

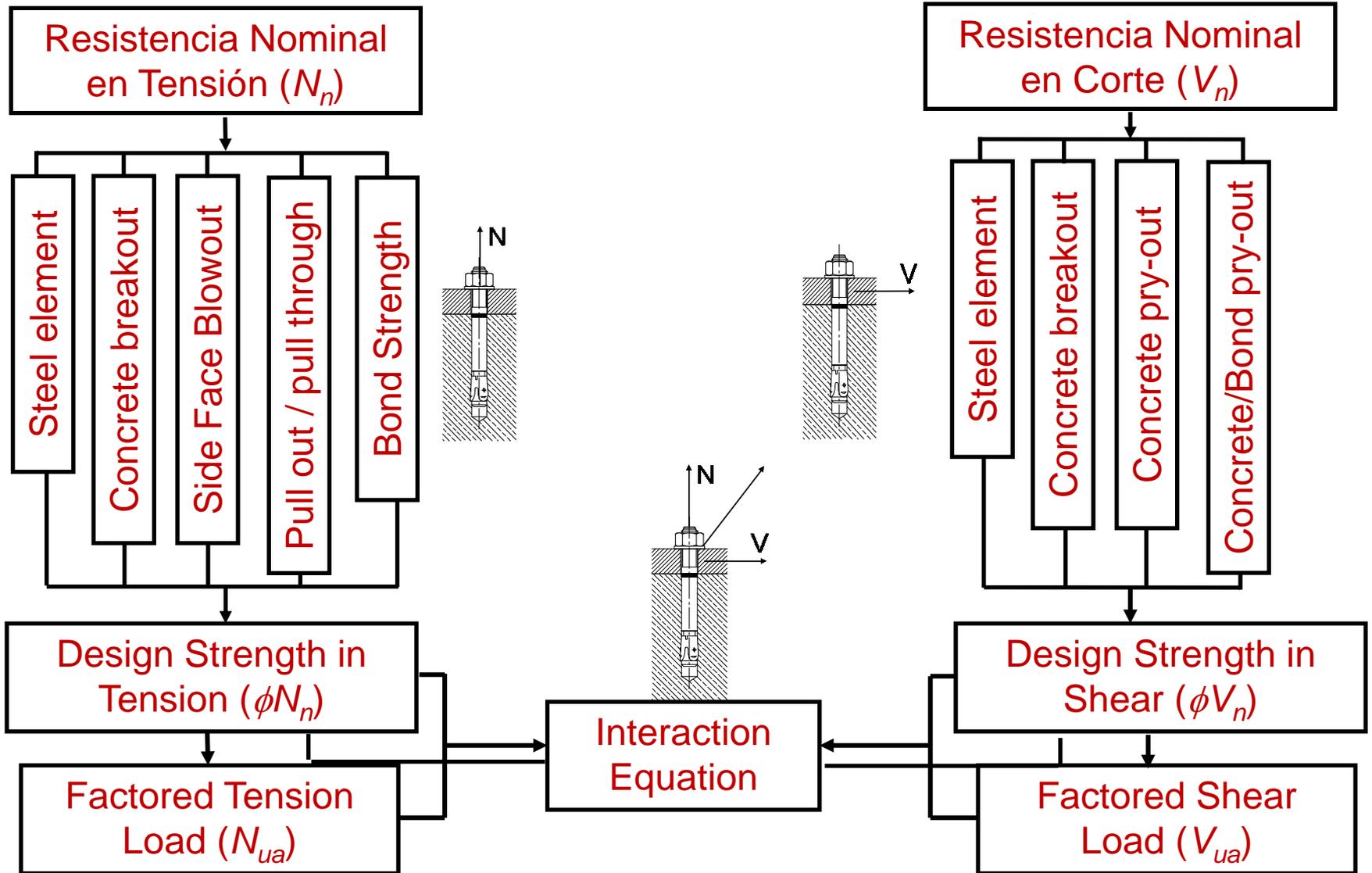


Disposiciones sísmicas para el diseño de anclajes postinstalados de conformidad con el Código ACI 318-11 Apendice D / 14

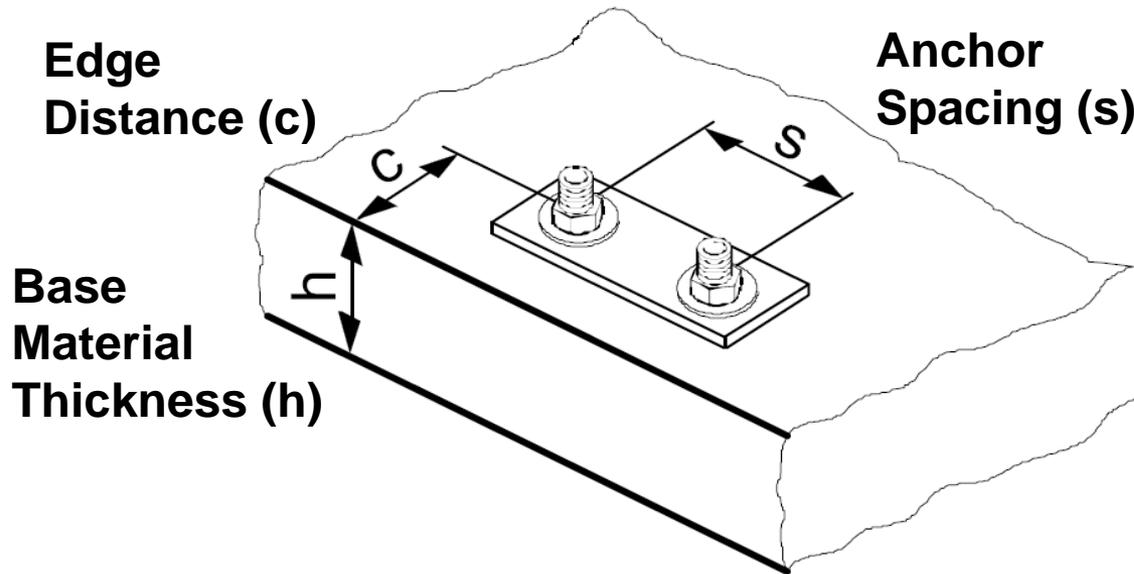
# Agenda

- Cambios en el Código ACI 318-08
- ACI 318-11 / 14 requisitos generales para anclajes químicos
- ACI 318-11 / 14 consideraciones sísmicas
- ACI 318-11 / 14 instalación de anclajes e inspección
- Resumen

# Provisiones Generales de Diseño



# Before You Begin a Strength Design Calculation...



- **Check Minimum Dimensions**
  - ✓ Part 8 of Appendix D for cast-in-place anchors
  - ✓ Evaluation Service Reports for post-installed anchors
- **Values in Appendix D for post-installed anchors are “GUIDE VALUES” !**
  - ✓ Not intended to be used for design

# Strength Design – The Code Landscape

**ACI 318-xx**  
Building Code Requirements for Structural Concrete

**IBC-xxxx**  
International Building Code

**Appendix D**  
Anchoring to Concrete  
Strength Design provisions for  
cast-in-place & post-installed anchors

**ACI 355.2**  
pre-qualification tests for  
mechanical anchors  
(TEST STANDARD)

**ACI 355.4**  
pre-qualification tests for  
adhesive anchors  
(TEST STANDARD)

**AC193**  
pre-qualification tests for  
mechanical anchors  
(ACCEPTANCE CRITERIA)

pre-qualification tests for  
adhesive anchors  
(ACCEPTANCE CRITERIA)

**ESR**

**ESR: Translates test data into design data**

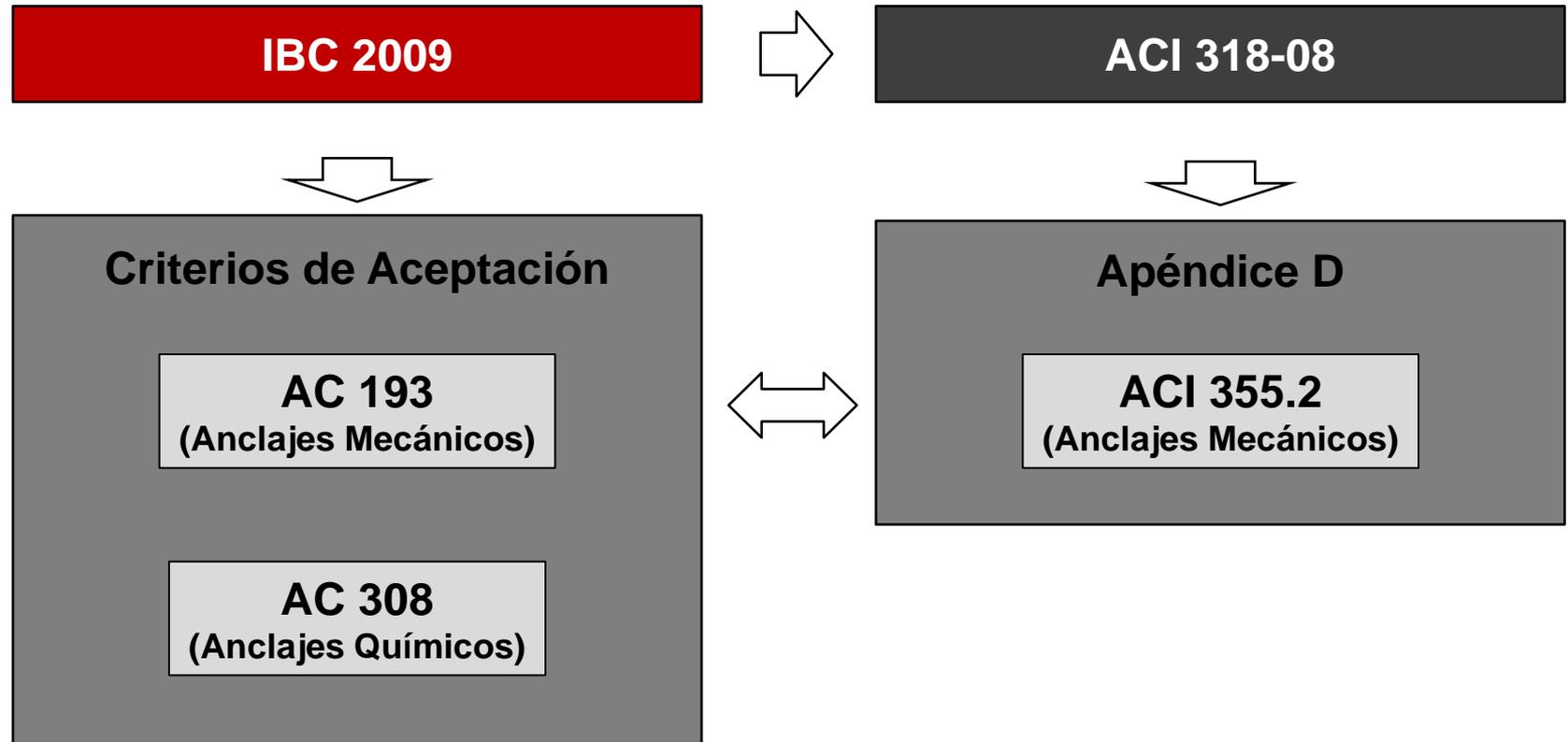


**Ch  
des**

**TE  
ce**

**ESR**

# Panorama general sobre el Código IBC 2009



**El diseño de Anclajes Mecánicos es conforme al ACI 318-08, Apéndice D.  
Los Anclajes Químicos se diseñan con base en lo provisto en el AC308.**

# Panorama general sobre el Código IBC 2012

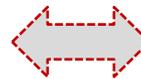
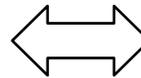
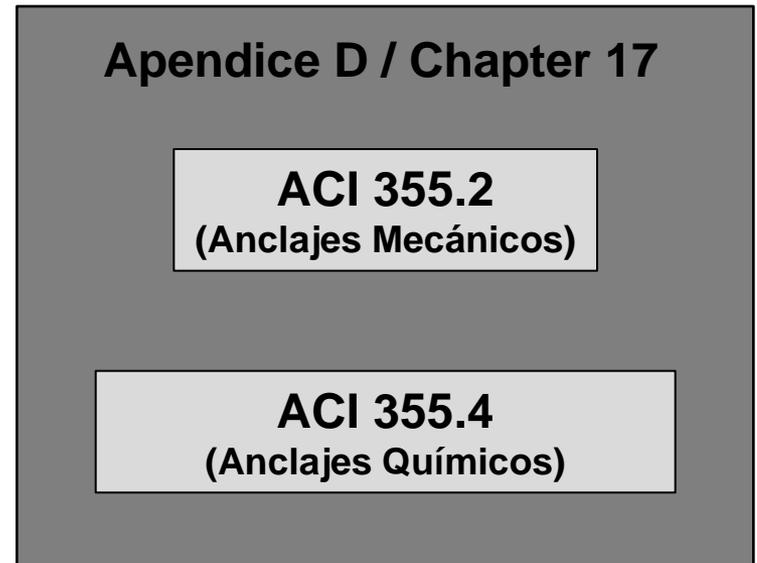
Adoptado por MD, MO, SD, WY



Publicado en Mayo 2011



Publicado en Agosto 2011



**Las pruebas realizadas con AC308 deberán ser compatibles con las del ACI 355.4.**

# Strength Design – Code Provisions

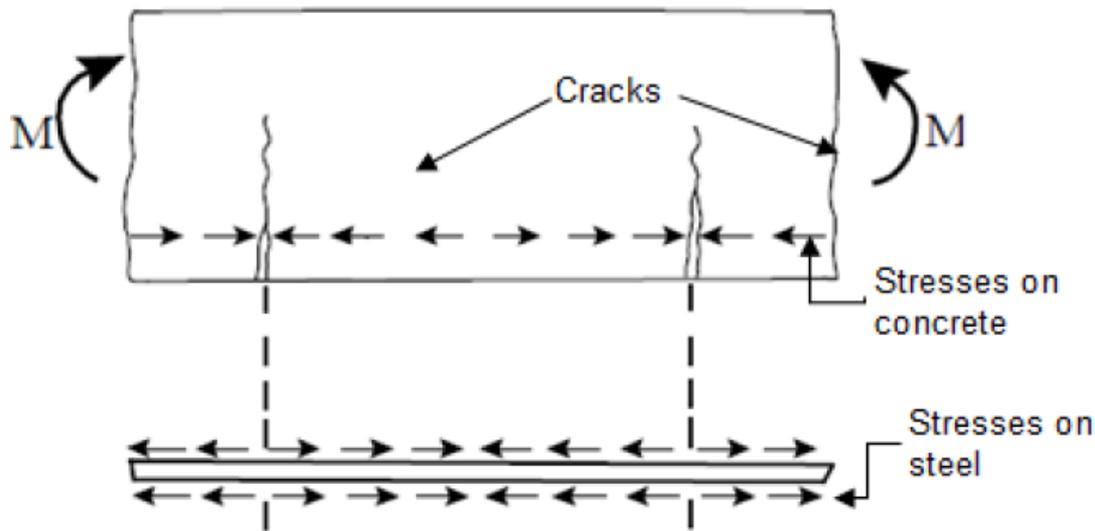
- **ACI 318-08 is used with IBC 2009**
  - **ACI 318-08, Appendix D contains provisions for cast-in-place and post-installed mechanical anchors.**
  - **IBC 2009, Chapter 19 contains provisions for cast-in-place and post-installed mechanical anchors.**
  - **ICC-ES AC308 provisions for adhesive anchors are given in ESR's.**
  
- **ACI 318-11 is used with IBC 2012**
  - **ACI 318-11, Appendix D contains provisions for cast-in-place anchors, post-installed mechanical and adhesive anchors.**
  - **IBC 2012, Chapter 19 contains provisions for cast-in-place and post-installed mechanical anchors.**
  - **ICC-ES AC308 provisions for adhesive anchors removed from ESR's.**

# Strength Design – Key Design Provisions

## ACI 318 and ICC-ES Acceptance Criteria

- Anchors in concrete used to transmit structural loads
  - Between connected structural elements
  - **Between safety-related attachments and structural elements**
  - Also reference ASCE-7-xx for other types of anchorages.
  
- Provisions consider the influence of Cracked Concrete and Seismic Loads
  
- Provisions of Appendix D and IBC **can be used directly** for cast-in-place anchor design
  
- Post-installed anchor design based on testing in accordance with
  - ACI 355.2 and ICC-ES AC193 (mechanical anchor systems)
  - ACI 355.4 and ICC-ES AC308 (adhesive anchor systems)

# Cracked Concrete – What Is It?



Bond stress between concrete and steel

Figure source: Nilson, 1991

**HILTI** Base material Anchor plate Anchor layout

Cracked concrete 4000 Compr. strength: 4,000 psi

Lightweight concrete lambda= 0.45

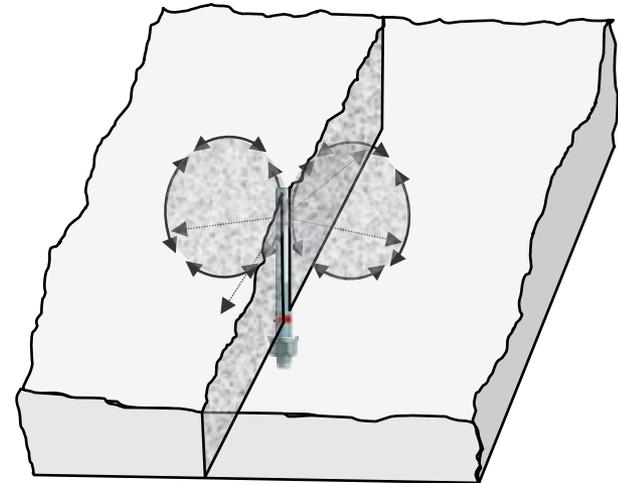
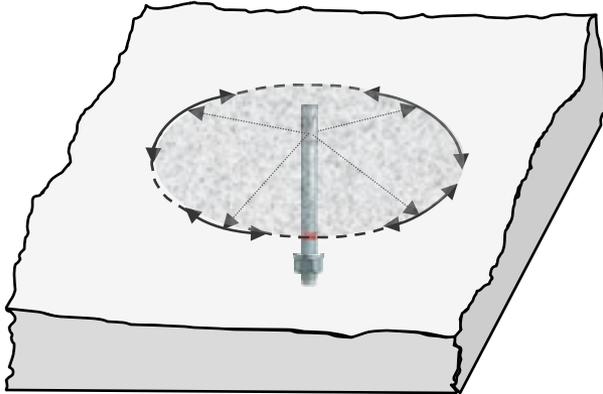
Input geometry

**HILTI** Concrete Characteristics

Concrete cracks when tensile stresses induced by loads or restraint conditions exceed its tensile strength. Both the ACI 318 and IBC building codes assume cracked concrete as the baseline condition for design of cast-in-place and post-installed anchors. Crack widths are assumed to be approximately 0.02" (0.5 mm) for seismic loading and approximately 0.012" (0.3 mm) for other cases.

- **Concrete cracks develop from internal tensile stresses induced by**
  - ✓ **External forces – flexure, etc.**
  - ✓ **Volumetric changes - shrinkage**
  - ✓ **Creep**

# Strength Design – Cracked Concrete Provisions

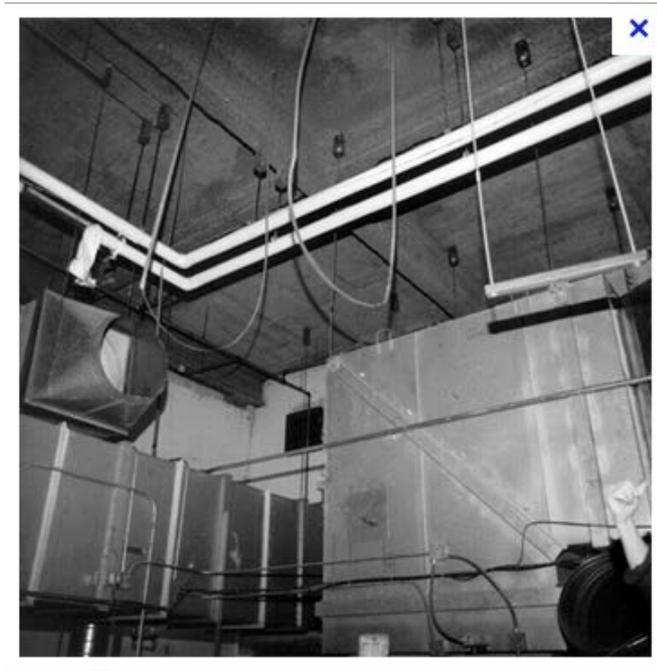


## Influence of Cracked Concrete on Anchors

- **Cracks can cause a reduction in the ultimate load the anchor can resist**
- **Cracks can cause an increase in the amount of displacement the anchor undergoes at ultimate load**
- **Cracks influence the capacity of cast-in-place and post-installed anchors**

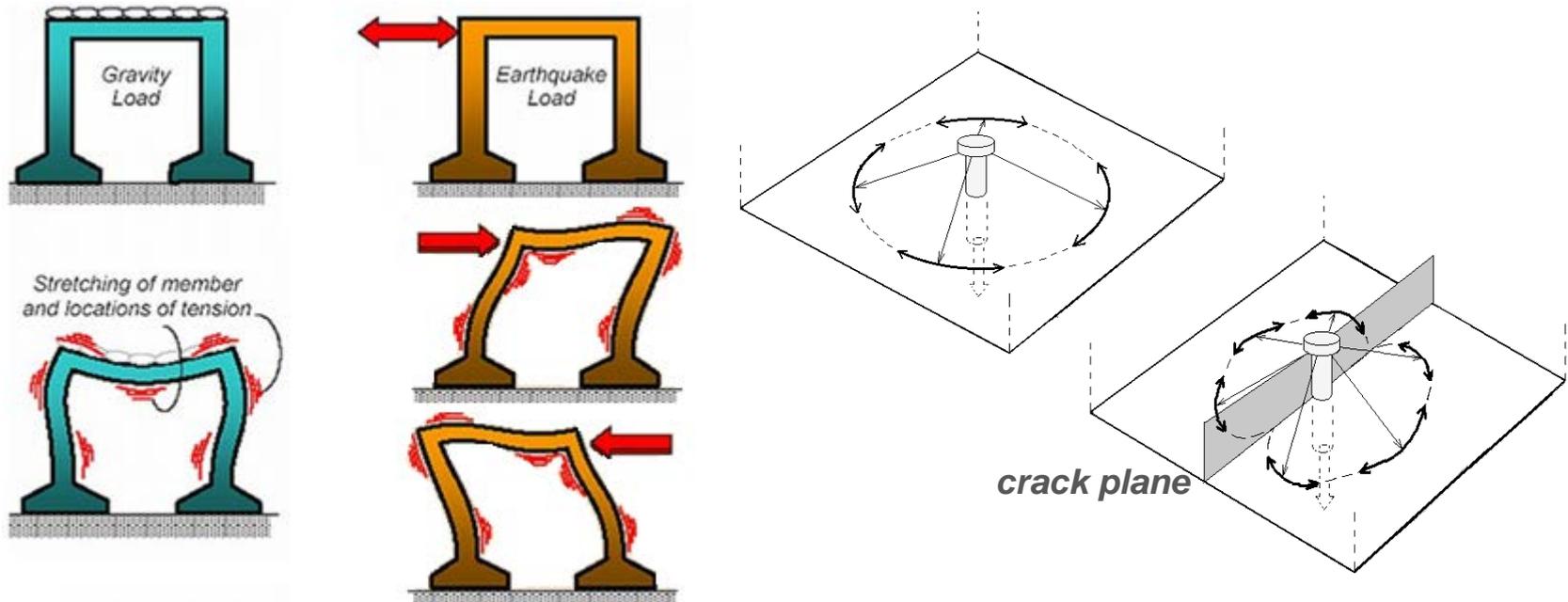
# Strength Design – Overview of Seismic Provisions

- **Pertain to Seismic Design Categories C, D, E or F**
- **Connection design for structures, equipment, non-building structures, safety-related attachments**
- **Anchors will be subjected to an ultimate load**



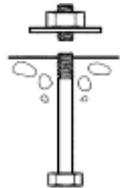
# Earthquake clearly lead to concrete cracks that significantly change the anchor load transfer

- As a cracks intersect the anchor the load transfer will be changed due to an unsymmetrical distribution of the anchor loads.



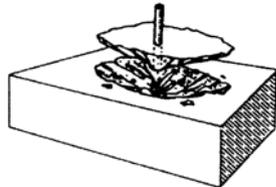
***Anchor's aptness in cracks is a starting point for seismic***

# Strength Design - Nominal Tension Strengths



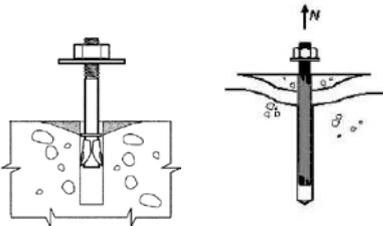
$N_{sa}$

= nominal steel strength in tension  
Calculate for cast-in-place anchors, mechanical anchors, adhesive anchors.



$N_{cb}$  and  $N_{cbg}$

= nominal concrete breakout strength in tension  
Calculate for cast-in-place anchors, mechanical anchors, adhesive anchors.



$N_{pn}$ ,  $N_{ag}$  and  $N_{ag}$

= nominal pullout/bond strength in tension  
Calculate pullout strength for cast-in-place anchors, mechanical anchors and HIT-Z.  
Calculate bond strength for adhesive anchors.

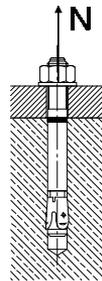
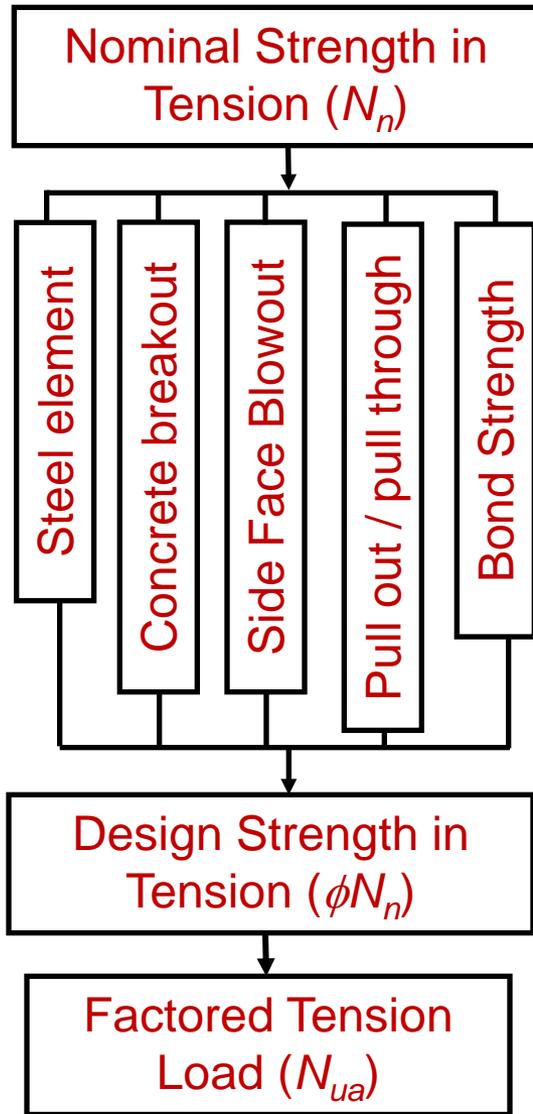


$N_{sb}$  and  $N_{sbg}$

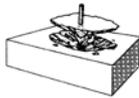
= nominal side-face blowout strength in tension  
Calculate for cast-in-place anchors only.

Figures taken from ACI 318, Appendix D

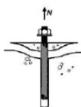
# Tension Strength Design Provisions



steel   $\phi_{\text{steel}} N_{sa} \geq N_{ua,l}$

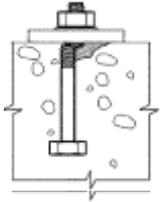
concrete breakout   $\phi_{\text{concrete}} N_{cbg} \geq N_{ua}$

pullout   $\phi_{\text{concrete}} N_{pn} \geq N_{ua,l}$

bond   $\phi_{\text{bond}} N_{ag} \geq N_{ua}$

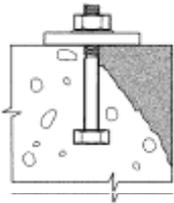
side-face blowout   $\phi_{\text{concrete}} N_{sbg} \geq N_{ua}$

# Strength Design - Nominal Shear Strengths



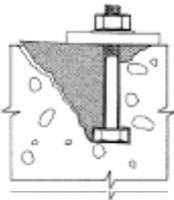
$V_{sa}$  = nominal steel strength in shear

Calculate for cast-in-place anchors, mechanical anchors and adhesive anchors.



$V_{cb}$  and  $V_{cbg}$  = nominal concrete breakout strength in shear

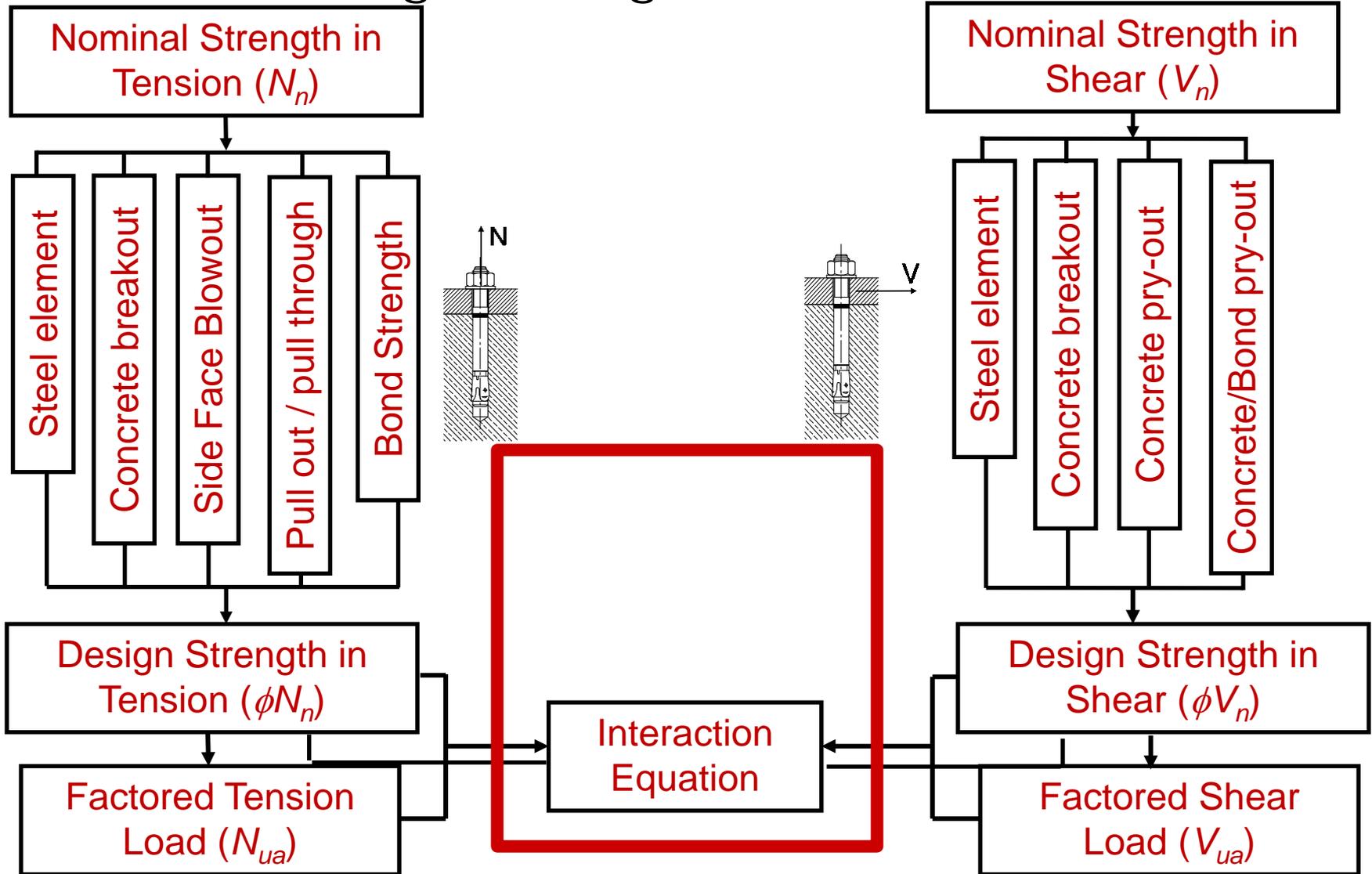
Calculate for cast-in-place anchors, mechanical anchors and adhesive anchors.



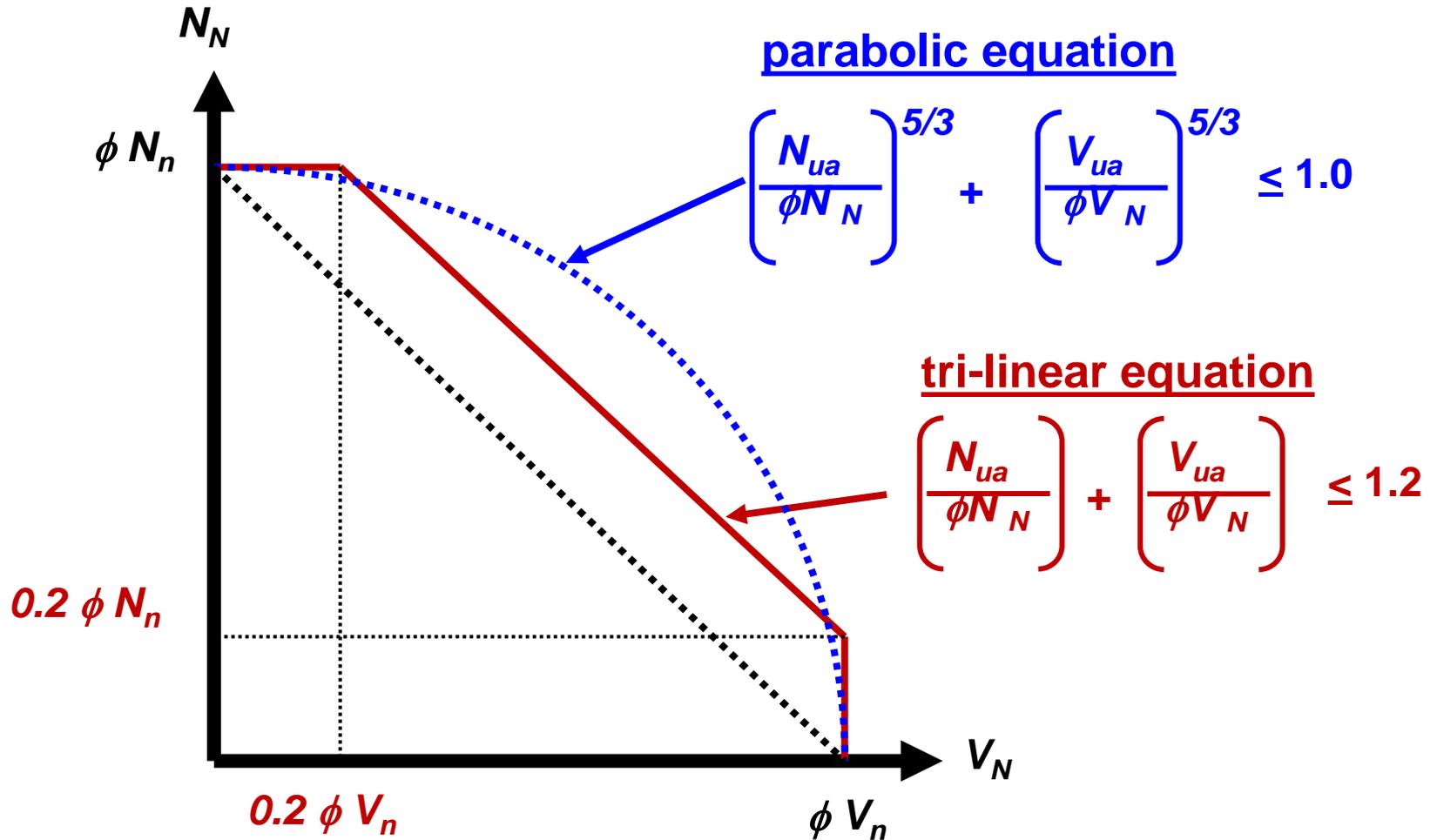
$V_{cp}$  and  $V_{cpg}$  = nominal pryout strength in shear

Calculate for cast-in-place anchors, mechanical anchors and adhesive anchors.

# General Strength Design Provisions



# Interaction of Tensile and Shear Forces



**PROFIS ANCHOR CHECKS BOTH EQUATIONS**

# Cambios significativos de ACI 318-08 a ACI 318-11 Apénndice D / 14 Cáp. 17

- 1 Factores de corrección para concreto ligero**
- 2 Resistencias de Diseño**
- 3 Resistencia nominal del concreto a la falla por cortante**
- 4 Disposiciones para Anclajes Químicos**
- 5 Disposiciones para Diseño Sísmico**
- 6 Instalación y supervisión de Anclajes**

# Factores de modificación para concreto ligero

## ACI 318-08

### No existen factores de modificación para anclajes post-instalados en concreto ligero

**4.1.12 – Concretos ligeros con agregados finos livianos:** Para ACI 318-08, cuando se utilicen anclajes, el factor de modificación  $\lambda_a$  o  $\lambda$  respectivamente, para la falla en el concreto deberá tomarse como 0.6 en lugar de lo mencionado en ACI 318-08 D.3.4 (2009 IBC). Adicionalmente, la resistencia a la extracción  $N_{p,cr}$ ,  $N_{p,uncr}$  y  $N_{p,eq}$  deberá multiplicarse por 0.6 según corresponda.

## ACI 318-11 /14

**D.3.6 –** Los factores de modificación para concreto ligero se tomarán como;

Anclajes preinstalados con falla en el concreto.....**1.0  $\lambda$**

Anclajes mecánicos y químicos considerando la falla en el concreto.....**0.8  $\lambda$**

Anclajes químicos cuando fallan por adherencia de acuerdo a la Eq. (D-22).....**0.6  $\lambda$**

Donde  $\lambda$  se determina de acuerdo con 8.6.1. **Se permitirá un valor alterno de  $\lambda_a$  siempre y cuando se cuente con pruebas experimentales conforme a ACI 355.2 o ACI 355.4.**

**4.1.12 – Concretos ligeros con agregados finos livianos:** Para ACI 318-11, cuando se utilicen anclajes, el factor de modificación  $\lambda_a$  o  $\lambda$  respectivamente, para la falla en el concreto deberá tomarse como 0.6 en lugar de lo mencionado en ACI 318-11 D.3.6 (2012 IBC). Adicionalmente, la resistencia a la extracción  $N_{p,cr}$ ,  $N_{p,uncr}$  y  $N_{p,eq}$  deberá multiplicarse por 0.6 según corresponda.

**Los valores del Apéndice D son indicativos, los del ICC-ES ESR son valores específicos.**

# Resistencias de diseño nominal

## ACI 318-08

**D.5.1.2** – La resistencia nominal de un anclaje a tensión,  $N_{sa}$ , no debe exceder:

$$N_{sa} = \underline{n} A_{se,N} f_{uta} \quad (D-3)$$

**D.6.1.2** – La resistencia nominal de un anclaje o un grupo de anclajes a cortante,  $V_{sa}$ , no debe exceder:

$$V_{sa} = \underline{n} A_{se,V} f_{uta} \quad (D-19)$$

$$V_{sa} = \underline{n} 0.6 A_{se,V} f_{uta} \quad (D-20)$$

## ACI 318-11 /14

**D.5.1.2** – La resistencia nominal de un anclaje a tensión,  $N_{sa}$ , no debe exceder:

$$N_{sa} = A_{se,N} f_{uta} \quad (D-2)$$

**D.6.1.2** – La resistencia nominal de un anclaje o un grupo de anclajes a cortante,  $V_{sa}$ , no debe exceder:

$$V_{sa} = A_{se,V} f_{uta} \quad (D-28)$$

$$V_{sa} = 0.6 A_{se,V} f_{uta} \quad (D-29)$$

# Resistencias de diseño

## ACI 318-08

Las Resistencias de Diseño ( $\phi N_n$  y  $\phi V_n$ ) se calculan para un grupo anclajes y se comparan contra la carga total factorizada.

## ACI 318-11 / 14

Las Resistencias de Diseño ( $\phi N_n$  y  $\phi V_n$ ) se comparan con los estados de carga factorizada considerando un modo de falla determinado.

- La Resistencia de diseño del acero (tensión y cortante) y la resistencia de diseño a la extracción por tensión **deberá revisarse para un anclaje y contra el anclaje de mayor tensión.**
  - ✓ ( $\phi N_n \geq N_{ua,i}$ ) y ( $\phi V_n \geq V_{ua,i}$ )
- El resto de resistencias de diseño en tensión y cortante **se calculan para el grupo de anclaje y se comprueba con la carga factorizada**
  - ✓ ( $\phi N_n \geq N_{ua}$ ) y ( $\phi V_n \geq V_{ua}$ )

# Resistencias de diseño comparadas contra cargas factorizadas

<b>TABLE D.4.1.1 - REQUIRED STRENGTH OF ANCHORS, EXCEPT AS NOTED IN D.3.3</b>			
Failure mode	Single anchor	Anchor group*	
		Individual anchor in a group	Anchors as a group
Steel strength in tension (D.5.1)	$\phi N_{sa} \geq N_{ua}$	$\phi N_{sa} \geq N_{ua,l}$	
Concrete breakout strength in tension (D.5.2)	$\phi N_{cb} \geq N_{ua}$		$\phi N_{cbg} \geq N_{ua,g}$
Pullout strength in tension (D.5.3)	$\phi N_{pn} \geq N_{ua}$	$\phi N_{pn} \geq N_{ua,l}$	
Concrete side-face blowout strength in tension (D.5.4)	$\phi N_{sb} \geq N_{ua}$		$\phi N_{sbg} \geq N_{ua,g}$
Bond strength of adhesive anchor in tension (D.5.5)	$\phi N_a \geq N_{ua}$		$\phi N_{ag} \geq N_{ua,g}$
Steel strength in shear (D.6.1)	$\phi V_{sa} \geq V_{ua}$	$\phi V_{sa} \geq V_{ua,l}$	
Concrete breakout strength in shear (D.6.2)	$\phi V_{cb} \geq V_{ua}$		$\phi V_{cbg} \geq V_{ua,g}$
Concrete pryout strength in shear (D.6.3)	$\phi V_{cp} \geq V_{ua}$		$\phi V_{cpg} \geq V_{ua,g}$
* Required strengths for steel and pullout failure modes shall be calculated for the most highly stressed anchor in the group.			

# Resistencia nominal a la falla por cortante ( $V_b$ )

## ACI 318-08

**D.6.2.2** – La resistencia nominal del concreto a la falla por cortante de un anclaje en concreto fisurado,  $V_b$ , no debe exceder:

$$V_b = \left( 7 \left( \frac{l_e}{d_a} \right)^{0.2} \sqrt{d_a} \right) \lambda \sqrt{f'_c} (c_{al})^{1.5} \quad (\text{D-24})$$

## ACI 318-11 /14

**D.6.2.2** – La resistencia nominal del concreto a la falla por cortante de un anclaje en concreto fisurado,  $V_b$ , **debe ser la menor de (a) y (b)**:

$$(a) \quad V_b = \left( 7 \left( \frac{l_e}{d_a} \right)^{0.2} \sqrt{d_a} \right) \lambda_a \sqrt{f'_c} (c_{al})^{1.5} \quad (\text{D-33})$$

$$(b) \quad V_b = 9 \lambda_a \sqrt{f'_c} (c_{al})^{1.5} \quad (\text{D-34})$$

- La limitación impuesta por la Ecuación (D-34) es aplicable debido a que no se tiene una influencia significativa de la rigidez ( $l_e$ ) ni del diámetro ( $d_a$ ) cuando se utilizan anclajes con diámetros grandes.
  - La ecuación (D-33) para anclajes de diámetros pequeños y profundidad empotramiento pequeñas.
  - La ecuación (D-34) para anclajes de diámetros grandes y profundidad empotramiento mayores.

# Resistencia nominal a la falla por cortante ( $V_b$ )

## ACI 318-08

**D.6.2.3 – Para pernos de cabeza preinstalados**, tornillos con cabeza o gancho, que están soldados en forma continua a aditamentos de acero,  $V_b$ , no debe exceder:

$$V_b = \left( 8 \left( \frac{l_e}{d_a} \right)^{0.2} \sqrt{d_a} \right) \lambda \sqrt{f'_c} (c_{a1})^{1.5} \quad (\text{D-25})$$

## ACI 318-11 /14

**D.6.2.3 – Para pernos de cabeza preinstalados**, tornillos con cabeza o gancho, que están soldados en forma continua a aditamentos de acero,  $V_b$ , no debe exceder:

$$V_b = \left( 8 \left( \frac{l_e}{d_a} \right)^{0.2} \sqrt{d_a} \right) \lambda_a \sqrt{f'_c} (c_{a1})^{1.5} \quad (\text{D-35})$$

**revisarse contra**

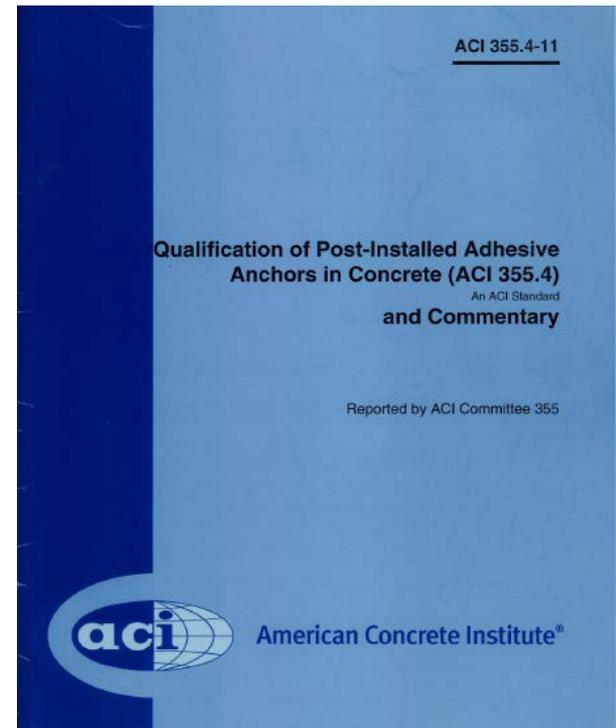
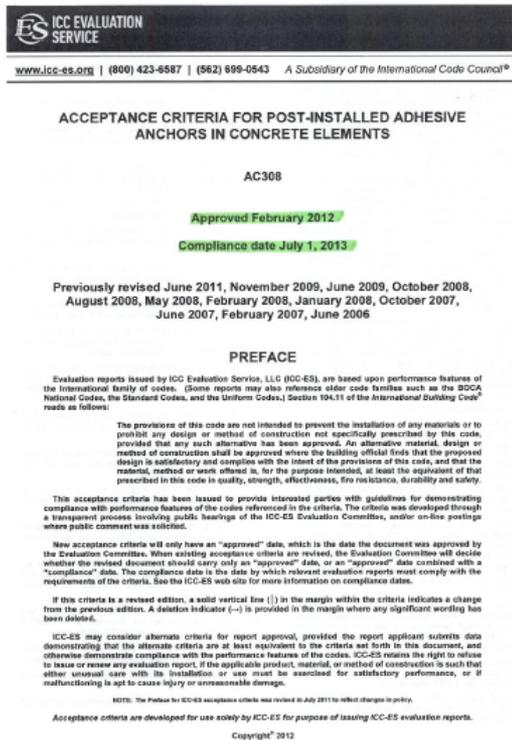
$$V_b = 9 \lambda_a \sqrt{f'_c} (c_{a1})^{1.5} \quad (\text{D-34})$$

- La Ecuación (D-35) es utilizada para anclajes ( preinstalados ) que se encuentren rigidizados por una placa o accesorio
  - Ecuación (D-34) también se comprueba
  - $V_b = \text{mínimo} \{ \text{valor de (D-34)} : \text{valor de (D-35)} \}$

# Agenda

- Cambios en el Código ACI 318-08
- ACI 318-11 / 14 requisitos generales para anclajes químicos
- ACI 318-11 / 14 consideraciones sísmicas
- ACI 318-11 / 14 instalación de anclajes e inspección
- Resumen

# Los anclajes químicos deben evaluarse para cumplir con el diseño por resistencia conforme a:



- El ICC-ES AC308 (Criterio de Aceptación) se utiliza para calificar los anclajes químicos cuando se utiliza el IBC.
- El ACI test standard ACI 355.4 se utiliza para evaluar los anclajes químicos cuando se utilice ACI 318-11 / 14, Apéndice D.

# Revisiones anclaje químico D.5.5

## ACI 318-11 /14

**D.5.5.1** – La resistencia nominal a tensión por adherencia,  $N_a$ , de un anclaje químico individual o  $N_{ag}$  de un grupo de anclajes químicos, no debe exceder:

(a) Para un anclaje químico individual:

$$N_a = \frac{A_{Na}}{A_{Na0}} \psi_{ed,Na} \psi_{cp,Na} N_{ba} \quad (D-18)$$

(b) Para un grupo de anclajes químicos:

$$N_{ag} = \frac{A_{Na}}{A_{Na0}} \psi_{ec,Na} \psi_{ed,Na} \psi_{cp,Na} N_{ba} \quad (D-19)$$

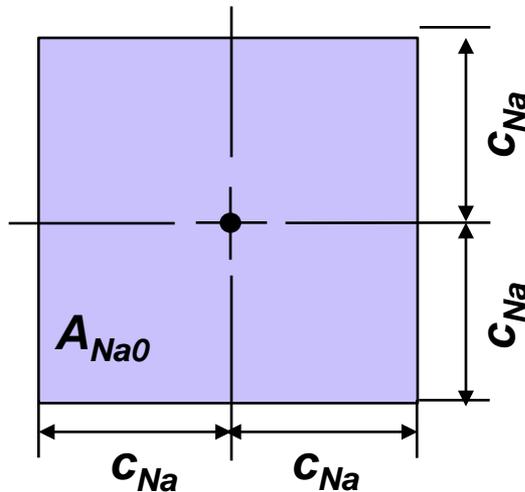
- La resistencia nominal a tensión por adherencia se calcula para un anclaje químico individual o para un grupo de anclajes.
- La resistencia de diseño por adhesión ( $\phi N_a$  o  $\phi N_{ag}$ ) se calcula multiplicando la resistencia nominal por el factor de reducción  $\phi$ . –Este factor se obtiene de los reporte de pruebas a estos anclajes.

# Área del anclaje químico con base en $c_{Na}$

ACI 318-11 / 14

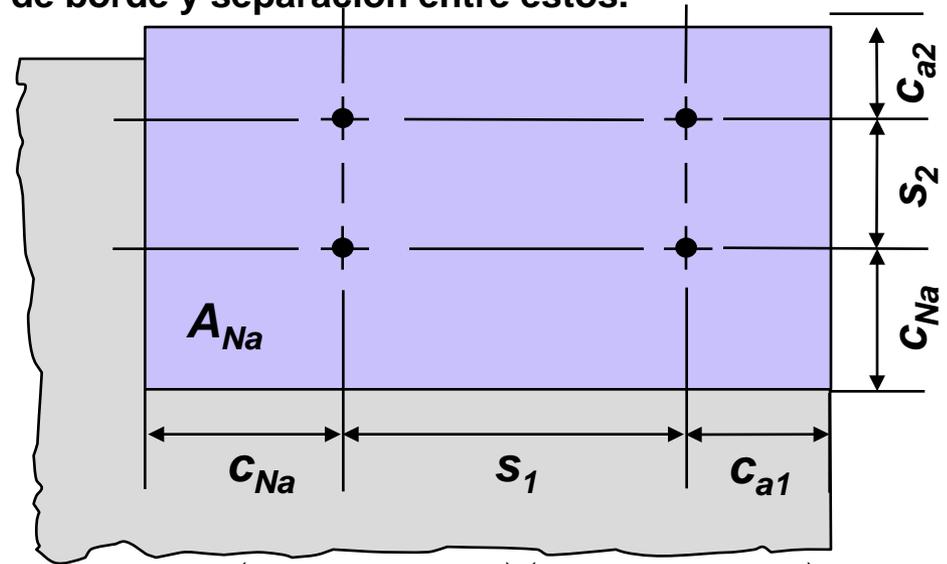
Proyección de la distancia al borde  $c_{Na} = 10d_a \sqrt{\frac{\tau_{uncr}}{1100}}$  (D-21)

Área de influencia para un anclaje químico sin considerar la distancia al borde



$$A_{Na0} = (2c_{Na})^2 \quad (D-20)$$

Área de influencia proyectada para un grupo de anclajes químicos considerando las condiciones de borde y separación entre estos.



$$A_{Na} = (c_{Na} + s_1 + c_{a1})(c_{Na} + s_2 + c_{a2})$$

Los factores de modificación  $\psi$  se basan en  $c_{Na}$

### ACI 318-11 /14

#### Excentricidad

$$\psi_{ec,Na} = \frac{1}{\left(1 + \frac{e'_N}{c_{Na}}\right)}$$

#### Distancia al borde

$$\psi_{ed,Na} = 0.7 + 0.3 \frac{c_{a,min}}{c_{Na}}$$

#### Separación

$$\psi_{cp,Na} = \max \left\{ \frac{c_{a,min}}{c_{ac}} ; \frac{c_{Na}}{c_{ac}} \right\}$$

- $e'_N$  = distancia entre fuerza de tensión resultante y los anclajes a tensión.
  - Solo se calcula para el grupo de anclajes
- $c_{a,min}$  = distancia menor al borde  $< c_{Na}$
- $c_{ac}$  = distancia critica al borde
  - Con referencia al reporte de evaluación del anclaje
- no  $\psi_{g,Na}$  factor de modificación para resistencia
  - Requerido de acuerdo a AC308

# Resistencia nominal por adherencia $N_{ba}$

## ACI 318-11 / 14

$$N_a = \frac{A_{Na}}{A_{Na0}} \psi_{ed,Na} \psi_{cp,Na} \underline{N_{ba}}$$

**D.5.5.2** - La resistencia nominal por adherencia de un anclaje químico a tensión en concreto fisurado,  $N_{ba}$ , será menor que:

$$N_{ba} = \lambda_a \tau_{cr} \pi d_a h_{ef} \quad (D-22)$$

$$N_{ag} = \frac{A_{Na}}{A_{Na0}} \psi_{ec,Na} \psi_{ed,Na} \psi_{cp,Na} \underline{N_{ba}}$$

El esfuerzo de adherencia,  $\tau_{cr}$ , deberá tomarse del 5 por ciento de los resultados de las pruebas de acuerdo a ACI 355.4.

- $N_{ba}$  es la resistencia nominal (idealizada) por adherencia para un anclaje químicos.
- $N_{ba}$  se multiplica por los factores de influencia de área ( $A_{Na} / A_{Na0}$ ), excentricidad ( $\psi_{ec,Na}$ ), distancia al borde ( $\psi_{ed,Na}$ ), separación ( $\psi_{cp,Na}$ ) para determinar  $N_a$  and  $N_{ag}$ .
- $\tau_{cr}$  o  $\tau_{uncl}$  se tomaran de los reportes de pruebas de evaluación.

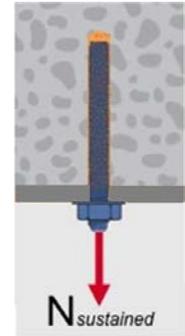
# Los anclajes químicos también deben ser revisados para cargas sostenidas

## ACI 318-11

**D.4.1.2** - Para el diseño de anclajes químicos que deban resistir cargas sostenidas de tensión, en adición con D.4.1.1

$$0.55 \phi N_{ba} \geq N_{ua,s} \quad (D-1)$$

Donde  $N_{ba}$  se determina de acuerdo con D.5.5.2.



- Calcular  $N_a$  o  $N_{ag}$  conforme D.5.5.1 y calcularlo como  $0.55 \phi N_{ba}$  si el anclaje estará sometido a cargas sostenidas de tensión.
- $N_{ba} = \lambda_a (\tau_{cr} \text{ o } \tau_{uncr}) \pi d_a h_{ef}$  de acuerdo a (D-22) para un anclaje
- Factor de reducción de resistencia ( $\phi_{bond}$ ) determinado del reporte de pruebas de evaluación.
- $N_{ua,s}$  = la mayor de las cargas de tensión sostenida
  - La mayor carga de tensión sostenida para un anclaje conforme D.3.5
  - Se asume  $N_{ua,s}$  es aplicada para mas de 50 años a 21.1 °C
  - Se asume  $N_{ua,s}$  es aplicada para mas de 10 años a 43.3 °C

# Agenda

- Cambios en el Código ACI 318-08
- ACI 318-11 / 14 requisitos generales para anclajes químicos
- ACI 318-11 / 14 consideraciones sísmicas
- ACI 318-11 / 14 instalación de anclajes e inspección
- Resumen

# Consideraciones para diseño Sísmico

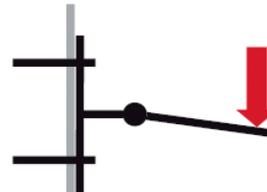
## ACI 318-08

- **Conexión en la que rige una falla dúctil en el anclaje**



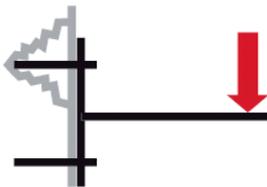
**D.3.3.4** — Se deben diseñar los anclajes de manera que estén controlados por la resistencia del acero de un elemento de acero dúctil de acuerdo con D.5.1 y D.6.1, a menos que se cumpla con D.3.3.5 ó D.3.3.6.

- **Conexión en la que rige una falla por fluencia dúctil en el accesorio**



**D.3.3.5** — En lugar de D.3.3.4, el aditamento que el anclaje conecta a la estructura debe ser diseñado de manera que la fijación llegue a fluencia dúctil con el nivel de carga correspondiente a fuerzas de anclaje no mayores que la resistencia de diseño de los anclajes especificada en D.3.3.3.

- **Conexión diseñada para un modo de falla no dúctil**



**D.3.3.6** — Como alternativa a D.3.3.4 y D.3.3.5, se permite tomar la resistencia de diseño de los anclajes como 0.4 veces la resistencia de diseño determinada con D.3.3.3. Para el anclaje de muros de carga de aportamiento ligero, se permite tomar la resistencia de diseño de los anclajes como 0.5 veces la resistencia de diseño determinada con D.3.3.3.

# Consideraciones para diseño sísmico: Tensión

## ACI 318-11 / 14

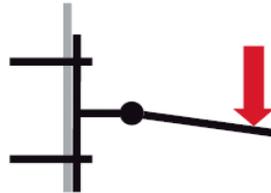
- Conexión en la que rige una falla dúctil en el anclaje



### D.3.3.4.3(a)

- $(N_{ua,steel} / 1.2N_{steel}) \geq (N_{ua} / N_n)$  grupo de anclajes
  - $N_n = \text{mínimo} \{N_{cbg}, N_{pn}, N_{sbg}, N_{ag}\}$
- Calcular la resistencia de diseño si (1) se satisface
  - $N_{ua} \leq \phi_{steel} N_{steel}$
  - $N_{ua} \leq 0.75\phi N_n$
  - ✓  $N_n = \text{mínimo} \{N_{cbg}, N_{pn}, N_{sbg}, N_{ag}\}$

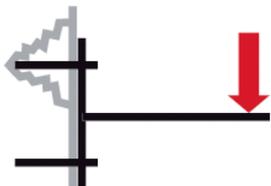
- Conexión en la que rige una falla por fluencia dúctil en el accesorio



### D.3.3.4.3(b y c)

- Resistencia del accesorio  $\leq \phi_{steel} N_{steel}$
- Resistencia del accesorio  $\leq 0.75\phi N_n$ 
  - ✓  $N_n = \text{mínimo} \{N_{cbg}, N_{pn}, N_{sbg}, N_{ag}\}$

- Conexión diseñada para un modo de falla no dúctil



### D.3.3.4.3(d)

- $N_{ua}$  incluyendo el factor de “sobre resistencia”  $\Omega_0$
- $N_{ua} \leq \phi_{steel} N_{steel}$
- $N_{ua} \leq 0.75\phi N_n$ 
  - ✓  $N_n = \text{mínimo} \{N_{cbg}, N_{pn}, N_{sbg}, N_{ag}\}$

# Consideraciones para diseño sísmico: Tensión

## ACI 318-11 /14

✓ D.3.3.4.2 -  $E > 0.2 N_{ua}$

- Conexión en la que rige una falla dúctil en el anclaje



### D.3.3.4.3(a)

- (1)  $(N_{ua,steel} / 1.2N_{steel}) \geq (N_{ua} / N_n)$  grupo de anclajes
- $N_n = \text{mínimo} \{N_{cbg}, N_{pn}, N_{sbg}, N_{ag}\}$

(2) Calcular la resistencia de diseño si (1) se satisface.

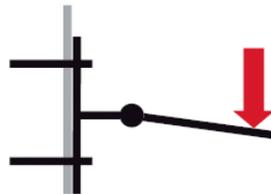
- $N_{ua} \leq \phi_{steel} N_{steel}$
- $N_{ua} \leq 0.75\phi N_n$ 
  - ✓  $N_n = \text{mínimo} \{N_{cbg}, N_{pn}, N_{sbg}, N_{ag}\}$

# Consideraciones para diseño sísmico: Tensión

## ACI 318-11

✓ **D.3.3.4.2 -  $E > 0.2 N_{ua}$**

- **Conexión en la rige una falla por fluencia dúctil en el accesorio**



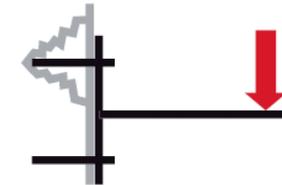
### D.3.3.4.3(b and c)

- Resistencia del accesorio  $\leq \phi_{steel} N_{steel}$
- Resistencia del accesorio  $\leq 0.75\phi N_n$ 
  - ✓  $N_n = \text{mínimo} \{N_{cbg}, N_{pn}, N_{sbg}, N_{ag}\}$ .

# Consideraciones para diseño sísmico: Tensión

## ACI 318-11

- **Conexión diseñada para un modo de falla no dúctil**



✓ **D.3.3.4.2 -  $E > 0.2 N_{ua}$**

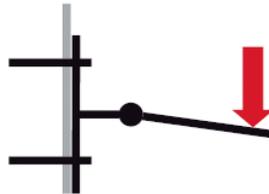
### D.3.3.4.3(d)

- $N_{ua}$  incluyendo el factor de “sobre resistencia”  $\Omega_0$
- $N_{ua} \leq \phi_{steel} N_{steel}$
- $N_{ua} \leq 0.75 \phi N_n$ 
  - ✓  $N_n = \text{mínimo} \{N_{cbg}, N_{pn}, N_{sbg}, N_{ag}\}$ .

# Consideraciones para diseño sísmico: Cortante

## ACI 318-11 /14

- **Conexión en la rige una falla por fluencia dúctil en el accesorio**



### D.3.3.5.3(a y b)

- Resistencia del accesorio  $\leq \phi_{steel} V_{steel}$
- Resistencia del accesorio  $\leq 0.75\phi V_n$ 
  - ✓  $V_n = \text{mínimo} \{V_{cbg}, V_{cpg}\}$ .

- **Conexión diseñada para un modo de falla no dúctil**



### D.3.3.5.3(c)

- $V_{ua}$  incluyendo el factor de “sobre resistencia”  $\Omega_0$
- $V_{ua} \leq \phi_{steel} V_{steel}$
- $V_{ua} \leq 0.75\phi V_n$ 
  - ✓  $V_n = \text{mínimo} \{V_{cbg}, V_{cpg}\}$

**No existen disposiciones para falla dúctil para anclajes sujetos a corte**

# Agenda

- Cambios en el Código ACI 318-08
- ACI 318-11 / 14 requisitos generales para anclajes químicos
- ACI 318-11 / 14 consideraciones sísmicas
- ACI 318-11 / 14 instalación de anclajes e inspección

# Requisitos de certificación

## ACI 318-11 / 14

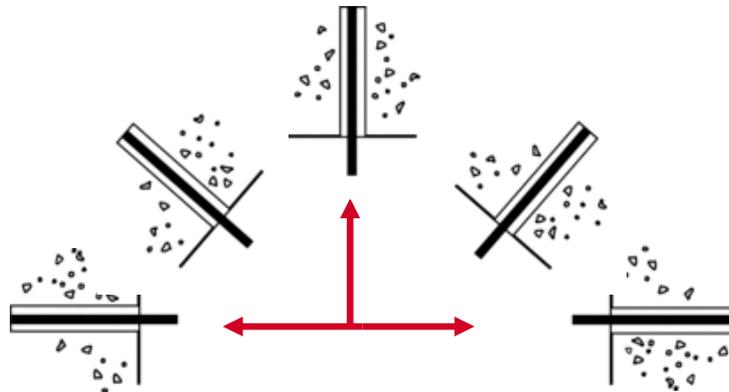
**D.9.2.2** – La instalación de anclajes químicos horizontales o inclinados sobre cabeza que deban resistir cargas permanentes de tensión, deberán realizarse **por personal certificado por medio de un programa aplicable de certificación**. La certificación debe incluir pruebas escritas y practicas de acuerdo con el programa “ACI/CRSI Adhesive Anchor Installer Certification” o equivalente.

- **Nuevas disposiciones clave para anclajes químicos**
- **Se incluye la instalación sobre cabeza**
- **Se requieren instaladores certificados**
  - **ACI/CRSI Adhesive Anchor Installation Certification o equivalente**
  - **El examen escrito tiene una duración de 90 minutos y consta de 75 preguntas de opción múltiple**
  - **El examen práctico se divide en dos partes, la Parte 1 colocación de anclajes verticales en piso y la Parte 2 anclajes verticales sobre cabeza**

# Requisitos de instalación e inspección

## ACI 318-11

**D.9.2.4** – La instalación de anclajes químicos con orientación horizontal o inclinada sobre cabeza que deban resistir fuerzas permanentes de tensión deberán hacerse bajo supervisión permanente de personal especializado y aprobado para este propósito por la autoridad competente. El inspector especializado deberá producir informes para el profesional facultado para el diseño y para la autoridad competente en los cuales se indique la composición de los materiales empleados y la instalación realizada conforme a las disposiciones vigentes y a las instrucciones impresas de instalación por parte del fabricante.



# Summary of ACI 318-11 Appendix D / ACI 318-14 Chapter 17

## ACI 318-11

- **ACI 318-11 / 14 se utiliza con IBC 2012**
  - **ACI cuenta con disposiciones para anclajes en el Apendice D**
  - **IBC 2012 menciona disposiciones para anclajes en la seccion 1909**
- **ACI 318-11 /14, el Apendice D incluye anclajes quimicos**
  - **La calificacion de los anclajes quimicos estan en ACI 355.4**
- **ACI 318-11 /14 incluye las modificaciones para condiciones sismicas del ACI 318-08**
  - **Ductile anchor element check for tension but not shear**
  - **Overstrength factor used when ductility is not satisfied**
  - **IBC 2012 seismic provisions similar to ACI 318-08, Appendix D provisions**
- **Certification and inspection are required for adhesive anchor installation**
  - **When the anchor is subjected to sustained loads**
  - **When the anchor is installed in a horizontal, upwardly inclined and overhead position**