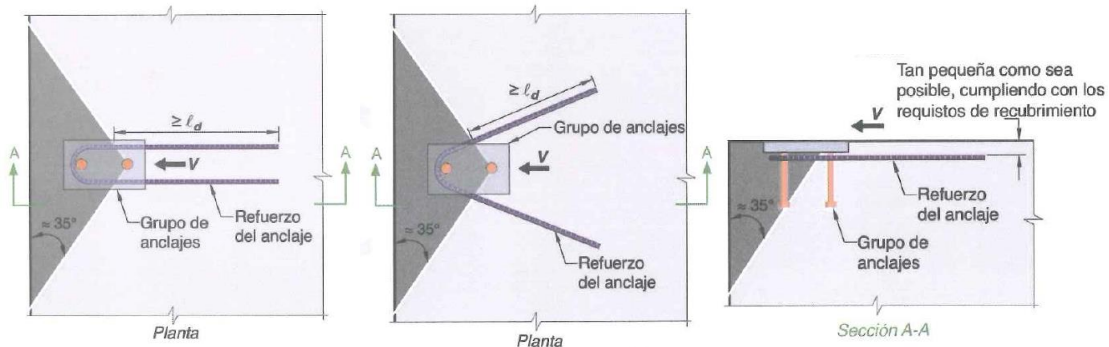


Figura 4.. Acero suplementario para cortante

Los procedimientos y especificaciones para la colocación de refuerzo se debe realizar según las recomendaciones ASTM A1055/A (2022).

## 7. Requisitos de resistencia de diseño

Los requisitos de diseño se describen en el capítulo 17 del ACI 318-19 en el cual se describe que las resistencias cuando son gobernadas por alguno de sus componentes en particular y se diferencian de las anteriores por sus factores de resistencia que varían según el caso que gobierne y la presencia de refuerzo suplementario así:

- Resistencia del anclaje gobernada por tracción en el acero.
- Resistencia del anclaje gobernada por cortante en el acero.
- Resistencia del anclaje gobernada por el arrancamiento del concreto por tracción.
- Resistencia del anclaje gobernada por el arrancamiento del concreto por cortante.
- Resistencia del anclaje gobernada por el deslizamiento del anclaje o desprendimiento del concreto.

Igualmente, en el numeral 17.5.3, se considera la resistencia controlada por el acero ( $N_{se}$ ) tomando en cuenta no solo las especificaciones de la barra o tornillos del anclaje sino también las condiciones de servicio, Desde la edición de 1986 de la Especificación del AISC se estableció un límite de  $1.9f_y$  para futa esto para asegurar que en cargas de servicio el anclaje no supere  $f_y$ , disposiciones que guardan congruencia con las disposiciones de LRFD para condiciones de nivel de servicio dando como resultado un límite para futa /  $f_y$  de  $1.4/0.75 = 1.87$ .

A continuación, se describen las verificaciones para cada uno de los estados límites y la formulación usada según lo descrito en la tabla 17.5.2. del ACI318-19

### 7.1. Resistencia al arrancamiento del concreto de anclajes en tracción

En este capítulo se dan los requisitos de resistencia para un solo anclaje y para anclajes en grupo los cuales deben cumplir con determinadas condiciones que son evaluadas por medio de factores que afectan las áreas de falla proyectadas como se muestra en la Figura 5.

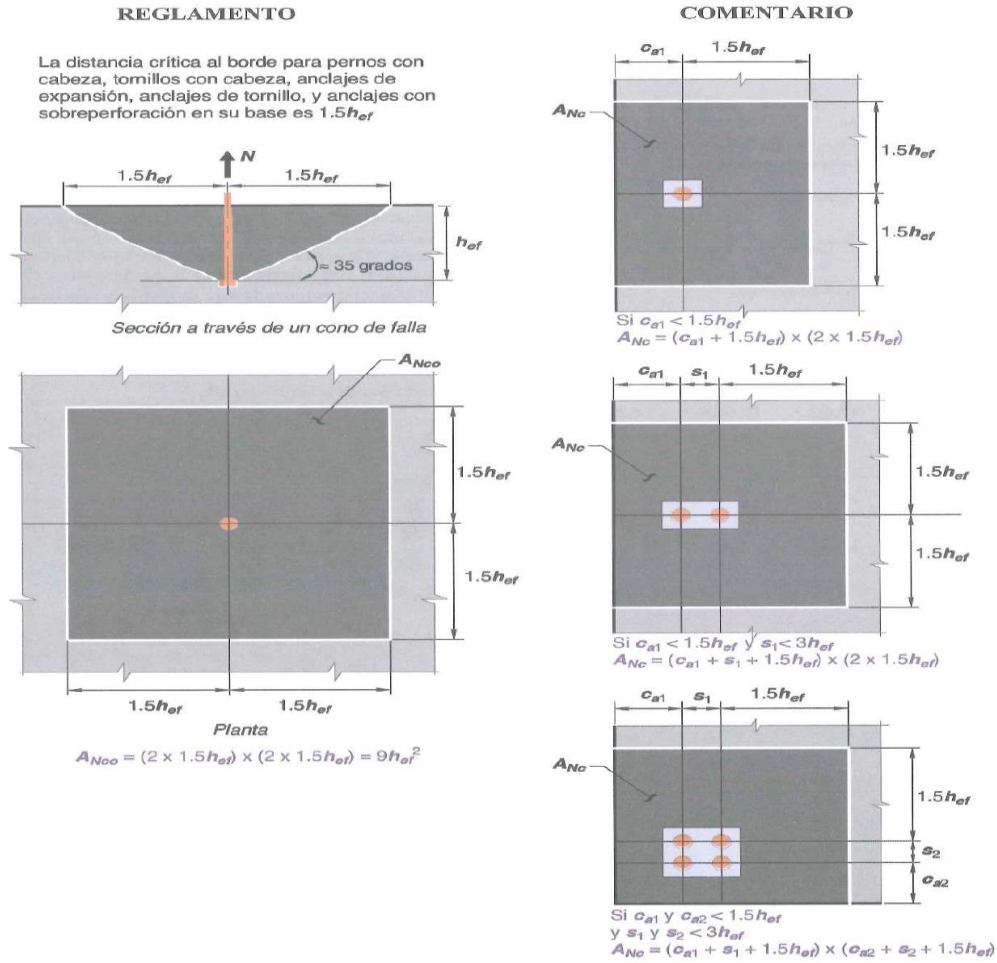


Figura 5. Dimensionamiento para el diseño de anclajes (Fuente ACI-318-08.).

Estos factores están dados de acuerdo con el caso que corresponda así:

(a) Para un solo anclaje:

$$N_{cb} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \Psi_{ed,N} \Psi_{c,N} \Psi_{cp,N} N_b \quad (17.6.2.1a)$$

(b) Para un grupo de anclajes:

$$N_{cbg} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \Psi_{ec,N} \Psi_{ed,N} \Psi_{c,N} \Psi_{cp,N} N_b \quad (17.6.2.1b)$$

Figura 6. Formulación para grupo de anclajes (Fuente ACI-318-08.).

Estos factores están definidos en ACI 318-19, numerales 17.6.2.3, a 17.6.2.6 respectivamente.

Dentro de este capítulo se tratan de manera más específica los siguientes casos de falla:

- Resistencia básica al arrancamiento de un solo anclaje Nb.
- factores de excentricidad del arrancamiento.
- Factor de efecto de borde del arrancamiento.
- Factor de efecto de fisuración para el arrancamiento.
- Factor de hendimiento para el arrancamiento.
- Resistencia a la extracción por deslizamiento en tracción de un solo anclaje.

## **7.2. Resistencia al desprendimiento lateral del concreto para anclajes con cabeza en tracción.**

El numeral 17.6.4.1 está dedicado a los requisitos de diseño de pernos embebidos a diferentes profundidades y posiciones con respecto al borde del elemento estructural. Estos requisitos están basados en recomendaciones de Furche and EligeHausen (1991).

## **7.3. Resistencia a la falla por adherencia de anclajes adheridos en tracción:**

El numeral 17.6.5 del ACI318-19 evalúa anclajes con longitudes de embebido considerables ya que, si la profundidad de embebido no es suficiente, la falla sería por arrancamiento del concreto, dentro de estos se encuentran los casos de un anclaje individual o anclajes actuando en grupo ya que dependiendo de esto toman importancia factores como el diámetro del anclaje, la magnitud del esfuerzo, el espaciamiento entre pernos, y si se tiene concreto fisurado o no fisurado. A continuación, en la Figura 7 se muestra el esquema del área de influencia para casos de uno o varios anclajes:



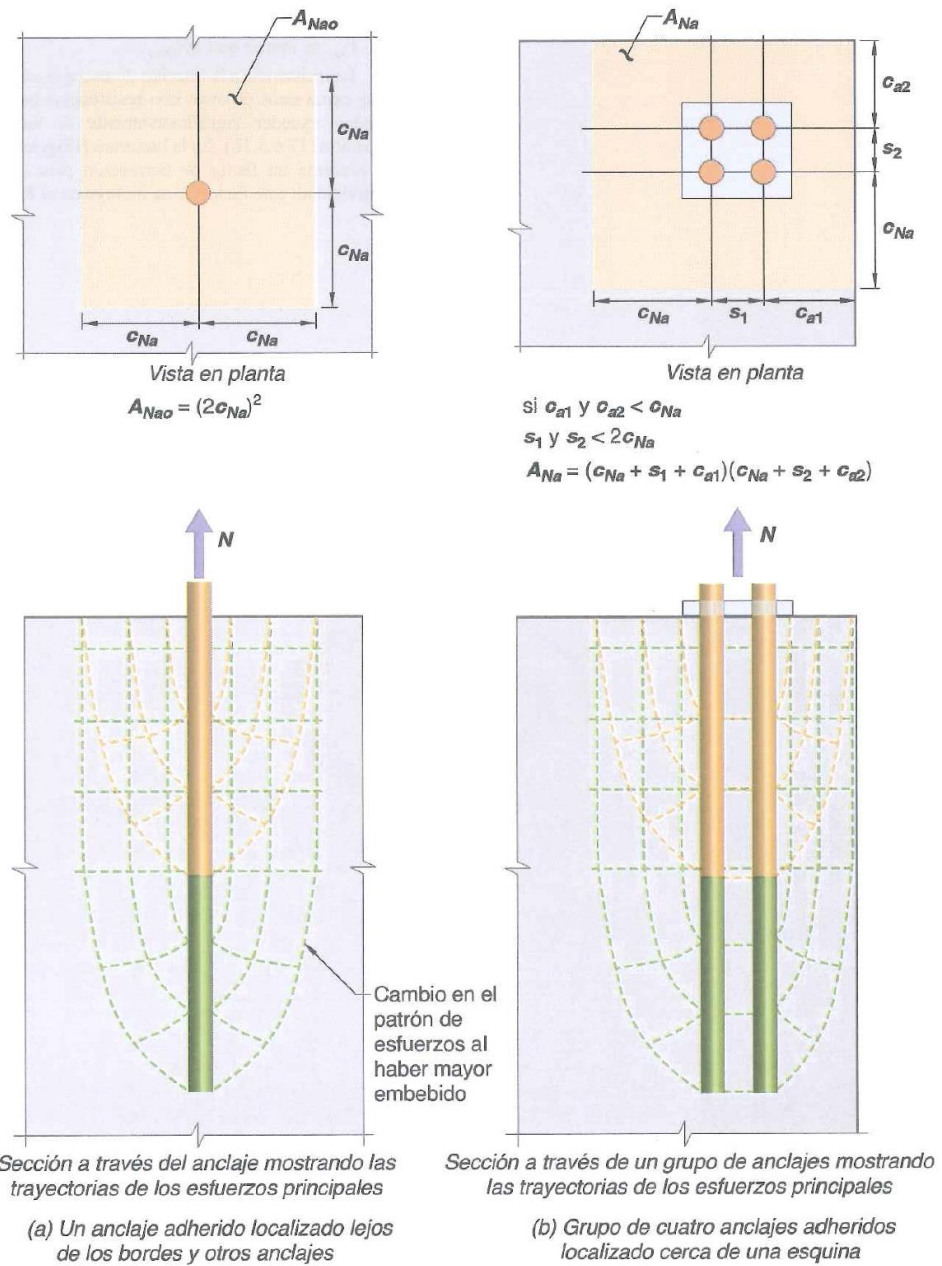


Figura 7. Áreas de influencia en anclajes adheridos (Fuente ACI-318-14.).

#### 7.4. Resistencia al cortante

El numeral 17.7.1 está dedicado a los requerimientos para la resistencia a corte de anclajes que generalmente está controlada por el acero, allí se especifican las características físicas de los pernos o tornillos.

Se especifican las condiciones aplicables a pernos preinstalados y a pernos post instalados, y a su vez si están soldados a una placa de acero o si bien esta se sujeta por medio de tuercas.

También se incluye en este numeral la resistencia al arrancamiento del concreto en anclajes a cortante  $V_{cb}$ ., allí se determinan las resistencias requeridas para los diferentes casos así:

- para un cortante perpendicular al borde sobre un anclaje individual.
- Para un cortante perpendicular al borde sobre un grupo de anclajes.
- Para un cortante paralelo a un borde.
- Para anclajes ubicados en una esquina del elemento estructural.
- Para cada caso en particular se deben aplicar los factores correspondientes como se define a continuación:

(a) Para un cortante perpendicular al borde sobre un anclaje individual:

$$V_{cb} = \frac{A_{Vc}}{A_{Vco}} \Psi_{ed,V} \Psi_{c,V} \Psi_{h,V} V_b \quad (17.7.2.1a)$$

(b) Para un cortante perpendicular al borde sobre un grupo de anclajes:

$$V_{cbg} = \frac{A_{Vc}}{A_{Vco}} \Psi_{ec,V} \Psi_{ed,V} \Psi_{c,V} \Psi_{h,V} V_b \quad (17.7.2.1b)$$

*Figura 8. Formulación para un cortante perpendicular (Fuente ACI-318-08.).*

En este tipo de análisis de resistencia toman gran importancia las condiciones de instalación en cuanto a ubicación en el elemento estructural ya que dependiendo de esto es factible que la falla se produzca en el concreto de forma prematura.

- Resistencia al arrancamiento del concreto de anclajes a cortante  $V_{cb}$ .
- Resistencia básica al arrancamiento de un anclaje individual,  $V_b$ .
- Factor de modificación para arrancamiento por fisuración,  $\Psi_{c,v}$ .
- Factor para arrancamiento por espeso

- Resistencia de anclajes en cortante por desprendimiento de concreto por cabeceo del anclaje,  $V_{cp}$  o  $V_{cpg}$ .

**7.5. Interacción tracción - cortante**

Es normal que los anclajes sean solicitados por la combinación de tracción y cortante, en el numeral 17.8 se dan los requisitos para la resistencia a estas combinaciones de esfuerzos, también se exponen los límites que se deben cumplir cuando se dan los esfuerzos simultáneos, pero una de las que gobierna.

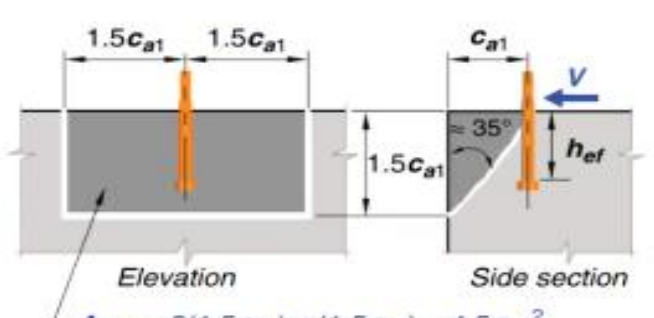
Distancias al borde, espaciamientos y espesor para inhibir fallas por hendimiento, los requisitos dados en este capítulo se retoman las características de los anclajes en cuanto a su diámetro, profundidad de anclaje y distancias al borde ya que son factores clave para determinar la resistencia y comportamiento del anclaje en condiciones de servicio, es aplicable principalmente a pernos postinstalados ya que los esfuerzos ocasionados durante su instalación el torque generado puede ocasionar hendimiento.

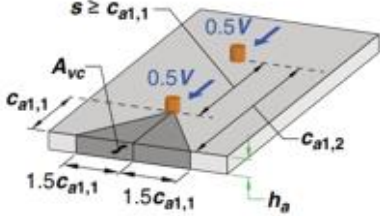
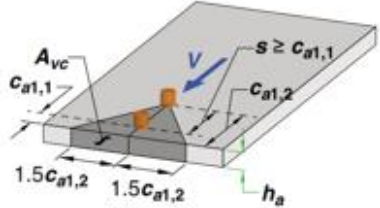
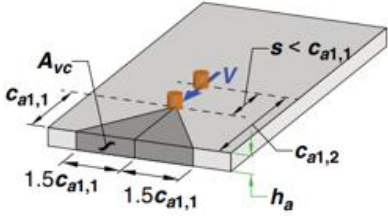
**8. Caso de estudio**

Actualizaciones y ajustes del ACI 318-19. En sus diferentes numerales haciendo referencia a cada modo de falla en particular.

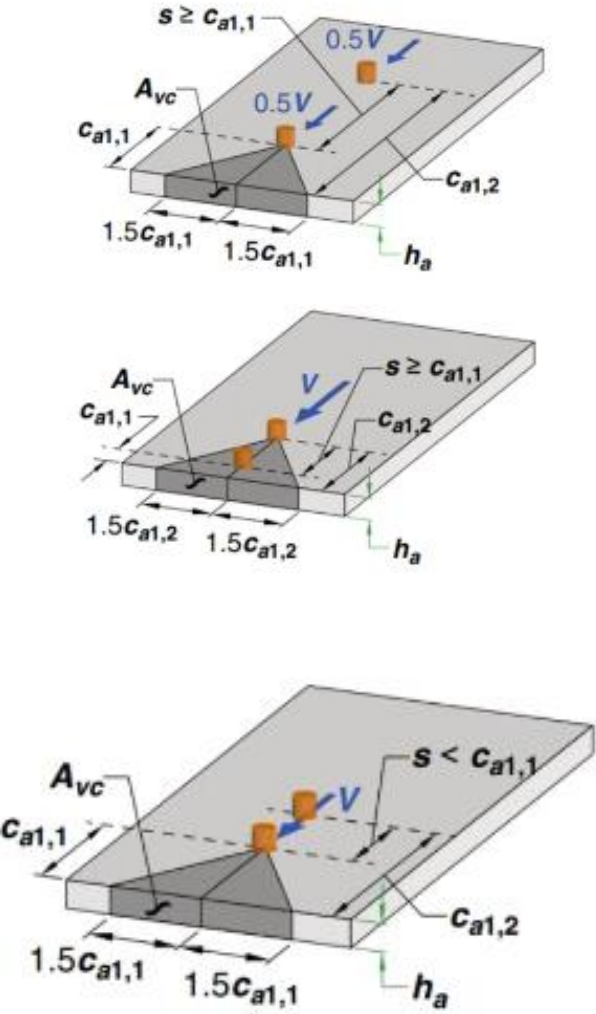
Actualizaciones	Comentarios																				
<p><b>Table 19.2.4.1(a)—Values of <math>\lambda</math> for lightweight concrete based on equilibrium density</b></p> <table border="1" data-bbox="224 1278 784 1423"> <thead> <tr> <th><math>w_c</math>, lb/ft<sup>3</sup></th> <th><math>\lambda</math></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\leq 100</math></td> <td>0.75</td> <td>(a)</td> </tr> <tr> <td><math>100 &lt; w_c \leq 135</math></td> <td><math>0.0075w_c \leq 1.0</math></td> <td>(b)</td> </tr> <tr> <td><math>&gt; 135</math></td> <td>1.0</td> <td>(c)</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Table 17.2.4.1—Modification factor <math>\lambda_a</math> for lightweight concrete</b></p> <table border="1" data-bbox="217 1583 795 1728"> <thead> <tr> <th>Case</th> <th><math>\lambda_w^{(1)}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cast-in and undercut anchor concrete failure</td> <td><math>1.0\lambda</math></td> </tr> <tr> <td>Expansion, screw, and adhesive anchor concrete failure</td> <td><math>0.8\lambda</math></td> </tr> <tr> <td>Adhesive anchor bond failure per Eq. (17.6.5.2.1)</td> <td><math>0.6\lambda</math></td> </tr> </tbody> </table> <p><sup>(1)</sup><math>\lambda</math> shall be in accordance with 19.2.4</p>	$w_c$ , lb/ft <sup>3</sup>	$\lambda$		$\leq 100$	0.75	(a)	$100 < w_c \leq 135$	$0.0075w_c \leq 1.0$	(b)	$> 135$	1.0	(c)	Case	$\lambda_w^{(1)}$	Cast-in and undercut anchor concrete failure	$1.0\lambda$	Expansion, screw, and adhesive anchor concrete failure	$0.8\lambda$	Adhesive anchor bond failure per Eq. (17.6.5.2.1)	$0.6\lambda$	<p>Se incluyen factores de Modificación de resistencia del concreto por el uso de concretos ligeros.</p> <p>Adicionalmente se aplican reducciones adicionales en función del tipo de perno.</p>
$w_c$ , lb/ft <sup>3</sup>	$\lambda$																				
$\leq 100$	0.75	(a)																			
$100 < w_c \leq 135$	$0.0075w_c \leq 1.0$	(b)																			
$> 135$	1.0	(c)																			
Case	$\lambda_w^{(1)}$																				
Cast-in and undercut anchor concrete failure	$1.0\lambda$																				
Expansion, screw, and adhesive anchor concrete failure	$0.8\lambda$																				
Adhesive anchor bond failure per Eq. (17.6.5.2.1)	$0.6\lambda$																				

Actualizaciones				Comentarios																															
<p><b>Table 17.5.3(b)—Anchor strength governed by concrete breakout, bond, and side-face blowout</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="text-align: center;">Supplementary reinforcement</th> <th rowspan="2" style="text-align: center;">Type of anchor installation</th> <th rowspan="2" style="text-align: center;">Anchor Category<sup>[1]</sup> from ACI 355.2 or ACI 355.4</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Strength reduction factor <math>\phi</math></th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">Tension (concrete breakout, bond, or side-face blowout)</th> <th style="text-align: center;">Shear (concrete breakout)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center;">Supplementary reinforcement present</td> <td style="text-align: center;">Cast-in anchors</td> <td style="text-align: center;">Not applicable</td> <td style="text-align: center;">0.75</td> <td rowspan="4" style="text-align: center;">0.75</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Post-installed anchors</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">0.75</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">0.65</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">0.55</td> </tr> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center;">Supplementary reinforcement not present</td> <td style="text-align: center;">Cast-in Anchors</td> <td style="text-align: center;">Not applicable</td> <td style="text-align: center;">0.70</td> <td rowspan="4" style="text-align: center;">0.70</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Post-installed anchors</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">0.65</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">0.55</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">0.45</td> </tr> </tbody> </table>				Supplementary reinforcement	Type of anchor installation	Anchor Category <sup>[1]</sup> from ACI 355.2 or ACI 355.4	Strength reduction factor $\phi$		Tension (concrete breakout, bond, or side-face blowout)	Shear (concrete breakout)	Supplementary reinforcement present	Cast-in anchors	Not applicable	0.75	0.75	Post-installed anchors	1	0.75	2	0.65	3	0.55	Supplementary reinforcement not present	Cast-in Anchors	Not applicable	0.70	0.70	Post-installed anchors	1	0.65	2	0.55	3	0.45	<p>Cambio de valores <math>\Phi</math>, en ACI 318-08 se tenían valores de <math>\Phi</math> iguales independientemente del tipo de falla, en la actualización se refinan estos valores en función del tipo de falla.</p> <p>Es de tener en cuenta que estos valores cambian de acuerdo a si se tiene refuerzo suplementario en el anclaje o no.</p>
Supplementary reinforcement	Type of anchor installation	Anchor Category <sup>[1]</sup> from ACI 355.2 or ACI 355.4	Strength reduction factor $\phi$																																
			Tension (concrete breakout, bond, or side-face blowout)	Shear (concrete breakout)																															
Supplementary reinforcement present	Cast-in anchors	Not applicable	0.75	0.75																															
	Post-installed anchors	1	0.75																																
		2	0.65																																
		3	0.55																																
Supplementary reinforcement not present	Cast-in Anchors	Not applicable	0.70	0.70																															
	Post-installed anchors	1	0.65																																
		2	0.55																																
		3	0.45																																
<p><b>Table 17.5.3(c)—Anchor strength governed by concrete pullout, or pryout strength</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="text-align: center;">Type of anchor installation</th> <th rowspan="2" style="text-align: center;">Anchor Category<sup>[1]</sup> from ACI 355.2 or ACI 355.4</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Strength reduction factor <math>\phi</math></th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">Tension (concrete pullout)</th> <th style="text-align: center;">Shear (concrete pryout)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Cast-in anchors</td> <td style="text-align: center;">Not applicable</td> <td style="text-align: center;">0.70</td> <td rowspan="4" style="text-align: center;">0.70</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Post-installed anchors</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">0.65</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">0.55</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">0.45</td> </tr> </tbody> </table>				Type of anchor installation	Anchor Category <sup>[1]</sup> from ACI 355.2 or ACI 355.4	Strength reduction factor $\phi$		Tension (concrete pullout)	Shear (concrete pryout)	Cast-in anchors	Not applicable	0.70	0.70	Post-installed anchors	1	0.65	2	0.55	3	0.45															
Type of anchor installation	Anchor Category <sup>[1]</sup> from ACI 355.2 or ACI 355.4	Strength reduction factor $\phi$																																	
		Tension (concrete pullout)	Shear (concrete pryout)																																
Cast-in anchors	Not applicable	0.70	0.70																																
Post-installed anchors	1	0.65																																	
	2	0.55																																	
	3	0.45																																	
<p><sup>[1]</sup>Anchor Category 1 indicates low sensitivity to installation and high reliability; Anchor Category 2 indicates medium sensitivity and medium reliability; Anchor Category 3 indicates high sensitivity and lower reliability.</p>																																			
<p><sup>[1]</sup>Anchor Category 1 indicates low sensitivity to installation and high reliability; Anchor Category 2 indicates medium sensitivity and medium reliability; and Anchor Category 3 indicates high sensitivity and lower reliability.</p>																																			

Actualizaciones	Comentarios
<div style="text-align: center;">  <p><math>A_{VCO} = 2(1.5c_{a1}) \times (1.5c_{a1}) = 4.5c_{a1}^2</math></p> <p><i>Fig. R17.7.2.1a—Calculation of <math>A_{VCO}</math></i></p> </div> <div style="background-color: #e0e0e0; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p><b>17.7.2.2 Resistencia básica al arrancamiento de un anclaje individual, <math>V_b</math></b></p> </div> <p><b>17.7.2.2.1</b> La resistencia básica al arrancamiento por cortante del concreto de un anclaje individual en concreto fisurado, <math>V_b</math>, debe ser la menor de (a) y (b):</p> <p>(a) <math>V_b = 0.6 \left( \frac{\ell_e}{d_a} \right)^{0.2} \sqrt{d_a} \lambda_a \sqrt{f'_c} (c_{a1})^{1.5}</math> (17.7.2.2.1a)</p> <p>donde <math>\ell_e</math> es la longitud de apoyo de carga del anclaje en cortante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\ell_e = h_{ef}</math> para anclajes de rigidez constante en toda la longitud de la sección embebida, tal como anclajes con cabeza y anclajes postinstalados con una camisa tubular en toda la longitud de embebido;</li> <li><math>\ell_e = 2d_a</math> para anclajes de expansión de torque controlado con una camisa distanciadora separada de la camisa de expansión, y</li> <li><math>\ell_e \leq 8d_a</math> en todos los casos.</li> </ul> <p>(b) <math>V_b = 3.7\lambda_a \sqrt{f'_c} (c_{a1})^{1.5}</math> (17.7.2.2.1b)</p>	<p>Resistencia por arrancamiento por cortante en el concreto</p> <p>En ACI 318-08 se tenía únicamente la formula indicada en el 17.7.2.2.1a para el cálculo de la resistencia por cortante en el concreto, ahora se incluye la verificación con la fórmula 17.7.2.2.1a y se trabaja con la que indique un menor resultado.</p>
	<p>Se incluyen también ajuste en la distribución del esfuerzo de corte que transmite el perno al concreto.</p>

Actualizaciones	Comentarios
<p data-bbox="212 327 399 384">If <math>h_a &lt; 1.5c_{a1}</math>  <math>A_{vc} = 2(1.5c_{a1,1})h_a</math></p>  <p data-bbox="212 537 837 764"><b>Caso 1:</b> Una suposición de la distribución de las fuerzas indica que la mitad de la fuerza cortante sería crítica en el frente del anclaje y el área proyectada. Para el cálculo de arrancamiento del concreto <math>c_{a1}</math> se toma como <math>c_{a1,1}</math>.</p> <p data-bbox="212 852 399 909">If <math>h_a &lt; 1.5c_{a1}</math>  <math>A_{vc} = 2(1.5c_{a1,2})h_a</math></p>  <p data-bbox="212 1052 889 1329"><b>Caso 2:</b> Otro suposición de la distribución de las fuerzas indica que la totalidad de la fuerza cortante sería crítica en frente del anclaje y su área proyectada. Solo hay necesidad de considerar esta suposición cuando los anclajes están soldados a una platina común, independientemente de <math>s</math>. Para el cálculo de la resistencia al arrancamiento del concreto, <math>c_{a1}</math> se toma como <math>c_{a1,2}</math>.</p> <p data-bbox="199 1486 391 1543">If <math>h_a &lt; 1.5c_{a1}</math>  <math>A_{vc} = 2(1.5c_{a1,1})h_a</math></p>  <p data-bbox="207 1661 776 1864"><b>Caso 3:</b> Cuando <math>s &lt; c_{a1,1}</math>, se debe aplicar la totalidad de la fuerza cortante <math>V</math> al anclaje del frente. Este caso no aplica para anclajes soldados a una platina común. Para el cálculo de la resistencia al arrancamiento <math>c_{a1}</math> se toma como <math>c_{a1,1}</math>.</p>	<p data-bbox="967 275 1344 741">En ACI 318-08 se tomaba el cortante y se dividía entre el número de pernos que trabajan en el anclaje, En ACI 318-19 se incluyen dos nuevos casos en los que se toman en cuenta las distancias relativas de los pernos y las distancias de estos al borde del concreto, por consiguiente, se incluyen las evaluaciones del caso 2 y el caso 3.</p>

Actualizaciones	Comentarios
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p style="color: red;">Cortante en dirección X</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p style="color: red;">Cortante en dirección Y</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> <math>s \geq c_{a1,1} \rightarrow \text{Fila 1: } \frac{V_u}{\#filas}</math>  <math>\rightarrow \text{Fila 2: } V_u</math>  <math>s &lt; c_{a1,1} \rightarrow \text{Fila 1: } V_u</math> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>(a)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>(b)</p> </div> </div> <p style="font-size: small;">Code Chapter 17 does not address shear forces applied in a non-orthogonal direction at a corner (Fig. 15.6.5). Eligehausen et al. (2006) indicates that the strength of the anchor can be calculated for each free edge using Eq. (15.6.4) and then using the smaller of the two values.</p>	<p>En ACI 318-08 la resistencia por cortante en el concreto se verificaba para cada uno de los ejes, cortante en X con bloque de arrancamiento en X y pernos dispuestos en esta dirección y así para el otro eje cartesiano, en ACI 318-19 se tienen verificaciones que revisan los esfuerzos generados para efectos compuestos por cortantes que tengan un grado de inclinación.</p> <p>Después de realizadas las verificaciones se opta por la que menor grado de resistencia ofrezca.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> </div> $\frac{V_{u\alpha} \cos \alpha}{V_{cb,\perp}} + \frac{V_{u\alpha} \sin \alpha}{V_{cb,\parallel}} \leq 1.0 \quad (15.6.4)$	<p>Se incluyen verificaciones en el caso de que el esfuerzo cortante no venga perpendicular al bloque de arrancamiento por cortante si no que este tenga un grado de inclinación.</p>

Actualizaciones	Comentarios
<p><b>R17.7 — Resistencia al cortante</b>  <b>R17.7.1 Resistencia del acero del anclaje sometido a cortante, <math>V_{sa}</math></b></p> <p><b>R17.7.1.1</b> El cortante aplicado a cada anclaje en un grupo de anclajes puede variar dependiendo de las suposiciones que se hagan de la superficie de arrancamiento y la redistribución de las cargas (véase R17.7.2.1).</p> 	<p>Resistencia al corte directo en el acero</p> <p>Teniendo en cuenta las nuevas consideraciones para la distribución de esfuerzos a cortante en el concreto, se indica que en consecuencia también se deben verificar dichos esfuerzos en el acero.</p>



Actualizaciones	Comentarios
<p><b>17.10 — Requisitos de diseño sismo resistente de anclajes</b></p> <p><b>17.10.1</b> Los anclajes en estructuras asignadas a las Categorías de Diseño Sísmico (CDS) C, D, E o F, deben cumplir los requisitos adicionales de esta sección.</p> <p><b>17.10.3</b> Los anclajes postinstalados deben estar calificados para fuerzas inducidas por el sismo de acuerdo con ACI 355.2 ó ACI 355.4. La resistencia a la extracción por deslizamiento <math>N_p</math> y la resistencia del acero en cortante <math>V_{sa}</math> de anclajes postinstalados de expansión, de tornillo, o con sobre perforación en su base deben basarse en los resultados de ensayos de simulación sísmica de ACI 355.2 Simulated Seismic Tests. Para anclajes adheridos, la resistencia del acero a cortante <math>V_{sa}</math> y los esfuerzos característicos de adherencia <math>\tau_{uncr}</math> y <math>\tau_{cr}</math> deben basarse en resultados de ensayos realizados siguiendo los ensayos de simulación sísmica de ACI 355.4 Simulated Seismic Tests.</p> <p><b>17.10.4</b> El refuerzo de anclaje utilizado en estructuras asignadas a las CDS C, D, E o F debe consistir en refuerzo corrugado y debe cumplir con los requisitos de refuerzo de anclaje de 20.2.2.</p>	<p><b>Provisiones sísmicas</b> En ACI 318-08 no se tenían provisiones sísmicas, en ACI 318-19 se incluyen provisiones para zonas de amenazas sísmicas intermedias y altas.</p> <p><b>Aplicaciones y excepciones para efectos de tracción y cortante.</b></p>

Actualizaciones	Comentarios
<p><b>17.10.5.3</b> Los anclajes y sus fijaciones, deben cumplir (a), (b), (c) o (d).</p> <p>(a) Para anclajes individuales, la resistencia dominada por el concreto debe ser mayor que la resistencia del acero del anclaje. Para grupos de anclajes, la relación de la carga en tracción del anclaje sometido a los esfuerzos más altos a la resistencia del acero de ese mismo anclaje debe ser mayor o igual que la relación de la carga de tracción de los anclajes sometidos a tracción a la resistencia gobernada por la resistencia del concreto de esos mismos anclajes. En cada caso:</p> <p>(i) La resistencia del acero debe tomarse como 1.2 veces la resistencia nominal del acero del anclaje.</p> <p>(ii) La resistencia dominada por el concreto debe tomarse como la resistencia nominal teniendo en cuenta deslizamiento del anclaje, desprendimiento lateral del concreto y adherencia, según sea aplicable. Para la resistencia a la extracción por deslizamiento de grupos de anclajes, la relación debe calcularse utilizando el anclaje sometido a los mayores esfuerzos.</p> <p>Además, debe cumplirse con lo siguiente:</p> <p>(iii) Los anclajes deben transmitir las cargas de tracción a través de un elemento dúctil de acero con una longitud de estirado de al menos ocho diámetros de anclaje a menos que se determine algo diferente por medio de análisis.</p> <p>(iv) Donde los anclajes puedan verse sometidos a reversiones de carga, los anclajes se deben proteger para que no fallen por pandeo.</p> <p>(v) Cuando las conexiones sean roscadas y los elementos dúctiles de acero no sean roscados en toda su longitud, la relación <math>f_{uta}/f_{yu}</math> no debe ser menor de 1.3 a menos que las porciones roscadas se aplanen. La porción aplanada no debe incluirse dentro de la longitud de estirado.</p> <p>(vi) Las barras de refuerzo corrugadas utilizadas como elementos dúctiles de acero para resistir efectos sísmicos deben cumplir con los requisitos de refuerzo de anclajes de 20.2.2.</p> <p>(b) El anclaje o grupo de anclajes deben diseñarse para la máxima tracción que pueda ser transmitida al anclaje o grupo de anclajes con base en el desarrollo de un mecanismo dúctil de fluencia en el aditamento ya sea en flexión, corte o aplastamiento, o en una combinación de estas condiciones, y considerando tanto la sobrerresistencia y los efectos de endurecimiento por deformación del aditamento. La resistencia de diseño a tracción del anclaje debe calcularse de acuerdo con 17.10.5.4.</p> <p>(c) El anclaje o grupo de anclajes debe diseñarse para la máxima tracción que pueda ser transmitida a los anclajes por un aditamento que no fluya. La resistencia de diseño a tracción del anclaje debe calcularse de acuerdo con 17.10.5.4.</p> <p>(d) El anclaje o grupo de anclajes debe diseñarse para la máxima tracción obtenida de las combinaciones de mayoración de carga de diseño que incluyen <math>E</math>, con la componente horizontal de <math>E</math> incrementada por <math>\Omega_o</math>. La resistencia de diseño a tracción del anclaje debe cumplir con los requisitos de 17.10.5.4.</p>	<p>En ACI 318-08 se indicaba la inclusión de factores de sobre resistencia <math>\Omega</math> omega en las combinaciones de cargas para el diseño de los anclajes, En ACI 318-19 se permite realizar el chequeo encontrando cuales son los elementos más frágiles y/o dúctiles y diseñar basados en estos resultados.</p>

Actualizaciones	Comentarios
<p>17.10.5.4 La resistencia de diseño a tracción del anclaje debe calcularse con base en (a) hasta (e) para los modos de falla presentados en la Tabla 17.5.2 suponiendo que el concreto está fisurado, a menos que pueda demostrarse que el concreto permanece sin fisurarse:</p> <p>(a) <math>\phi N_{sa}</math> para un anclaje individual, o para el anclaje individual sometido a los esfuerzos mayores dentro de un grupo de anclajes.</p> <p>(b) <math>0.75\phi N_{cb}</math> ó <math>0.75\phi N_{cbg}</math>, excepto que no hay necesidad de calcular <math>N_{cb}</math> o <math>N_{cbg}</math> cuando se coloca refuerzo de anclaje que cumple con 17.5.2.1(a).</p> <p>(c) <math>0.75\phi N_{pu}</math> para un anclaje individual, o para el anclaje individual sometido a los esfuerzos mayores dentro de un grupo de anclajes.</p> <p>(d) <math>0.75\phi N_{sb}</math> ó <math>0.75\phi N_{sbg}</math></p> <p>(e) <math>0.75\phi N_a</math> ó <math>0.75\phi N_{ag}</math></p> <p>donde <math>\phi</math> cumple con lo requerido en 17.5.3.</p> <p>17.10.5.5 Cuando se coloca refuerzo de anclaje de acuerdo con 17.5.2.1(a), no se requiere reducir la resistencia de diseño a tracción por debajo de lo especificado en 17.5.2.1.</p> <p><b>C-D.3.3.3</b> — La resistencia de diseño del anclaje asociado con modos de falla del concreto debe tomarse como <math>0.75\phi N_n</math> y <math>0.75\phi V_n</math>, donde <math>\phi</math> es dado en C-D.4.4 ó C-D.4.5 y <math>N_n</math> y <math>V_n</math> se determinan según C-D.5.2, C-D.5.3, C-D.5.4, C-D.6.2 y C-D.6.3 suponiendo que el concreto está agrietado, a menos que se demuestre que el concreto se mantiene sin agrietar.</p>	<p>Se incluyen factores de reducción de resistencia también en función de provisiones sísmicas.</p> <p>Estas reducciones también estarán sujetas a la utilización de refuerzo suplementario.</p>

Actualizaciones	Comentarios
<p data-bbox="272 275 646 302"><b>17.10.6</b> <i>Requisitos de diseño a cortante</i></p> <p data-bbox="228 331 846 520"><b>17.10.6.1</b> Cuando la componente de cortante de las fuerzas sísmicas al nivel de resistencia, aplicada al anclaje o grupo de anclajes es igual o menor que el 20 por ciento del cortante mayorado total del anclaje asociado con la misma combinación de carga, se permite diseñar el anclaje o grupo de anclajes de acuerdo con 17.7 y los requisitos de resistencia al cortante de 17.5.2.</p> <p data-bbox="228 550 846 739"><b>17.10.6.2</b> Cuando la componente de cortante de las fuerzas sísmicas al nivel de resistencia aplicadas a anclajes excede el 20 por ciento del cortante mayorado total del anclaje asociado con la misma combinación de carga, los anclajes y sus fijaciones deben diseñarse de acuerdo con 17.10.6.3. La resistencia a cortante de diseño del anclaje para resistir fuerzas sísmicas debe determinarse de acuerdo con 17.7.</p> <p data-bbox="201 768 846 825"><b>17.10.6.3</b> Los anclajes y sus fijaciones deben cumplir con (a), (b) o (c).</p> <p data-bbox="245 854 846 1226">(a) El anclaje o grupo de anclajes debe diseñarse para el máximo cortante que pueda transmitirse al anclaje o grupo de anclajes con base en que se desarrolla un mecanismo dúctil de fluencia en el aditamento ya sea en flexión, corte o aplastamiento, o en una combinación de estas condiciones, y considerando tanto la sobrerresistencia del material y los efectos de endurecimiento por deformación en el aditamento.  (b) El anclaje o grupo de anclajes debe diseñarse para el máximo cortante que pueda ser transmitido a los anclajes por un aditamento que no fluya.  (c) El anclaje o grupo de anclajes debe diseñarse para el máximo cortante obtenido de las combinaciones de carga de diseño que incluyen <math>E</math>, con <math>E_h</math> incrementado por <math>\Omega_o</math>.</p>	<p data-bbox="971 275 1300 338">Previsiones sísmicas para cortante</p> <p data-bbox="971 384 1333 520">Se menciona explícitamente la utilización del factor <math>\Omega</math> para el diseño de los elementos.</p>

## 9. Observaciones y conclusiones

- Se identifican cuatro grandes ajustes en la actualización de la norma ACI 318-19 con respecto a sus versiones anteriores, los cuales se ven reflejados en los siguientes ítems: provisiones sísmicas, revisiones de desprendimiento por cortante en el concreto, ajuste de revisión por cortante en el acero de acuerdo con nuevas consideraciones en la distribución de carga y por último la inclusión de factores de reducción de resistencia por utilización de concretos ligeros y por tipo de perno.
- Las consideraciones usadas en la nueva versión de la norma para la revisión de los cortantes buscan establecer consideraciones mas realistas del sobre como llegan en realidad los esfuerzos a la cimentación, estableciendo que el cortante no llega paralelo u ortogonal a la disposición de los elementos y que por el contrario se debe de revisar en situaciones en las que las cargas vienen con inclinaciones y estas deben de ser revisadas en simultaneo.
- Después de realizado el ejercicio de la comparación de los resultados descritos en los objetivos específicos encontramos que el estado limite que más se ve afectado en su verificación es el desprendimiento por cortante en el concreto pasando de relaciones de uso del 3% y el 4% para los ejemplos 1 y 2 respectivamente revisados con la versión ACI 318-08 a relaciones del 16% y 26% para los mismos casos revisados con la versión de ACI 318-19.
- Se observa que la nueva versión de la norma resalta el uso de acero suplementario para controlar las fallas por desprendimiento del concreto bien sea por tracción o por cortante.

## 10. Documentos de referencia

ACI-318-08 - Requisitos del código de construcción para concreto estructural (2008)

ACI-31-14 - Requisitos del código de construcción para concreto estructural (2014)

ACI-318-19 - Requisitos del código de construcción para concreto estructural (2019)

NSR 10 TITULO F - Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente

AISC Design Guide 7- Diseño de edificios industriales (Tercera edición)

---

Manual para el Diseño de Anclajes al Concreto según normativa ACI318-19 – Tesis de maestría  
Michell Norvey Muñoz Tirado - Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Manual técnico de anclaje HILTI Latín America 2019.

Nilforoush et al (2018): Experimental Evaluation of Influence of Member Thickness, Anchor-Head Size, and Orthogonal Surface Reinforcement on the Tensile Capacity of Headed Anchors in Uncracked Concrete.

American Society of civil Engineers (ASCE) 7-22

Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures

Publications & News ASCE7

ASTM A 1055/A 10 44M-16a Standard Specification for Steel Stud Assemblies for Shear Reinforcement of Concrete.

Recent Approaches to Shear Design of Structural Concrete

Reported by Joint ACI-ASCE Committee 445

## **11. Anexos**

En los anexos 1 y 2 se muestran los resultados del caso de estudio para las verificaciones y chequeos de dos anclajes, compuestos ambos por cuatro pernos, estas verificaciones se llevan a cabo mediante una tabla de Excel programada la cual hace las verificaciones de demanda-capacidad de acuerdo con los parámetros de cada caso.

Se elaboran dos ejemplos diferentes, cada uno con las revisiones ejecutadas bajo ACI 318-08 y bajo ACI 318-19, para así poder observar de manera más tangible los resultados y los comportamientos de los diseños realizados.

Anexo 1. Ejemplo No. 1 - Diseño de anclaje según ACI318-08 y ACI 319-19

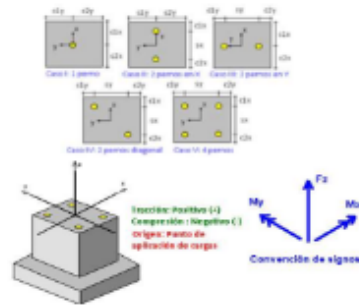
**Datos de entrada**

**Revisión Pernos de Anclaje V1.0**

Según Metodología ACI 318-08 Apéndice D

Formato de ingreso de datos para cálculos:

- Cada columna representa una estructura.
- Arrastre hacia la derecha para calcular otras estructuras.
- Verifique los datos arrastrados para evitar incoherencias.
- En la fila 53 de cada estructura pulse "Ctrl+H" para calcular.
- Itere hasta que los porcentajes de uso sean aceptables.
- Si requiere refuerzo suplementario pulse "Ctrl+I" para calcular.
- En la fila 54 pulse "Ctrl+J" para generar reporte respectivo.



General	Estructura	Ejemplo 1 ACI318-08	Ejemplo 2 ACI318-08
Perno	Zona sísmica	Alta	Alta
	Instalación	Pre-instalado	Pre-instalado
	Tipo	T - Con cabeza o platina	T - Con cabeza o platina
	Sub-tipo	Placa base no elevada	Placa base no elevada
	Acero	ASTM F1554 GR55 (fy=380)	ASTM F1554 GR55 (fy=380)
	Diámetro	1 1/4	2
Geometria	Longitud total del perno L [mm]	710	1000
	Lado platina / Longitud gancho Lbrg [mm]	60	60
	Caso de cálculo	Caso V	Caso V
	c1x [mm]	200	150
	sx [mm]	450	300
	c2x [mm]	200	150
	c1y [mm]	200	150
	sy [mm]	450	300
	c2y [mm]	200	150
	Altura fundación ha [mm]	1200	2500
Espesor de placa base ep [mm]	38.1	31.75	
Espesor grouting / Dist. libre placa elevada eg [mm]	100	100	
Cantidad de tuercas sobre la placa base	2	2	
Concreto	Fc [MPa]	28	28
	Concreto ligero (S/N)	N	N
	Chequear fisuración (S/N)	N (Trabajar con concreto fisurado)	N (Trabajar con concreto fisurado)
Cargas	Fuerza última vertical Fuz [kN]	150.00	300.00
	Cortante última en X Vux [kN]	40.00	38.00
	Cortante última en Y Vuy [kN]	30.00	27.00
	Momento último en X Mux [kN-m]	0.00	0.00
	Momento último en Y Muy [kN-m]	0.00	0.00
	Fuerza servicio vertical Fsz [kN]		
	Momento servicio en X Msx [kN-m]		
Momento servicio en Y Msy [kN-m]			



Calcular	Oprima "Ctrl+H" para generar resultados	Calculado	Calculado
	Requiere refuerzo suplementario (S/N)	N	Generado
Exportar	Generado	Generado	Generado
Resultados	Designación de perno	A10.710	A16.1000
	Longitud embebida Ldh [mm]	457	695
	Longitud roscada Lr [mm]	173	225
	Proyección de la rosca P [mm]	112	144
	Proyección bajo platina C [mm]	42	61
	Tracción directa en acero	15.00%	12.00%
	Cortante directa en acero	12.00%	4.00%
	Interacción Tracción-Cortante en acero	7.00%	3.00%
	Esbeltez acero	NA	NA
	Arrancamiento por Tracción en concreto	88.00%	270.00%
	Deslizamiento por Tracción en concreto	9.00%	18.00%
	Desprendimiento lateral por Tracción en concreto	NA	45.00%
	Arrancamiento por Cortante en concreto	44.00%	63.00%
	Desprendimiento por Cortante en concreto	3.00%	4.00%
Hendimiento en el concreto	NA	NA	
Acero	Tipo de acero	Ductil	Ductil
φ	φ Acero a Carga Axial	0.75	0.75
	φ Acero a Carga Cortante	0.65	0.65
	φ Concreto a Carga Axial	0.53	0.53
	φ Concreto a Carga Cortante	0.53	0.53
Fuerzas en pernos	Cantidad de pernos	4 perno(s)	4 perno(s)
	b 1-1 [kN]	38	75
	b 1-2 [kN]	38	75
	b 2-1 [kN]	38	75
	b 2-2 [kN]	38	75
	Cantidad de pernos a tracción	4	4
	Máxima tracción en perno [kN]	38	75
	Máxima compresión en perno [kN]	0	0
Resistencias calculadas	Cortante resultante en perno [kN]	13	12
	hef [mm]	133	100
	Resistencia a Tracción del acero fNsa [kN]	247	634
	Resistencia a Cortante del acero fVsa [kN]	103	264
	Resist. Arrancamiento por T fNcb [kN]	171	111
	Resist. Deslizamiento por T fNpn [kN]	423	423
	Resist. Desprendimiento lateral por T fNsb [kN]	0	333
	Resist. Arrancamiento por V fVcb [kN]	45	30
Resist. Desprendimiento por V fVcp [kN]	342	222	

Refuerzo suplementario para arrancamiento por tracción	Modo de falla a controlar		
	Máxima distancia admisible perno - barra		
	Máxima distancia colocada		Arrancamiento por Tracción en concreto
	Nota		Ubicar 333.33 mm <sup>2</sup> de refuerzo a una distancia máxima de 277 mm alrededor de cada perno. Hay una longitud de desarrollo disponible en la parte superior de 259 mm y en la parte inferior de -279 mm, para controlar la falla de Arrancamiento por Tracción en concreto.

### Revisión Pernos de Anclaje

Estructura Ejemplo 1 ACI318-08

#### Parámetros generales

Zona sísmica	Alta
Disposición de pernos	Caso V (4 pernos)
Tipo de Instalación	Pre-instalado
Tipo de perno	T - Con cabeza o platina
Ubicación placa base	Placa base no elevada
Acero tipo	ASTM F1554 GR55 ( $f_y=380$ )
Diámetro perno, $d_n$	1 1/4
Longitud embebida efectiva, $L_{dh}$ [mm]	457
Lado platina / Longitud gancho, $L_{brg}$ [mm]	60



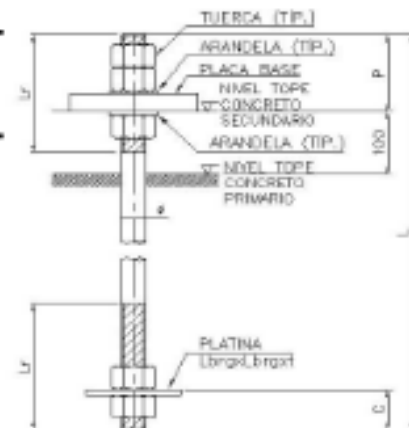
#### Características del pedestal

Distancias a borde	$c1x$ [mm]	200	Separación entre pernos:	$sx$ [mm]	450
	$c2x$ [mm]	200		$sy$ [mm]	450
	$c1y$ [mm]	200		Altura fundación, $h_a$ [mm]	1200
	$c2y$ [mm]	200			

Espesor de placa base, $e_p$ [mm]	38.1
Espesor grouting, $e_g$ [mm]	100
Resistencia nominal del concreto a compresión, $f_c$ [MPa]	28

#### Datos para fabricación

Designación perno	A10.710
Longitud total del perno, $L$ [mm]	710
Longitud roscada, $L_r$ [mm]	173
Proyección de la rosca, $P$ [mm]	112
Proyección bajo platina, $C$ [mm]	42

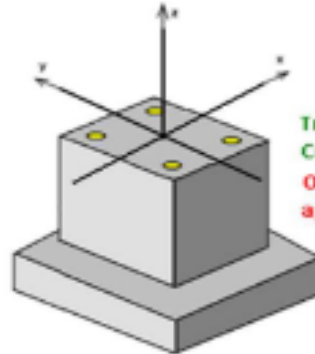


## Revisión Pernos de Anclaje

Estructura

Ejemplo 1 ACI318-08

### Cargas aplicadas



Tracción: Positivo (+)  
Compresión: Negativo (-)  
Origen: Punto de aplicación de cargas



Convención de signos

Últimas		Servicio (*)	
Cargas	Fuerza última vertical, $F_{uz}$ [kN]	150	$F_{sz}$ [kN] -
	Cortante última en X, $V_{ux}$ [kN]	40	$M_{sx}$ [kN·m] -
	Cortante última en Y, $V_{uy}$ [kN]	30	$M_{sy}$ [kN·m] -
	Momento último en X, $M_{ux}$ [kN·m]	0	
	Momento último en Y, $M_{uy}$ [kN·m]	0	

(\*) Se considera concreto en estado fisurado

### Cargas resultantes en pernos

Axial	$b1-1$ [kN]	38
	$b1-2$ [kN]	38
	$b2-1$ [kN]	38
	$b2-2$ [kN]	38
	Máxima tracción [kN]	38
Máxima compresión [kN]	0	
Cortante resultante [kN]	13	

### Parámetros de diseño

Profundidad efectiva, $h_{ef}$ [mm]	133
$\phi$ Acero a Carga Axial	0.75
$\phi$ Acero a Carga Cortante	0.65
$\phi$ Concreto a Carga Axial	0.525
$\phi$ Concreto a Carga Cortante	0.525

### Tabla de revisión de fallas

Acero	Tracción directa en acero	15.00%
	Cortante directa en acero	12.00%
	Interacción Tracción-Cortante en acero	7.00%
	Esbeltez acero (sólo para placa elevada)	NA
	Arrancamiento por Tracción en concreto	88.00%
Concreto	Deslizamiento por Tracción en concreto	9.00%
	Desprendimiento lateral Tracción en concreto	NA
	Arrancamiento por Cortante en concreto	44.00%
	Desprendimiento por Cortante en concreto	3.00%
	Hundimiento en el concreto	NA

### Resistencia

$\phi N_{sa}$ [kN]	247
$\phi V_{sa}$ [kN]	103
$\phi N_{cb}$ [kN]	171
$\phi N_{pr}$ [kN]	423
$\phi N_{sb}$ [kN]	0
$\phi V_{cb}$ [kN]	45
$\phi V_{cp}$ [kN]	342

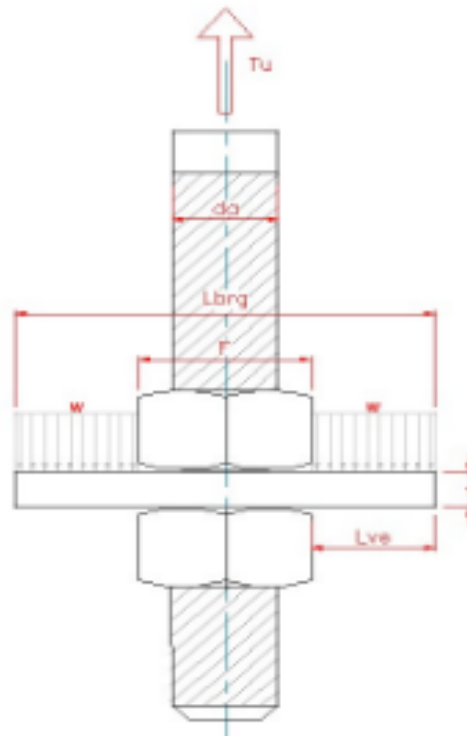
## Revisión Pernos de Anclaje

Estructura

Ejemplo 1 ACI318-08

### Revisión platina embebida

Tracción máxima en un perno $T_u$ [kN]	38
Lado platina $L_{brg}$ [mm]	100
Espesor platina $t$ [mm]	10
Material	A36
Resistencia nominal a la fluencia [MPa]	345
Díámetro perno $d_n$ [mm]	31.8
Distancia entre caras planas de tuerca $F$ [mm]	51
Longitud efectiva en voladizo $L_{ev}$ [mm]	25
Carga máxima uniforme aplicada $w$ [N/mm]	413
Momento flector máximo en platina en la cara de la tuerca $M_u$ [N-mm]	124664
Momento resistente platina $\phi M_n$ [N-mm]	776250
Porcentaje de uso a flexión $M_u/\phi M_n$	16%
<hr/>	
Cortante unidireccional máxima a una distancia $t$ de la cara de la tuerca $V_u$ [N]	6017
Cortante resistente en la platina $\phi V_n$ [N]	186300
Porcentaje de uso a cortante $V_u/\phi V_n$	3%
Fuerza de punzonamiento a una distancia $t/2$ de la cara de la tuerca $P_u$ [N]	25992
Resistencia al punzonamiento en la platina $\phi P_n$ [N]	453380
Porcentaje de uso a punzonamiento $P_u/\phi P_n$	6%



## Revisión Pernos de Anclaje

Estructura

Ejemplo 2 ACI318-08

### Parámetros generales

Zona sísmica	Alta
Disposición de pernos	Caso V (4 pernos)
Tipo de instalación	Pre-instalado
Tipo de perno	T - Con cabeza o platina
Ubicación placa base	Placa base no elevada
Aceero tipo	ASTM F1554 GR55 ( $f_y=380$ )
Díámetro perno, $d_n$ [pulgadas]	2
Longitud embebida efectiva, $L_{dh}$ [mm]	695
Lado platina / Longitud gancho, $L_{brg}$ [mm]	60



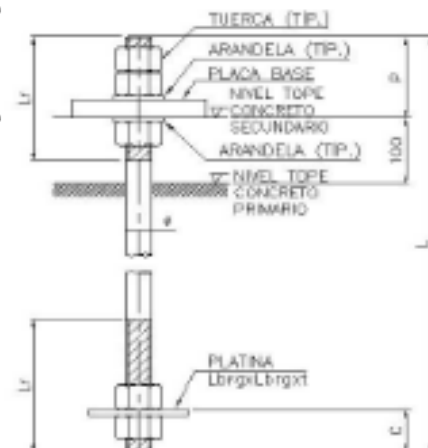
### Características del pedestal

Distancias a borde	$c1x$ [mm]	150	Separación entre pernos:	$sx$ [mm]	300
	$c2x$ [mm]	150		$sy$ [mm]	300
	$c1y$ [mm]	150		Altura fundación, $h_a$ [mm]	2500
	$c2y$ [mm]	150			

Espesor de placa base, $e_p$ [mm]	31.75
Espesor grouting, $e_g$ [mm]	100
Resistencia nominal del concreto a compresión, $f_c$ [MPa]	28

### Datos para fabricación

Designación perno	A16.1000
Longitud total del perno, $L$ [mm]	1000
Longitud roscada, $L_r$ [mm]	225
Proyección de la rosca, $P$ [mm]	144
Proyección bajo platina, $C$ [mm]	61

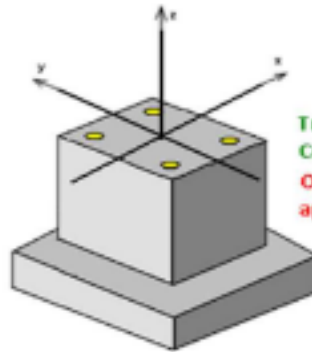


## Revisión Pernos de Anclaje

Estructura

Ejemplo 2 ACI318-08

### Cargas aplicadas



Tracción: Positivo (+)  
 Compresión : Negativo (-)  
 Origen: Punto de aplicación de cargas



Últimas	
Fuerza última vertical, $F_{uz}$ [kN]	300
Cortante última en X, $V_{ux}$ [kN]	38
Cortante última en Y, $V_{uy}$ [kN]	27
Momento último en X, $M_{ux}$ [kN-m]	0
Momento último en Y, $M_{uy}$ [kN-m]	0

Servicio (*)	
$F_{sz}$ [kN]	-
$M_{sx}$ [kN-m]	-
$M_{sy}$ [kN-m]	-

(\*) Se considera concreto en estado fisurado

### Cargas resultantes en pernos

$b1-1$ [kN]	75
$b1-2$ [kN]	75
$b2-1$ [kN]	75
$b2-2$ [kN]	75
Máxima tracción [kN]	75
Máxima compresión [kN]	0
Cortante resultante [kN]	12

### Parámetros de diseño

Profundidad efectiva, $h_{ef}$ [mm]	100
$\phi$ Acero a Carga Axial	0.75
$\phi$ Acero a Carga Cortante	0.65
$\phi$ Concreto a Carga Axial	0.525
$\phi$ Concreto a Carga Cortante	0.525

### Tabla de revisión de fallas

Acero	Tracción directa en acero	12.00%
	Cortante directa en acero	4.00%
	Interacción Tracción-Cortante en acero	3.00%
	Esbeltez acero (sólo para placa elevada)	NA
Concreto	Arrancamiento por Tracción en concreto	<b>270.00%</b>
	Deslizamiento por Tracción en concreto	18.00%
	Desprendimiento lateral Tracción en concreto	45.00%
	Arrancamiento por Cortante en concreto	63.00%
	Desprendimiento por Cortante en concreto	4.00%
	Hundimiento en el concreto	NA

### Resistencia

$\phi N_{sa}$ [kN]	634
$\phi V_{sa}$ [kN]	264
$\phi N_{cb}$ [kN]	111
$\phi N_{pn}$ [kN]	423
$\phi N_{sb}$ [kN]	333
$\phi V_{cb}$ [kN]	30
$\phi V_{cp}$ [kN]	222

## Revisión Pernos de Anclaje

Estructura

Ejemplo 2 ACI318-08

### Refuerzo suplementario

Modo de falla a controlar

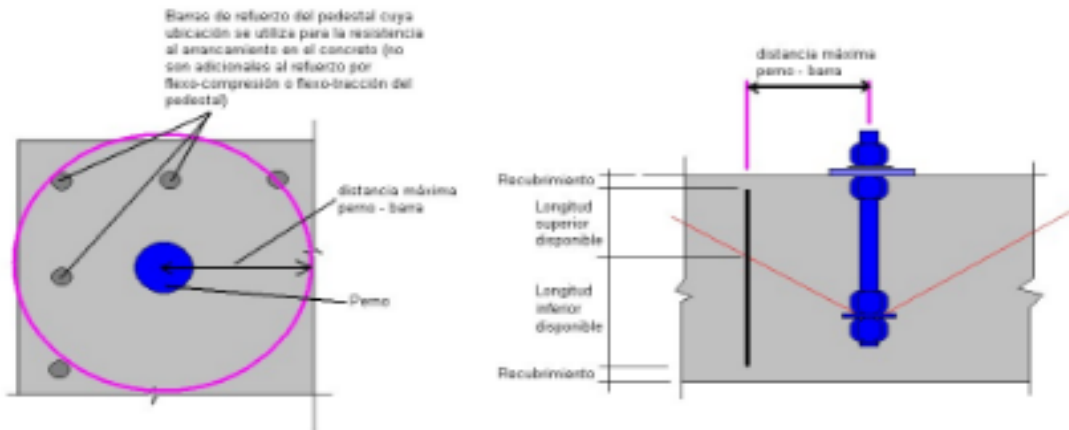
Máxima distancia admisible perno - barra

Máxima distancia colocada

ncamiento por Tracción en conc

#### Nota:

Ubicar  $333.33 \text{ mm}^2$  de refuerzo a una distancia máxima de 277 mm alrededor de cada perno. Hay una longitud de desarrollo disponible en la parte superior de 259 mm y en la parte inferior de -279 mm, para controlar la falla de Arrancamiento por Tracción en concreto.



### Revisión platina embebida

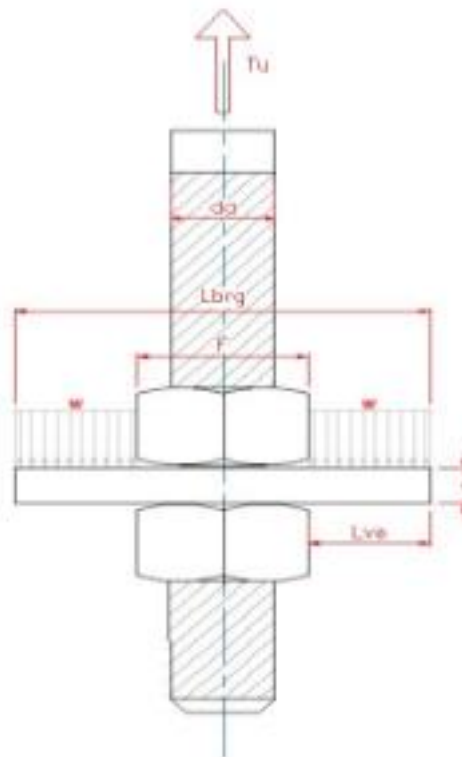
Tracción máxima en un perno $T_u$ [kN]	75
Lado platina $L_{brg}$ [mm]	100
Espesor platina $t$ [mm]	10
Material	A36
Resistencia nominal a la fluencia [MPa]	345
Diámetro perno $d_n$ [mm]	50.8
Distancia entre caras planas de tuerca $F$ [mm]	79
Longitud efectiva en voladizo $L_{ev}$ [mm]	10
Carga máxima uniforme aplicada $w$ [N/mm]	941
Momento flector máximo en platina en la cara de la tuerca $M_u$ [N-mm]	50018
Momento resistente platina $\phi M_n$ [N-mm]	776250
Porcentaje de uso a flexión $M_u/\phi M_n$	6%

## Revisión Pernos de Anclaje

Estructura

Ejemplo 2 ACI318-08

Cortante unidireccional máxima a una distancia $t$ de la cara de la tuerca $V_u$ [N]	294
Cortante resistente en la platina $\phi V_n$ [N]	186300
Porcentaje de uso a cortante $V_u / \phi V_n$	0%
Fuerza de punzonamiento a una distancia $t/2$ de la cara de la tuerca $P_u$ [N]	18927
Resistencia al punzonamiento en la platina $\phi P_n$ [N]	666023
Porcentaje de uso a punzonamiento $P_u / \phi P_n$	3%





Anexo 2. Ejemplo No. 2 Diseño de anclaje según ACI318-08 y ACI 319-19

**Datos de entrada**

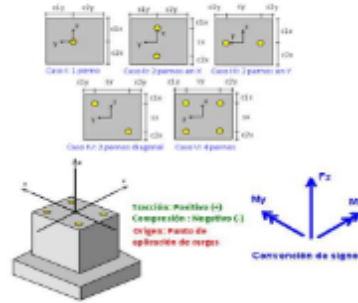
**Revisión Pernos de Anclaje V2.0**

Según Metodología ACI 318-19 capítulo 17

Formato de ingreso de datos para cálculos:

Cada columna representa una estructura.

- Arrastre hacia la derecha para calcular otras estructuras.
- Verifique los datos arrastrados para evitar incoherencias.
- En la fila 53 de cada estructura pulse "Ctrl+H" para calcular.
- Itere hasta que los porcentajes de uso sean aceptables.
- Si requiere refuerzo del anclaje pulse "Ctrl+I" para calcular.
- En la fila 54 pulse "Ctrl+J" para generar reporte respectivo.



General	Estructura	Ejemplo 1 ACI318-19	Ejemplo 2 ACI318-19
	Zona sísmica	Alta	Alta
	Instalación	Pre-instalado	Pre-instalado
Perno	Tipo	T - Con cabeza o platina	T - Con cabeza o platina
	Sub-tipo	Placa base no elevada	Placa base no elevada
	Acero	ASTM F1554 GR55 (fy=380)	ASTM F1554 GR55 (fy=380)
Geometría	Diámetro [in]	1 1/4	2
	Longitud total del perno L [mm]	710	1000
	Caso de cálculo	Caso V	Caso V
	c1x [mm]	200	150
	sx [mm]	450	300
	c2x [mm]	200	150
	c1y [mm]	200	150
	sy [mm]	450	300
	c2y [mm]	200	150
	Altura fundación ha [mm]	1200	2500
	Espesor de placa base ep [mm]	38.1	31.75
Espesor grouting / Dist. libre placa elevada eg [mm]	100	100	
Cantidad de tuercas sobre la placa base	2	2	
Concreto	f'c [MPa]	28	28
	Concreto ligero (S/N)	N	N
	Chequear fisuración (S/N)	N (Trabajar con concreto fisurado)	N (Trabajar con concreto fisurado)
	Refuerzo del concreto	No se considera refuerzo suplementario ni refuerzo del anclaje	No se considera refuerzo suplementario ni refuerzo del anclaje

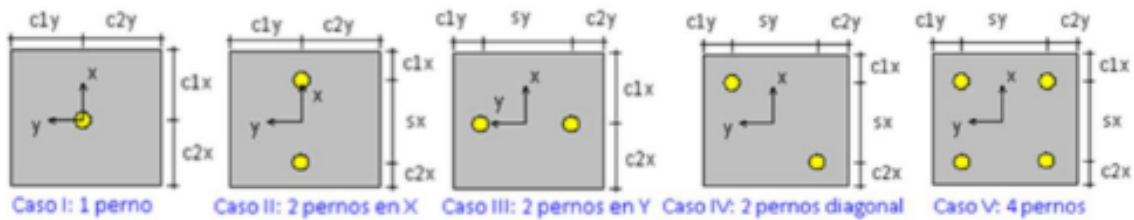
Cargas	Fuerza última vertical Fuz [kN]	150.00	300.00
	Cortante última en X Vux [kN]	40.00	38.00
	Cortante última en Y Vuy [kN]	30.00	27.00
	Momento último en X Mux [kN-m]	0.00	0.00
	Momento último en Y Muy [kN-m]	0.00	0.00
	Fuerza servicio vertical Fsz [kN]		
	Momento servicio en X Msx [kN-m]		
Momento servicio en Y Msy [kN-m]			
Calcular	Opima "Ctrl+H" para generar resultados	Calculado	Calculado
	Requiere refuerzo del anclaje (S/N)	N	S (Pulse Ctrl+I)
Exportar	Opima "Ctrl+J" para generar reporte	Generado	Generado
Resultados	Designación de perno	A10.710	A16.1000
	Longitud embebida Ldh [mm]	457	695
	Longitud roscada Lr [mm]	173	225
	Proyección de la rosca P [mm]	112	144
	Proyección bajo platina C [mm]	42	61
	Tracción directa en acero	15.20%	11.82%
	Cortante directa en acero	24.35%	8.83%
	Interacción Tracción-Cortante en acero	NA	NA
	Esbellez acero	NA	NA
	Arrancamiento por Tracción en concreto	82.38%	269.97%
	Deslizamiento por Tracción en concreto	8.86%	17.72%
	Desprendimiento lateral por Tracción en concreto	NA	34.61%
	Arrancamiento por Cortante en concreto	72.95%	115.53%
Desprendimiento por Cortante en concreto	16.48%	25.65%	
Hendimiento en el concreto	NA	NA	

Acero	Tipo de acero	Ductil	Ductil
$\phi$	$\phi_{sa,N}$ Acero a Carga Axial	0.75	0.75
	$\phi_{sa,V}$ Acero a Carga Cortante	0.65	0.65
	$\phi_{pn,N}$ Concreto a Carga Axial	0.53	0.53
	$\phi_{cb,N}; \phi_{sa,N}$ Concreto a Carga Axial	0.53	0.53
	$\phi_{cp,V}$ Concreto a Carga Cortante	0.70	0.70
	$\phi_{cb,V}$ Concreto a Carga Cortante	0.70	0.70
Fuerzas en pernos	Cantidad de pernos	4 perno(s)	4 perno(s)
	b 1-1 [kN]	37.50	75.00
	b 1-2 [kN]	37.50	75.00
	b 2-1 [kN]	37.50	75.00
	b 2-2 [kN]	37.50	75.00
	Cantidad de pernos a tracción	4.00	4.00
	Máxima tracción en perno [kN]	37.50	75.00
	Máxima compresión en perno [kN]	0	0.00
	Cortante resultante en el grupo de pernos [kN]	50.00	46.62
Resistencias calculadas	$h_e f$ [mm]	150.00	100.00
	Resistencia a Tracción del acero $f_{Nsa}$ [kN]	246.78	634.35
	Resistencia a Cortante del acero $f_{Vsa}$ [kN]	102.66	263.89
	Resist. Arrancamiento por T $f_{Ncb}$ [kN]	182.09	111.12
	Resist. Deslizamiento por T $f_{Npn}$ [kN]	423.36	423.36
	Resist. Desprendimiento lateral por T $f_{Nsb}$ [kN]	0	433.37
	Resist. Arrancamiento por V $f_{Vcb}$ [kN]	49.42	30.21
	Resist. Desprendimiento por V $f_{Vcp}$ [kN]	242.79	148.16

Refuerzo del anclaje para arrancamiento por tracción	Modo de falla a controlar		Arrancamiento por Tracción en concreto
	Máxima distancia admisible perno - bars		276.5
	Máxima distancia colocada		276.5
	Nota		Ubicar 333.33 mm <sup>2</sup> de refuerzo a una distancia máxima de 277 mm alrededor de cada perno. Hay una longitud de desarrollo disponible en la parte superior de 259 mm y en la parte inferior de 2071 mm, para controlar la falla de Arrancamiento por Tracción en concreto.
Revisión platina embebida	Resistencia nominal a la fluencia $f_y$ [MPa]	250	250
	Diámetro perno $d_a$ [mm]	31.75	50.8
	Distancia entre caras planas de tuerca $F$ [mm]	50.84	79.375
	Longitud efectiva en voladizo $L_{ev}$ [mm]	4.58	-9.69
	Máxima tracción en perno $T_{máx}$ [kN]	37.5	75
	Carga máxima uniforme aplicada $w$ [N/mm]	801.21	2860.47
	Momento flector máximo en la platina a la cara de la tuerca $M_u$ [N-mm]	8403.2	134224.03
	Momento resistente platina $f_{Mn}$ [N-mm]	121500	121500
	Porcentaje de uso a flexión $M_u/f_{Mn}$	6.92%	110.47%
	Cortante unidireccional máxima en la platina a la cara de la tuerca $V_u$ [N]	3669.52	-27710.77
	Cortante resistente en la platina $f_{Vn}$ [N]	48800.00	48800.00
	Porcentaje de uso a cortante $V_u/f_{Vn}$	7.55%	-57.02%
	Fuerza de punzonamiento en la platina a la cara de la tuerca $P_u$ [N]	20964.56	-64280.17
	Resistencia al punzonamiento en la platina $f_{Pn}$ [N]	129372.04	201984.77
Porcentaje de uso a punzonamiento $P_u/f_{Pn}$	16.20%	-31.82%	

**Parámetros generales**

Zona sísmica	Alta
Disposición de pernos	Caso V (4 pernos)
Tipo de Instalación	Pre-instalado
Tipo de perno	T - Con cabeza o platina
Ubicación placa base	Placa base no elevada
Acero tipo	ASTM F1554 GR55 ( $f_y=380$ )
Diámetro perno, $d_n$	1 1/4
Longitud embebida, $L_{dh}$ [mm]	457
Lado platina / Longitud gancho, $L_{brg}$ [mm]	60



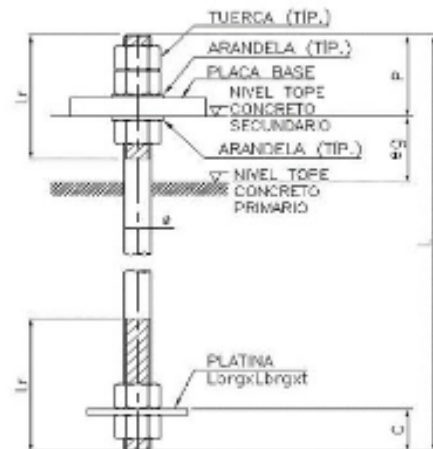
**Características del pedestal**

Distancias a borde	$c1x$ [mm]	200	Separación entre pernos:	$sx$ [mm]	450
	$c2x$ [mm]	200		$sy$ [mm]	450
	$c1y$ [mm]	200	Altura fundación, $h_a$ [mm]		1200
	$c2y$ [mm]	200			

Esesor de placa base, $e_p$ [mm]	38.1
Esesor grouting, $e_g$ [mm]	100
Resistencia nominal del concreto a compresión, $f_c$ [MPa]	28.0

**Datos para fabricación**

Designación perno	A10.710
Longitud total del perno, $L$ [mm]	710
Longitud roscada, $L_r$ [mm]	175
Proyección de la rosca, $P$ [mm]	110
Proyección bajo platina, $C$ [mm]	40



## Revisión Pernos de Anclaje

Estructura

Ejemplo 1 ACI318-19

### Cargas aplicadas



	Últimas	
Cargas	Fuerza última vertical, $F_{uz}$ [kN]	150.0
	Cortante última en X, $V_{ux}$ [kN]	40.0
	Cortante última en Y, $V_{uy}$ [kN]	30.0
	Momento último en X, $M_{ux}$ [kN-m]	0.0
	Momento último en Y, $M_{uy}$ [kN-m]	0.0

	Servicio (*)	
	$F_{az}$ [kN]	-
	$M_{sx}$ [kN-m]	-
	$M_{sy}$ [kN-m]	-

(\*) Se considera concreto en estado fisurado

### Cargas resultantes en pernos

Axial	$b1-1$ [kN]	37.5
	$b1-2$ [kN]	37.5
	$b2-1$ [kN]	37.5
	$b2-2$ [kN]	37.5
	Máxima tracción [kN]	37.5
	Máxima compresión [kN]	0
	Cortante resultante en el grupo [kN]	50

### Parámetros de diseño

	Profundidad efectiva, $h_{ef}$ [mm]	150
	$\phi_{sa,N}$ Acero a Carga Axial	0.75
	$\phi_{sa,V}$ Acero a Carga Cortante	0.65
	$\phi_{pn,N}$ Concreto a Carga Axial	0.525
	$\phi_{cb,N}$ ; $\phi_{sb,N}$ Concreto a Carga Axial	0.525
	$\phi_{cp,V}$ Concreto a Carga Cortante	0.7
	$\phi_{cb,V}$ Concreto a Carga Cortante	0.7

### Tabla de revisión de fallas

Acero	Tracción directa en acero	15.20%
	Cortante directa en acero	24.35%
	Interacción Tracción-Cortante en acero	NA
	Esbeltez acero (sólo para placa elevada)	NA
	Arrancamiento por Tracción en concreto	82.38%
Concreto	Deslizamiento por Tracción en concreto	8.86%
	Desprendimiento lateral Tracción en concreto	NA
	Arrancamiento por Cortante en concreto	72.95%
	Desprendimiento por Cortante en concreto	16.48%
	Hundimiento en el concreto	NA

### Resistencia

	$\phi N_{sa}$ [kN]	246.78
	$\phi V_{sa}$ [kN]	102.66
	$\phi N_{cb}$ [kN]	182.09
	$\phi N_{pn}$ [kN]	423.36
	$\phi N_{sb}$ [kN]	0
	$\phi V_{cb}$ [kN]	49.42
	$\phi V_{cp}$ [kN]	242.79

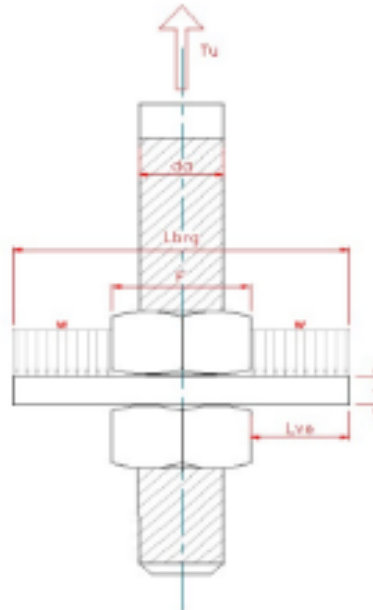
## Revisión Pernos de Anclaje

Estructura Ejemplo 1 ACI318-19

### Revisión platina embebida

Tracción máxima en un perno $T_u$ [kN]	38
Lado platina $L_{brg}$ [mm]	60
Espesor platina $t$ [mm]	6
Material	A36
Resistencia nominal a la fluencia [MPa]	250
Diámetro perno $d_a$ [mm]	31.8
Distancia entre caras planas de tuerca $F$ [mm]	51
Longitud efectiva en voladizo $L_{ev}$ [mm]	5
Carga máxima uniforme aplicada $w$ [N/mm]	801
Momento flector máximo en platina en la cara de la fuerza $M_u$ [N-mm]	8403
Momento resistente platina $\phi M_n$ [N-mm]	121500
Porcentaje de uso a flexión $M_u/\phi M_n$	7%

Cortante unidireccional máxima a una distancia $t$ de la cara de la fuerza $V_u$ [N]	3670
Cortante resistente en la platina $\phi V_n$ [N]	48600
Porcentaje de uso a cortante $V_u/\phi V_n$	8%
Fuerza de punzamiento a una distancia $t/2$ de la cara de la tuerca $P_u$ [N]	20965
Resistencia al punzamiento en la platina $\phi P_n$ [N]	129372
Porcentaje de uso a punzamiento $P_u/\phi P_n$	16%



## Revisión Pernos de Anclaje

Estructura

Ejemplo 2 ACI318-19

### Parámetros generales

Zona sísmica	Alta
Disposición de pernos	Caso V (4 pernos)
Tipo de instalación	Pre-instalado
Tipo de perno	T - Con cabeza o platina
Ubicación placa base	Placa base no elevada

Acero tipo	ASTM F1554 GR55 ( $f_y=380$ )
Diámetro perno, $d_a$ [pulgadas]	2
Longitud embebida, $L_{eh}$ [mm]	695
Lado platina / Longitud gancho, $L_{brg}$ [mm]	60



### Características del pedestal

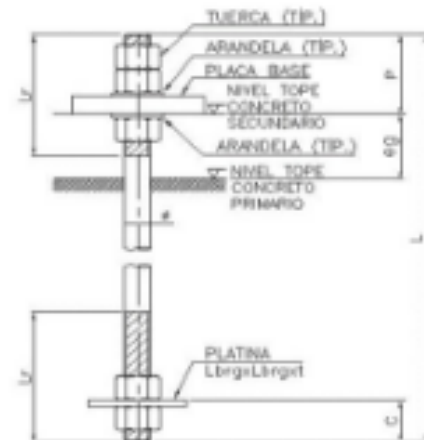
Distancias a borde	$c1x$ [mm]	150
	$c2x$ [mm]	150
	$c1y$ [mm]	150
	$c2y$ [mm]	150

Separación entre pernos:	$s_x$ [mm]	300
	$s_y$ [mm]	300
Altura fundación, $h_a$ [mm]		2500

Espesor de placa base, $e_p$ [mm]	31.75
Espesor grouting, $e_g$ [mm]	100
Resistencia nominal del concreto a compresión, $f_c$ [MPa]	28.0

### Datos para fabricación

Designación perno	A16.1000
Longitud total del perno, $L$ [mm]	1000
Longitud roscada, $L_r$ [mm]	225
Proyección de la rosca, $P$ [mm]	145
Proyección bajo platina, $C$ [mm]	60

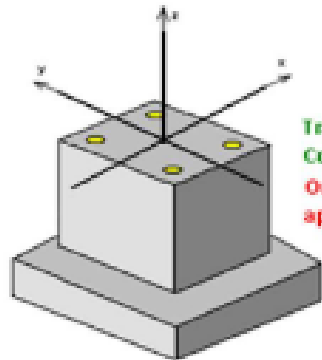


## Revisión Pernos de Anclaje

Estructura

Ejemplo 2 ACI318-19

### Cargas aplicadas



Tracción: Positivo (+)  
 Compresión: Negativo (-)  
 Origen: Punto de aplicación de cargas



Últimas		Servicio (*)		
Cargas	Fuerza última vertical, $F_{uz}$ [kN]	300.0	$F_{sz}$ [kN]	-
	Cortante última en X, $V_{ux}$ [kN]	38.0	$M_{sx}$ [kN-m]	-
	Cortante última en Y, $V_{uy}$ [kN]	27.0	$M_{sy}$ [kN-m]	-
	Momento último en X, $M_{ux}$ [kN-m]	0.0	(*) Se considera concreto en estado fisurado	
	Momento último en Y, $M_{uy}$ [kN-m]	0.0		

### Cargas resultantes en pernos

Axial	$b1-1$ [kN]	75
	$b1-2$ [kN]	75
	$b2-1$ [kN]	75
	$b2-2$ [kN]	75
Máxima tracción [kN]	75	
Máxima compresión [kN]	0	
Cortante resultante en el grupo [kN]	46.62	

### Parámetros de diseño

Profundidad efectiva, $h_{ef}$ [mm]	100
$\phi_{sa,N}$ Acero a Carga Axial	0.75
$\phi_{sa,V}$ Acero a Carga Cortante	0.65
$\phi_{pn,N}$ Concreto a Carga Axial	0.525
$\phi_{cb,N}$ ; $\phi_{sb,N}$ Concreto a Carga Axial	0.525
$\phi_{cp,V}$ Concreto a Carga Cortante	0.7
$\phi_{cb,V}$ Concreto a Carga Cortante	0.7

### Tabla de revisión de fallas

Acero	Tracción directa en acero	11.82%
	Cortante directa en acero	8.83%
	Interacción Tracción-Cortante en acero	NA
	Esbeltez acero (sólo para placa elevada)	NA
Concreto	Arrancamiento por Tracción en concreto	269.97%
	Deslizamiento por Tracción en concreto	17.72%
	Desprendimiento lateral Tracción en concreto	34.61%
	Arrancamiento por Cortante en concreto	115.53%
	Desprendimiento por Cortante en concreto	25.65%
Hendidamiento en el concreto	NA	

### Resistencia

$\phi N_{sa}$ [kN]	634.35
$\phi V_{sa}$ [kN]	263.89
$\phi N_{cb}$ [kN]	111.12
$\phi N_{pn}$ [kN]	423.36
$\phi N_{sb}$ [kN]	433.37
$\phi V_{cb}$ [kN]	30.21
$\phi V_{cp}$ [kN]	148.16



## Revisión Pernos de Anclaje

Estructura

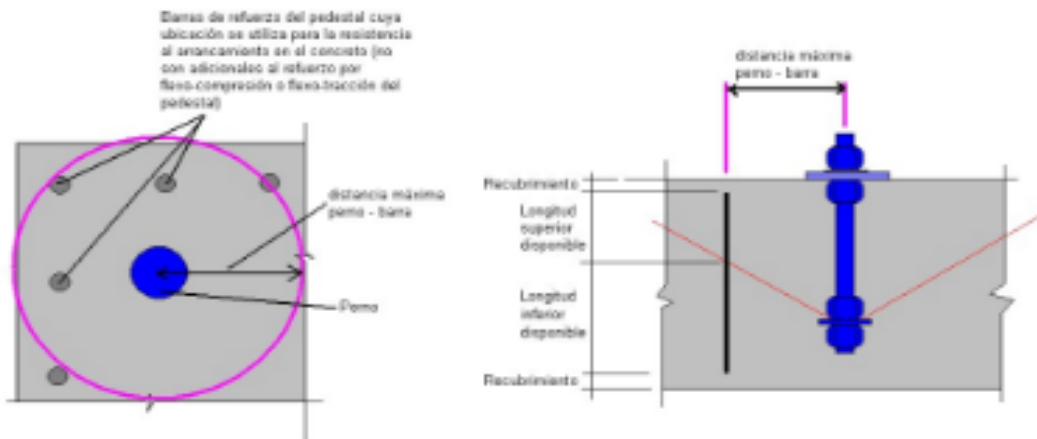
Ejemplo 2 ACI318-19

### Refuerzo del anclaje

Modo de falla a controlar	Arrancamiento por Tracción en concreto
Máxima distancia admisible perno - barra ( $L_{dh}/2$ )	276.5
Máxima distancia colocada	276.5

**Nota:**

Ubicar  $333.33 \text{ mm}^2$  de refuerzo a una distancia máxima de 277 mm alrededor de cada perno. Hay una longitud de desarrollo disponible en la parte superior de 259 mm y en la parte inferior de 2071 mm, para controlar la falla de Arrancamiento por Tracción en concreto.



### Revisión platina embebida

Tracción máxima en un perno $T_u$ (kN)	75
Lado platina $L_{brg}$ (mm)	60
Espesor platina $t$ (mm)	6
Material	A36
Resistencia nominal a la fluencia (MPa)	250
Diámetro perno $d_n$ (mm)	50.8
Distancia entre caras planas de fuerza $F$ (mm)	79
Longitud efectiva en voladizo $L_{ev}$ (mm)	-10
Carga máxima uniforme aplicada $w$ (N/mm)	2860
Momento flector máximo en platina en la cara de la fuerza $M_u$ (N-mm)	134224
Momento resistente platina $\phi M_n$ (N-mm)	121500
Porcentaje de uso a flexión $M_u/\phi M_n$	110%

## Revisión Pernos de Anclaje

Estructura

Ejemplo 2 ACI318-19

Cortante unidireccional máxima a una distancia $t$ de la cara de la fuerza $V_u$ [N]	-27711
Cortante resistente en la platina $\phi V_n$ [N]	48600
Porcentaje de uso a cortante $V_u / \phi V_n$	-57%
Fuerza de punzonamiento a una distancia $t/2$ de la cara de la fuerza $P_u$ [N]	-64280
Resistencia al punzonamiento en la platina $\phi P_n$ [N]	201985
Porcentaje de uso a punzonamiento $P_u / \phi P_n$	-32%

