

MANUAL DE USO

PIES DE PILAR AR

Modelos: AR20, AR24, AR30, AR39, AR39XL

Versión 05 (10/2021)



Índice

1. Introducción	3
2. Descripción del sistema	3
3. Dimensiones y materiales	4
3.1. Dimensiones pies de pilar	4
3.2. Materiales.....	6
4. Producción.....	7
4.1. Acabado superficial	7
4.2. Tolerancias	7
4.3. Control de calidad	7
5. Capacidades.....	8
6. Principios de uso	12
6.1. Consideraciones de base	12
6.2. Principios de diseño	12
6.3. Condiciones de uso pies de pilar	14
6.4. Armadura adicional.....	21
7. Durabilidad	33
8. Resistencia al fuego	34
9. Colocación pie de pilar AR	34
9.1. Consideraciones.....	36
9.1.1. Medidas geométricas de colocación	36
9.1.2. Tolerancias de colocación	38
9.1.3. Llave de apriete de los tornillos dentro del pie de pilar AR:	44

1. Introducción

Los pies de pilar AR se han diseñado para transferir los esfuerzos del pilar (normalmente prefabricado de hormigón) a la cimentación u a otro elemento mediante los tornillos de anclaje TN. Dichos pies de pilar quedan embebidos en el pilar de hormigón tal y como se describe en este documento.

2. Descripción del sistema

Los pies de pilar definen una geometría en que se distingue una caja abierta en la base (zona donde se alojará el tornillo de la conexión) y, soldado a esta caja metálica, unas barras corrugadas de hormigón mediante las cuales se ancla el pie de pilar en el hormigón del mismo.

La conexión completa tornillos de anclaje TN y el pie de pilar AR se define como una conexión rígida que puede transferir cargas normales (compresión y/o tracción), momentos flectores (par de fuerzas o sección de hormigón con bloque de compresión y tracción=armadura, y esfuerzos horizontales como los cortantes que se generan).

La conexión tiene dos fases en que el comportamiento es un tanto diferente, la primera fase es de montaje en que no se ha dispuesto el mortero de relleno y la fase final con dicho mortero ya endurecido.

La conexión total se define por los dos elementos principales, el tornillo de anclaje TN y el pie de pilar AR.

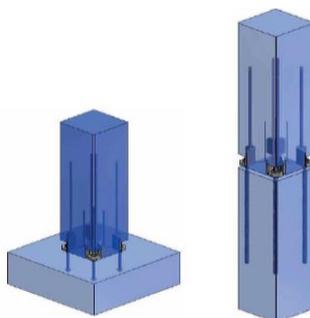
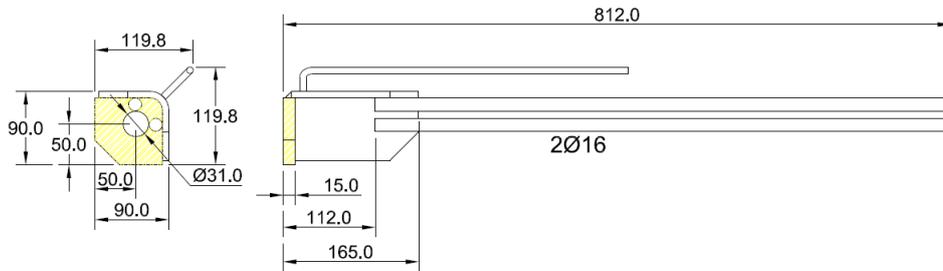


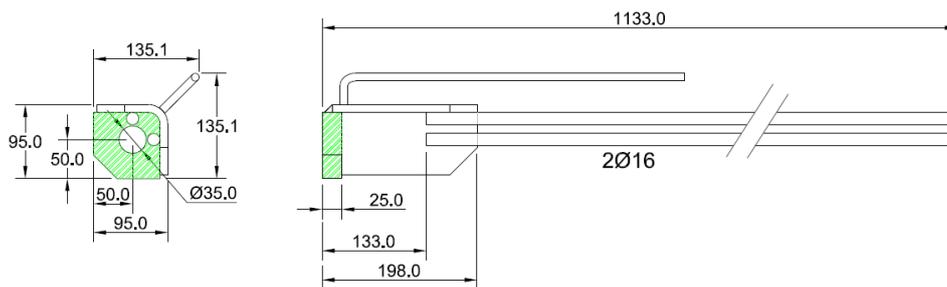
Figura 2.1 Ejemplos de uso: Case de conexión a cimentación y empalme de pilares

3. Dimensiones y materiales

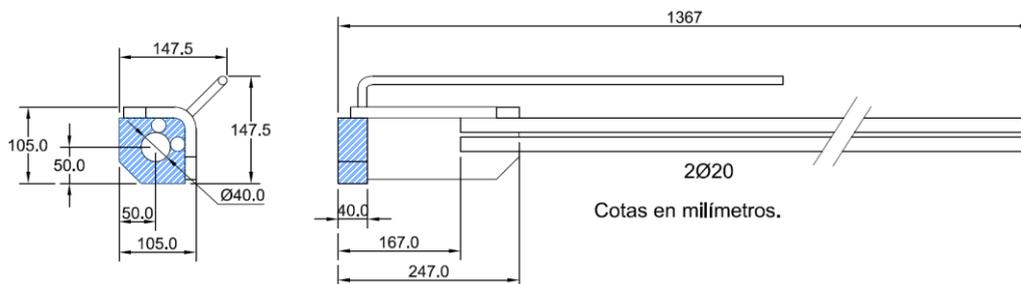
3.1. Dimensiones pies de pilar



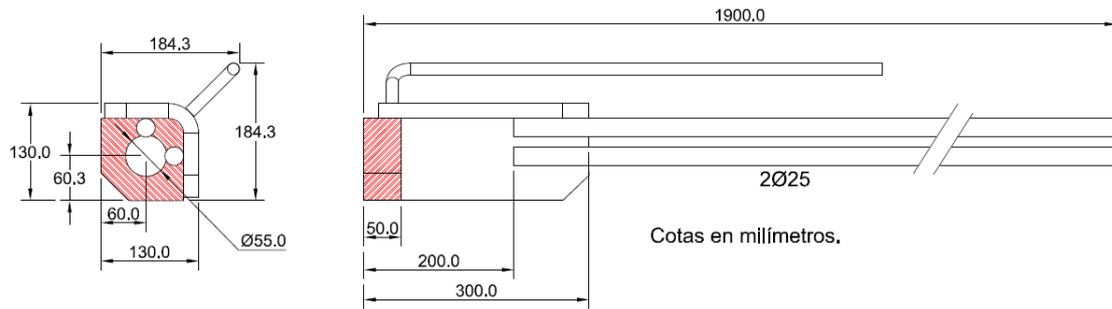
Código	Descripción	Tornillo asociado	Peso
AR20	Pie de pilar 20	TN20C y TN20L	4.60 kg.



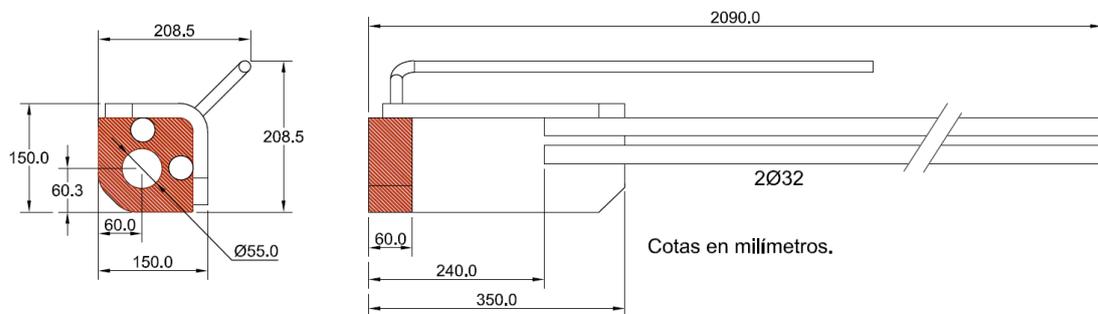
Código	Descripción	Tornillo asociado	Peso
AR24	Pie de pilar 24	TN24C y TN24L	6.92 kg.



Código	Descripción	Tornillo asociado	Peso
AR30	Pie de pilar 30	TN30C y TN30L	13.17 kg.



Código	Descripción	Tornillo asociado	Peso
AR39	Pie de pilar 39	TN39C y TN39L	27.49 kg.

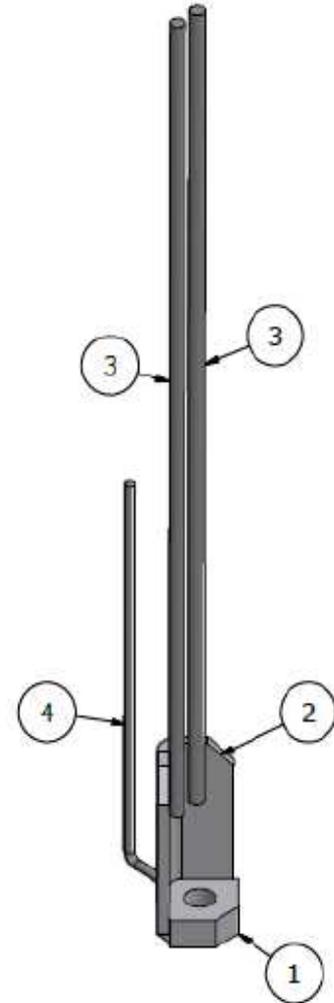


Código	Descripción	Tornillo asociado	Peso
AR39XL	Pie de pilar 39 XL	TN39XLC y TN39XLL	44.33 kg.

3.2. Materiales

Para la producción de los diferentes elementos descritos, se utilizan los siguientes materiales:

- **Barra corrugada (referencias nº3 y 4):**
 - Barras corrugadas B500sd.
 - $\varnothing 8, \varnothing 12, \varnothing 16, \varnothing 20, \varnothing 25$ i $\varnothing 32$ mm:
 - Límite elástico: 500 N/mm².
 - Valor último a tracción: 550 N/mm².
- **Platina doblada (referencia nº2):**
 - S355 JR (esp. ≤ 40 mm, según EC-3):
 - Límite elástico: 355 N/mm².
 - Valor último a tracción: 510 N/mm².
- **Platina base (referencia nº1):**
 - S355 JR (esp. ≤ 40 mm, según EC-3):
 - Límite elástico: 355 N/mm².
 - Valor último a tracción: 510 N/mm².
 - S355 JR (esp. $40 < e \leq 80$ mm, según EC-3):
 - Límite elástico: 335 N/mm².
 - Valor último a tracción: 470 N/mm².



4. Producción

El proceso de producción para los elementos anteriormente descritos es el siguiente:

- Siguiendo los estándares definidos en EN 1090-1 y EN 1090-2.
- Las barras corrugadas son cortadas mecánicamente.
- Las pletinas son cortadas y dobladas mecánicamente.
- Soldadura MAG mediante robot o a mano.

4.1. Acabado superficial

Los pies de pilar se entregan de manera estándar, en negro, sin tratamiento alguno.

Existe la opción de realizar un acabado en galvanizado en caliente según necesidades del cliente. *CONSULTAR CON DEPARTAMENTO TÉCNICO.*

4.2. Tolerancias

- Longitud: ± 10 mm.
- Agujero diámetro placa base: ± 2 mm.
- Posición agujero placa base: ± 2 mm.
- Posición barras corrugadas: ± 2 mm.
- Dimensiones de platinas: 0-3 mm.

4.3. Control de calidad

El control de la calidad en la producción se rige por la norma definida en el mercado CE disponible (Nr. 0370-CPR-1685).

5. Capacidades

BASES DE DISEÑO DE LOS ANCLAJES

- Según norma EN 1993-1-1:2005 (EC3)
- Según norma EN 1993-1-8:2005 (EC3)
- Según norma EHE-98 (anclaje de hormigón)
- Según norma EN 1992-1-1:2004 (EC2)

Capacidades de los pies de pilar por analogía con tornillo de anclaje TN

	Pie AR20	Pie AR24	Pie AR30	Pie AR39	Pie AR39XL
Anclaje roscado asociado	TN20 (C y L)	TN24 (C y L)	TN30 (C y L)	TN39 (C y L)	TN39XL (C y L)
Barra corrugada pie	2Ø16/401 mm ²	2Ø16/401 mm ²	2Ø20/628 mm ²	2Ø25/982 mm ²	2Ø32/1608 mm ²
Carga axial máx. (1)	96,3 kN	138,7 kN	220,4 kN	383,4 kN	521,00 kN
Carga cortante máx. (2)	31,26 kN	45,04 kN	71,58 kN	124,54 kN	154,91 kN
Equivalencia (3)	Ø16/201 mm ²	Ø20/314 mm ²	Ø25/491 mm ²	Ø32/804 mm ²	2Ø20+Ø25 /1119 mm²
Espesor junta (con TN)	50 mm	50 mm	50 mm	60 mm	60 mm

Tabla 5.1 Capacidades de los pies de pilar y los tornillos de anclaje

- 1) Capacidad máxima por anclaje roscado asociado, en compresión y tracción según norma EC3 (EN1993-1-8: 2005).
- 2) Capacidad máxima cortante gobernada por anclaje roscado (situación en fase final con junta llena de mortero según EC3 (EN1993-1-8: 2005; 3.6.1 Tb 3.4)
- 3) Relación directa de capacidades entre los anclajes roscados y la barra corrugada B500S/SD. Predimensionado.

Las capacidades de los pies de pilar se han ajustado a las definidas por las capacidades de los tornillos de anclaje TN (sea en su versión corta o larga). De hecho, el tornillo de anclaje es que define la capacidad propiamente de la conexión, así como de la verificación de la misma (situación de fase inicial en montaje como final con junta llena).

Se define que la parte débil de la conexión es el tornillo de anclaje, en tanto se cumplan las condiciones de conexión con armadura y hormigón pilar.

Con respecto al pie de pilar, dicho elemento debe ser capaz de transferir las cargas del pilar (cortante, momento y axiales) a los tornillos en fase de montaje sin mortero y a los tornillos y hormigón una vez el mortero GROUT ya ha sido dispuesto y fraguado.

Condicionantes del pie de pilar pasan por la “conexión” del elemento con el hormigón del pilar y la armadura del mismo, por ello, se debe garantizar el solape de las barras del pie de pilar con las armaduras principales del pilar, así como, disponer la armadura adicional recomendada y que el llenado de la zona sea el más homogéneo posible (separación entre barras, recubrimientos, etc.).

Consideraciones para la comprobación a cortante:

La combinación de cargas de tracción y cortante, en la mayoría de casos, no cumpliría con la comprobación combinada, sobre todo por la capacidad del tornillo de anclaje TN asociado al pie de pilar, por lo tanto, en términos generales se recomienda **SOLO CONSIDERAR A EFECTOS DE CAPACIDAD CORTANTE, LOS TORNILLOS/PIES DE PILAR COMPRIMIDOS**, dejando como margen de seguridad, los tornillos poco traccionados y que cumplirían tener un resultado inferior a la unidad en la comprobación correspondiente.

Según definido para los tornillos de anclaje TN:

Combinación de cargas:

Situación de montaje (sin rellenar la junta con mortero)

Cuando se comprueba la conexión en la fase de montaje del pilar, por tanto, sin rellenar la junta con mortero sin retracción, se debe cumplir la siguiente desigualdad:

$$\frac{Nmd}{NmRd} + \frac{Vmd}{VmRd} \leq 1$$

Nmd = Carga axial (\pm) en tornillo durante fase de montaje. Carga mayorada

NmRd = Carga máxima axial en tornillo (Valores tabla anterior)

Vmd = Carga cortante en tornillo durante fase de montaje. Carga mayorada

VmRd = Carga máxima cortante en tornillo (Valor tabla anterior)

Situación final (con la junta rellena de mortero):

En fase final, con la junta rellena de mortero, según EC-3 y EAE, se comprueba el tornillo de anclaje con la siguiente fórmula:

$$\frac{Nd}{1,4 \cdot NRd} + \frac{Vd}{VRd} \leq 1$$

Nd = Carga tracción en tornillo durante fase final. Carga mayorada

Nrd = Carga máxima axial en tornillo (Valores tabla anterior)

Vd = Carga cortante en tornillo durante fase final. Carga mayorada

Vrd = Carga máxima cortante en tornillo (Valor tabla anterior)

EN CONCLUSIÓN, partiendo de lo definido en el párrafo anterior, para la comprobación de cortante con respecto al pie de pilar, se consideraría el pie de pilar a compresión (con la seguridad de no estar con valores altos de compresión por acción del mortero) y aplicar el valor máximo de cortante en fase final.

La reducción del valor de compresión sobre el modelo numérico del pie de pilar, presenta una reducción importante de tensiones en el propio pie de pilar, en tanto que la combinación con cortante, se especifica que si el tornillo de anclaje TN cumple la desigualdad de la conexión roscada, cumple el pie de pilar en su integridad dentro del pilar de hormigón prefabricado (comprobación anclaje TN → comprobación de cortante en pie pilar AR).

Como comentario final, respecto a la normativa EN1993-1-8, que define las uniones en estructura metálica, (apartado 6.2.2.), define que la capacidad a cortante de la conexión $F_{v,Rd}$ sería:

$$F_{v,Rd} = \mu \cdot N_d + n \cdot F_{vb,Rd}$$

- Con μ = fricción base pilar con mortero de relleno (con arena y cemento), acorde a EC-3, valor aproximado de 0.20.
- N_d , carga axial de compresión mayorado del pilar prefabricado.
- n = número de anclajes (o pies de pilar AR) comprimidos, según lo expuesto anteriormente.
- $F_{vb,Rd}$ = valor de máximo cortante (2) según tabla de la página 5.

6. Principios de uso

6.1. Consideraciones de base

Los pies de pilar AR han sido diseñados principalmente para cargas estáticas, en el caso de cargas dinámicas, se deben considerar factores de seguridad mayores para tal efecto y cada caso debe ser analizado en particular.

Para aplicar las cargas máximas definidas en la tabla de capacidades, se deben cumplir las condiciones correctas en que el pie de pilar quede bien ensamblado con la armadura del pilar y correcto llenado de hormigón en la zona de los mismos.

6.2. Principios de diseño

La conexión tiene dos fases, como ya se ha comentado anteriormente, una fase previa inicial sin mortero en junta (fase de montaje) y la fase final con la junta llena de mortero sin retracción (tipo GROUT).

En una conexión típica, se entiende que hay, como mínimo cuatro pies de pilar, uno por cada esquina del pilar, y sobre dicha conexión se tienen las habituales acciones como axial (sea tracción o compresión), momento en ambas direcciones (flexión desviada) y los cortantes correspondientes.

La carga axial genera un estado de compresión o tracción directa sobre los pies de pilar (por ejemplo, si tenemos una N_d de compresión con 4 anclajes, cada anclaje soportará una carga de $N_d/4$).

El momento (en cada dirección), generará un axial de compresión y tracción en cada pie de pilar según la distancia de separación entre anclajes (sea en dirección x o Y), por tanto, un momento M_x genera un estado de compresión y tracción en anclajes $N(m) = M/ex$, siendo ex la distancia entre anclajes en dirección del momento M_x .

El cortante se aplica a una distancia L , que según norma CEN se determina como la distancia sumada de espesor de GROUT más excentricidades definidas como la mitad del espesor de la pletina del pie de pilar AR.

La resultante de las cargas y sus combinaciones generan un estado de cargas sobre el tornillo que debe ser comprobada según definido en manual de uso de los tornillos de anclaje TNC y TNL.

En la fase final, se asimila a una sección de hormigón armado con una sección definida (sección pilar) y una armadura (tornillos de anclaje). La comprobación a realizar es la misma que para dicha sección de hormigón con lo que se determina una equivalencia directa entre capacidad de un pie de pilar y barra corrugada definida.

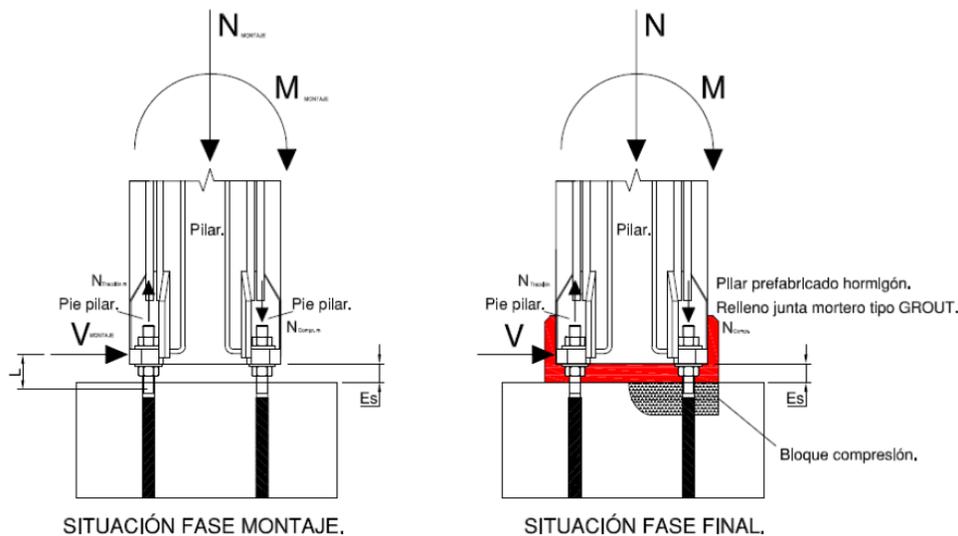


Figura 6.1 Acciones sobre el pilar en situación de montaje y final

La conexión definida es importante que se tengan en cuenta las siguientes consideraciones que son de vital importancia:

- Colocar la tuerca y arandela inferior, así como la arandela y tuerca superior. Es importante que se sitúen correctamente puesto que a través de estos elementos se transferirán los esfuerzos del pie de pilar AR a los tornillos de anclaje TN, sin estos elementos básicos, la conexión podría fallar por completo con lo que ello representa.

- Mortero de relleno sin retracción tipo GROUT. El relleno tiene varias funciones, tanto estructurales como de durabilidad. La función principal es la de transferir los esfuerzos de compresión que se generan debidos a las cargas del pilar. Sin este relleno y con una retracción importante, no se podría considerar una conexión en fase final y sería parcialmente temporal con lo que la conexión podría fallar o presentar alguna anomalía (desplome o desplazamiento excesivo del pilar, así como el colapso del mismo en casos extremos).
 - En base a la consideración que define el EC3 (EN1993-1-8 capítulo 6.2.2.), dicho relleno de mortero contribuye con un estado de fricción para soportar parcialmente las cargas de cortante de la conexión, junto con los tornillos de anclaje comprimidos.
 - Función de autoblocante sobre la tuerca inferior (siempre se dará este caso) y la superior (si el mortero llega a tapar la tuerca). Se debe considerar que la conexión soportará momentos en ambas direcciones y por tanto se puede presentar una situación de desapriete en la vida útil de la conexión.
 - Durabilidad, dicho mortero realiza la función de recubrimiento para los elementos metálicos que no pueden quedar expuestos al ambiente (y según casos podría presentar una degradación más importante por corrosión).

6.3. Condiciones de uso pies de pilar

Las condiciones de uso reflejadas en este manual son válidas para los cinco tipos de pie AR que se describen. En cada caso se definirán, si son necesarias, las particularidades específicas por cada modelo de AR.

En base a la definición de las geometrías y capacidades de los pies de pilar AR, las consideraciones de uso se determinan emparejadas con los tornillos de anclaje TN (*ver manual USO de tornillos de anclaje*).

Siguiendo los requerimientos de la normativa correspondiente (EHE-08 y/o EC-2), al respecto del acoplamiento de los pies de pilar en el pilar prefabricado de **hormigón**, **se debe definir:**

- **Tipología de hormigón (del pilar prefabricado).**
- Posición barra durante hormigonado (buena o mala adherencia).
 - Normalmente el pie de pilar está en posición horizontal durante el hormigonado del mismo, con lo que según fases de llenado, se puede considerar una situación en posición II.
- Recubrimiento por tipo ambiente estructura.
 - El recubrimiento del estribo del pilar debe ser tomada en consideración puesto que para recubrimientos de estribo superiores a los 30 mm, el pie de pilar debe ser desplazado de su posición genérica (50 mm en los modelos AR20, AR24 y AR30; 60 mm para el modelo AR39 y AR39XL).
- Disposición de armadura transversal en zona solape.
- Longitud de solape en el caso que se deba comprobar.
 - Según qué caso se contemple y con las condiciones definidas de anclaje y solape, se debe analizar la longitud de las barras del pie de pilar.
 - En los elementos AR descritos en este manual se han considerado los siguientes parámetros para cumplir los requisitos de solape:
 - Para cada tornillo de anclaje largo se determina su cumplimiento o no para los casos de solape y parámetros según artículo 69.5.2.2 de la norma.
 - En caso de sismo, se debe comprobar con la condición de incremento de longitud de anclaje en 10 veces el diámetro (según EHE-08). **En las tablas siguientes no se consideran los requerimientos de solape para la situación de sismo.**

Tabla de uso para pie de pilar AR20.

Condiciones de anclaje en pilar prefabricado.

Longitud de la zona solape con armadura principal pilar ($\varnothing 16$) = 647mm.

Distancia solapes	%Barras solapadas a tracción con respecto sección total acero.	HA-25			HA-30			HA-35			HA-40		
		33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50
	Porcentaje (%)	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50
$a \leq 10\varnothing$ (160 mm)	Ls (Posición I)	SI	SI	SI									
	Ls (Posición II)	SI	SI	SI									
$a > 10\varnothing$ (160 mm)	Ls (Posición I)	SI	SI	SI									
	Ls (Posición II)	SI	SI	SI									

• La tabla está determinada con las condiciones siguientes:

- **Método simplificado (factores m) según EHE-08.**
- Factor recubrimiento: $\alpha_2 = 0.794$ (recubrimiento. estribo 30 mm; barra $\varnothing 16$).
- Factor armadura transversal no soldada: $\alpha_3 = 0.800$
 - Según armadura adicional de este manual.
- Factor armadura transversal soldada: $\alpha_4 = 0.7$ (estribos soldados a barra).

En caso de no cumplimiento, se deberá utilizar un pie de pilar con barra corrugada de mayor longitud en función de las condiciones de proyecto (Consultar con departamento técnico de NOXIFER).

**Tabla de uso para pie de pilar AR24.
Condiciones de anclaje en pilar prefabricado.**

Longitud de la zona solape con armadura principal pilar ($\varnothing 20$) = 935 mm.

Distancia solapes	%Barras solapadas a tracción con respecto sección total acero.	HA-25			HA-30			HA-35			HA-40		
		33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50
	Porcentaje (%)	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50
$a \leq 10\varnothing$ (200 mm)	Ls (Posición I)	SI	SI	SI									
	Ls (Posición II)	SI	SI	SI									
$a > 10\varnothing$ (200 mm)	Ls (Posición I)	SI	SI	SI									
	Ls (Posición II)	SI	SI	SI									

- La tabla está determinada con las condiciones siguientes:
 - **Método simplificado (factores m) según EHE-08.**
 - Factor recubrimiento: $\alpha_2 = 0.865$ (recubrimiento. estribo 30 mm; barra $\varnothing 20$).
 - Factor armadura transversal no soldada: $\alpha_3 = 0.849$
 - Según armadura adicional de este manual.
 - Factor armadura transversal soldada: $\alpha_4 = 0.7$ (estribos soldados a barra).

En caso de no cumplimiento, se deberá utilizar un pie de pilar con barra corrugada de mayor longitud en función de las condiciones de proyecto (Consultar con departamento técnico de NOXIFER).

**Tabla de uso para pie de pilar AR30.
Condiciones de anclaje en pilar prefabricado.**

Longitud de la zona solape con armadura principal pilar ($\varnothing 25$) = 1120 mm.

Distancia solapes	%Barras solapadas a tracción con respecto sección total acero.	HA-25			HA-30			HA-35			HA-40		
		33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50
	Porcentaje (%)	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50
$a \leq 10\varnothing$ (250 mm)	Ls (Posición I)	SI	SI	SI									
	Ls (Posición II)	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI
$a > 10\varnothing$ (250 mm)	Ls (Posición I)	SI	SI	SI									
	Ls (Posición II)	SI	SI	SI									

- La tabla está determinada con las condiciones siguientes:
 - **Método simplificado (factores m) según EHE-08.**
 - Factor recubrimiento: $\alpha_2 = 0.922$ (recubrimiento. estribo 30 mm; barra $\varnothing 25$).
 - Factor armadura transversal no soldada: $\alpha_3 = 0.892$
 - Según armadura adicional de este manual.
 - Factor armadura transversal soldada: $\alpha_4 = 0.7$ (estribos soldados a barra).

En caso de no cumplimiento, se deberá utilizar un pie de pilar con barra corrugada de mayor longitud en función de las condiciones de proyecto (Consultar con departamento técnico de NOXIFER).

**Tabla de uso para pie de pilar AR39.
Condiciones de anclaje en pilar prefabricado.**

Longitud de la zona solape con armadura principal pilar ($\varnothing 32$) = 1600 mm.

Distancia solapes	%Barras solapadas a tracción con respecto sección total acero.	HA-25			HA-30			HA-35			HA-40		
		33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50
	Porcentaje (%)	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50
$a \leq 10\varnothing$ (320 mm)	Ls (Posición I)	SI	SI	SI									
	Ls (Posición II)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NO
$a > 10\varnothing$ (320 mm)	Ls (Posición I)	SI	SI	SI									
	Ls (Posición II)	SI	SI	SI									

- La tabla está determinada con las condiciones siguientes:
 - **Método simplificado (factores m) según EHE-08.**
 - Factor recubrimiento: $\alpha_2 = 0.972$ (recubrimiento. estribo 30 mm; barra $\varnothing 32$).
 - Factor armadura transversal no soldada: $\alpha_3 = 0.849$
 - Según armadura adicional de este manual.
 - Factor armadura transversal soldada: $\alpha_4 = 0.7$ (estribos soldados a barra).

En caso de no cumplimiento, se deberá utilizar un pie de pilar con barra corrugada de mayor longitud en función de las condiciones de proyecto (Consultar con departamento técnico de NOXIFER).

Tabla de uso para pie de pilar AR39XL.

Condiciones de anclaje en pilar prefabricado.

Longitud de la zona solape con armadura principal pilar (2Ø20+Ø25) = 1740mm.

Se determina diámetro equivalente ($\varnothing * n^{0.5}$; $n = n^{\circ} \text{barras}$) = 43.40 mm

Distancia solapes	%Barras solapadas a tracción con respecto sección total acero.	HA-25			HA-30			HA-35			HA-40		
		33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50	33	50	>50
a ≤ 10Ø (433 mm)	Ls (Posición I)	SI	SI	SI									
	Ls (Posición II)	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI
a > 10Ø (433 mm)	Ls (Posición I)	SI	SI	SI									
	Ls (Posición II)	SI	SI	SI									

• La tabla está determinada con las condiciones siguientes:

- **Método simplificado (factores m) según EHE-08.**
- Factor recubrimiento: $\alpha_2 = 0.922$ (recubrimiento. estribo 30 mm; GRUPO DE BARRAS).
- Factor armadura transversal no soldada: $\alpha_3 = 0.879$
 - Según armadura adicional de este manual.
- Factor armadura transversal soldada: $\alpha_4 = 0.7$ (estribos soldados a barra).

En caso de no cumplimiento, se deberá utilizar un pie de pilar con barra corrugada de mayor longitud en función de las condiciones de proyecto (Consultar con departamento técnico de NOXIFER).

6.4. Armadura adicional

En el caso del pié de pilar AR se requiere de cierta armadura adicional, parte de dicha armadura por recomendación de la norma EHE y EC-2, y parte excentricidad definida entre eje agujero pletina inferior (dónde se dispondrá el tornillo de anclaje) y el centro de gravedad de las barras soldadas en las pletinas verticales del elemento.

Dicha armadura tiene las funciones de mejora del anclaje en zona solape entre barra principal de la armadura del pilar y las barras corrugadas del pie de pilar.

Partiendo de una armadura mínima en zona solape según normativa.

Según EC-2 artículo 8.7.4, se define una armadura transversal en zona de solape (A_{st}) para dicho uso y se define:

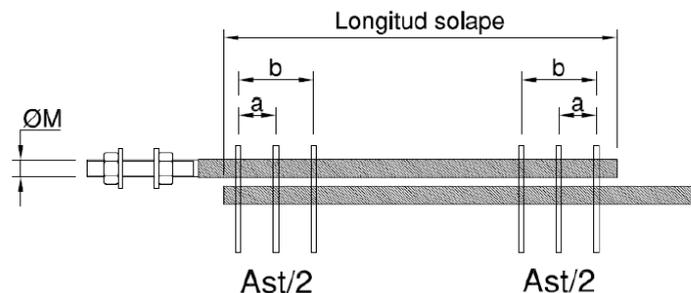


Figura 6.2 Longitud de solape i cotas para la armadura transversal

Valor de $a \leq 150$ mm.

Valor de $b = \text{Longitud solape} / 3$

Barra principal armadura pilar $\varnothing 16$; $A_{st} = 201 \text{ mm}^2$ ($4\varnothing 8$) ($A_{st}/2 = 2\varnothing 8$)

Valor de $b = 647/3 = 215$ mm.

Barra principal armadura pilar $\varnothing 20$; $A_{st} = 314 \text{ mm}^2$ ($8\varnothing 8$) ($A_{st}/2 = 4\varnothing 8$)

Valor de $b = 935/3 = 312$ mm.

Barra principal armadura pilar $\varnothing 25$; $A_{st} = 491 \text{ mm}^2$ ($10\varnothing 8$) ($A_{st}/2 = 5\varnothing 8$)

Valor de $b = 1200/3 = 400$ mm.

Barra principal armadura pilar $\varnothing 32$; $A_{st} = 804 \text{ mm}^2$ ($10\varnothing 10$) ($A_{st}/2 = 5\varnothing 10$)

Valor de $b = 1600/3 = 534$ mm.

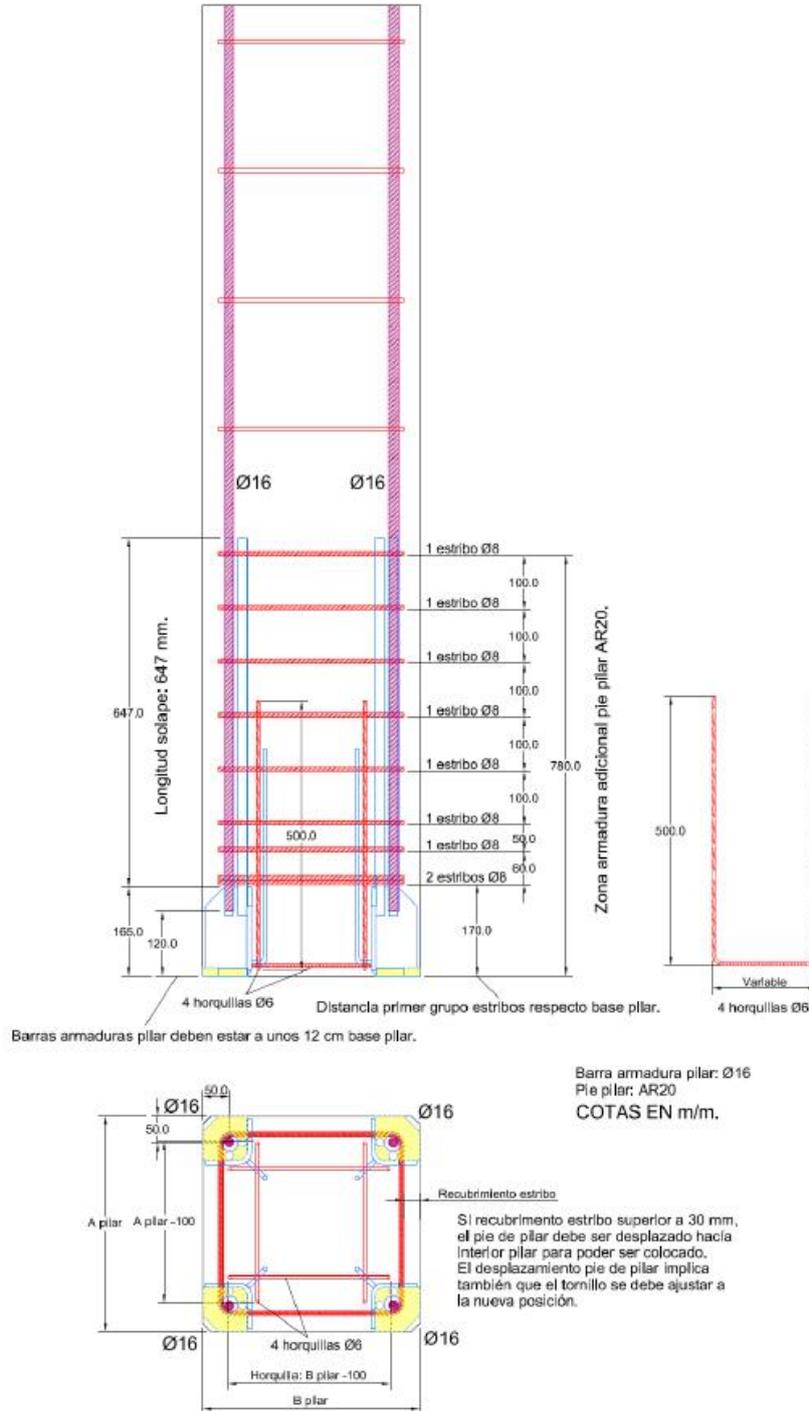
Barra principal armadura pilar $2\varnothing 20 + \varnothing 25$; $A_{st} = 1119 \text{ mm}^2$ ($14\varnothing 10$) ($A_{st}/2 = 7\varnothing 10$)

Valor de $b = 1740/3 = 580$ mm

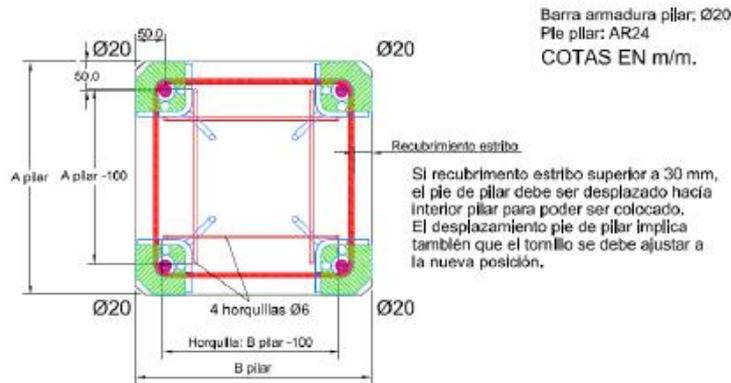
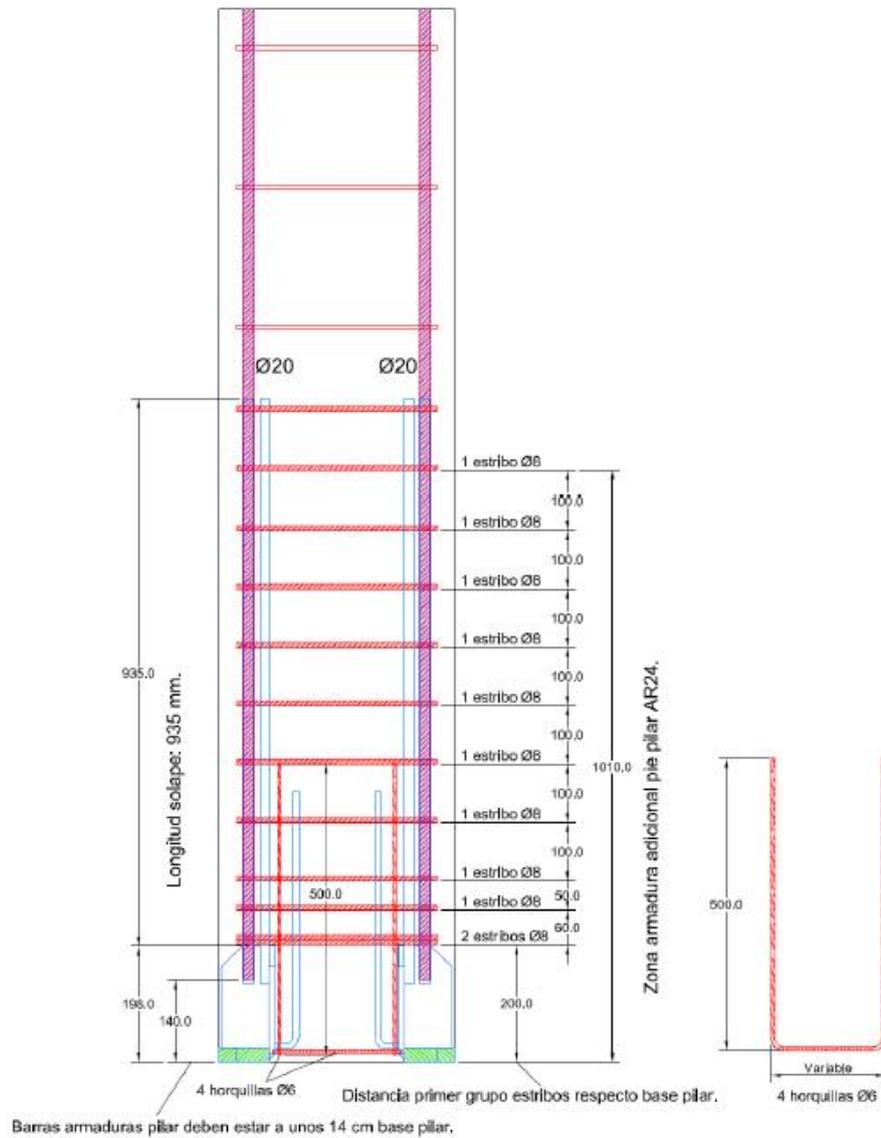
En el caso de la barra del 32 y grupo de barras de $\varnothing 20 + 25$, se recomienda resolverlo con estribos de diámetro 10, pudiendo estudiarse con estribos de diámetro 8.

Para la definición de la armadura adicional para el pie de pilar, se ha realizado un croquis general que define su posición:

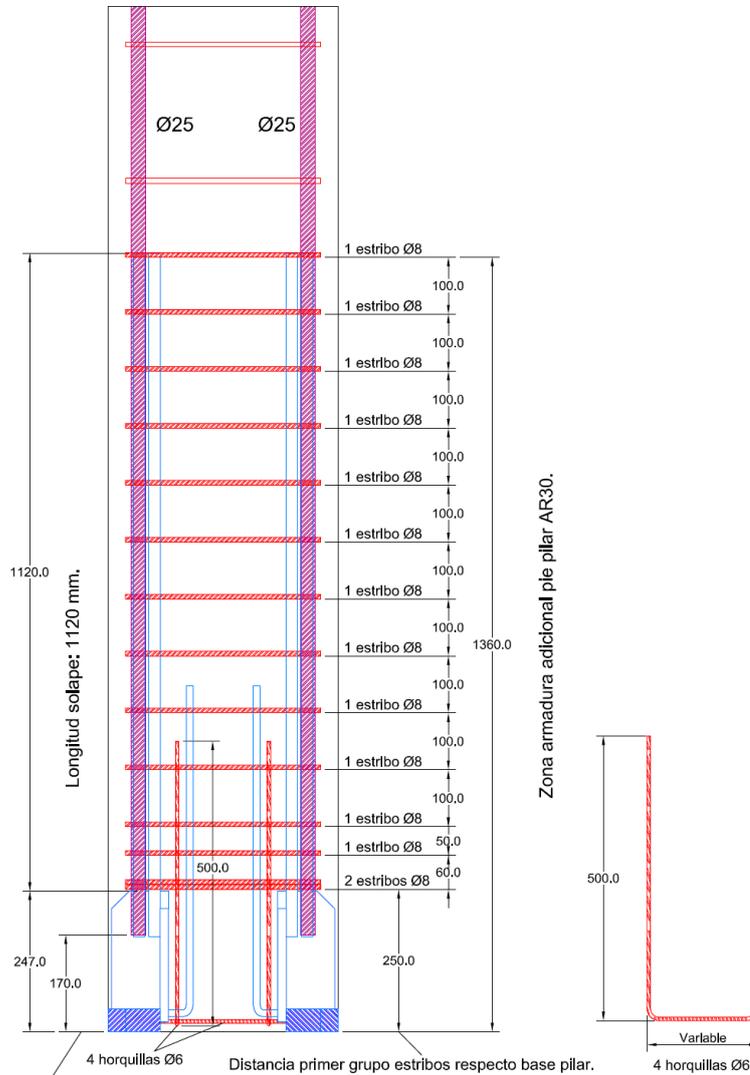
ARMADURA ADICIONAL PARA CASO PILAR CON 4 AR20



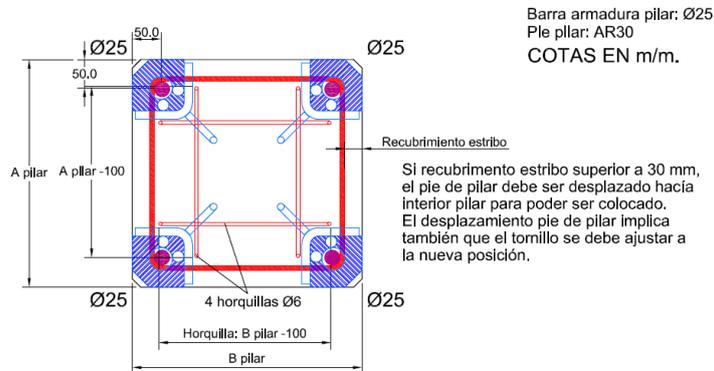
ARMADURA ADICIONAL PARA CASO PILAR CON 4 AR24



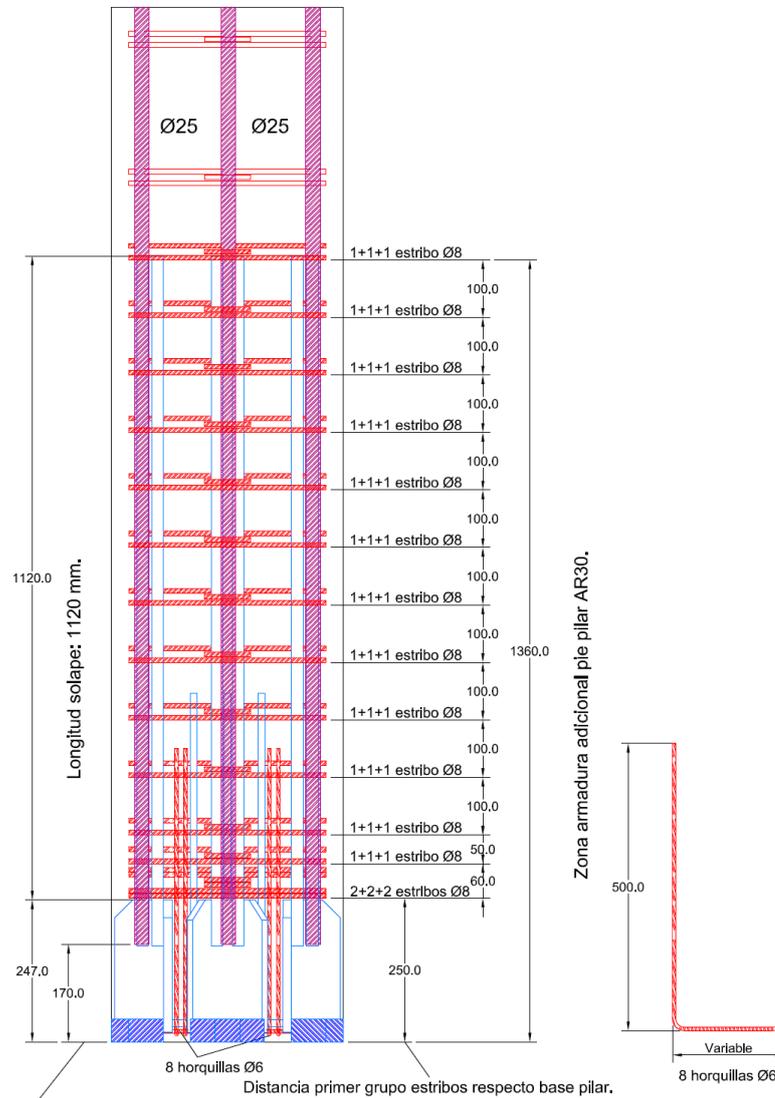
ARMADURA ADICIONAL PARA CASO PILAR CON 4 AR30



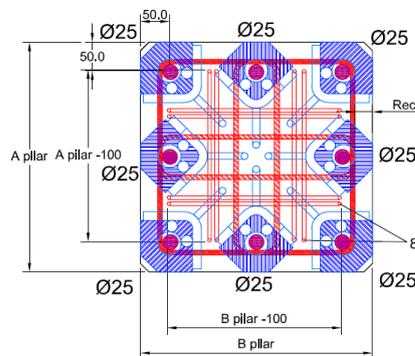
Barras armaduras pilar deben estar a unos 17 cm base pilar.



ARMADURA ADICIONAL PARA CASO PILAR CON 8 AR30



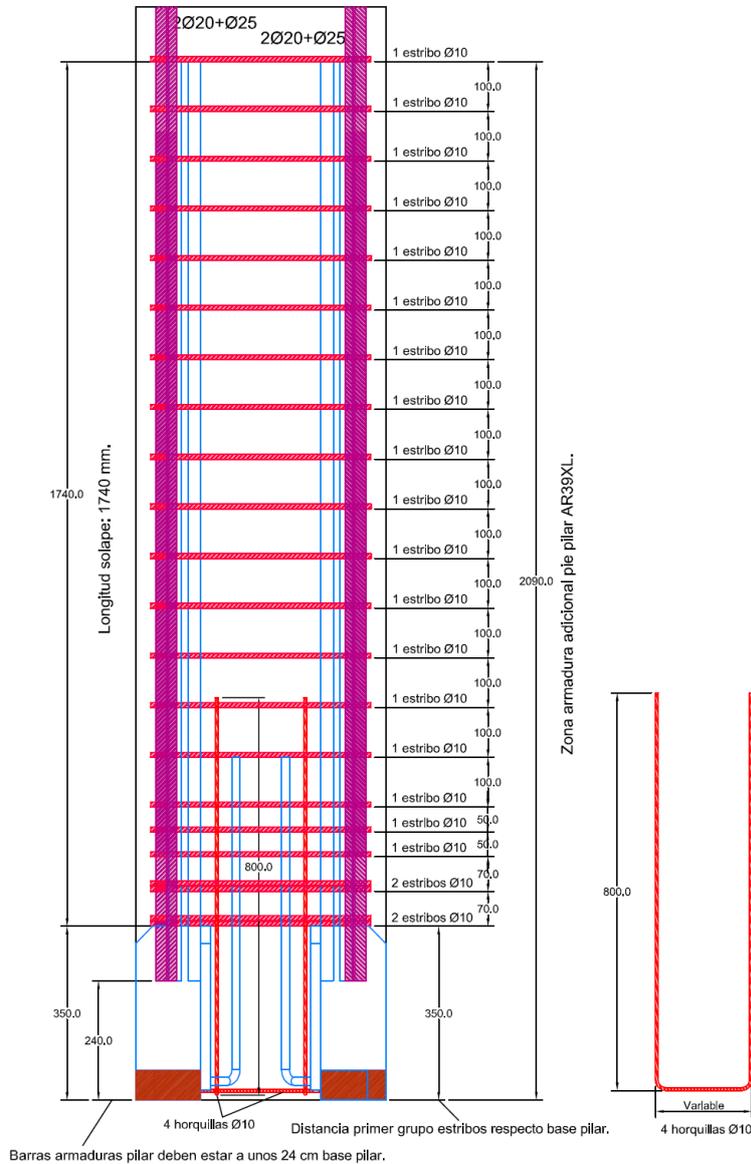
Barras armaduras pilar deben estar a unos 17 cm base pilar.



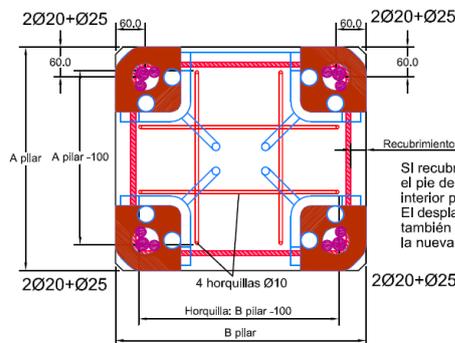
Barra armadura pilar: Ø25
Pie pilar: AR25
COTAS EN m/m.

Recubrimiento
Si recubrimiento estribo superior a 30 mm,
el pie de pilar debe ser desplazado hacia
interior pilar para poder ser colocado.
El desplazamiento pie de pilar implica
también que el tornillo se debe ajustar a
la nueva posición.

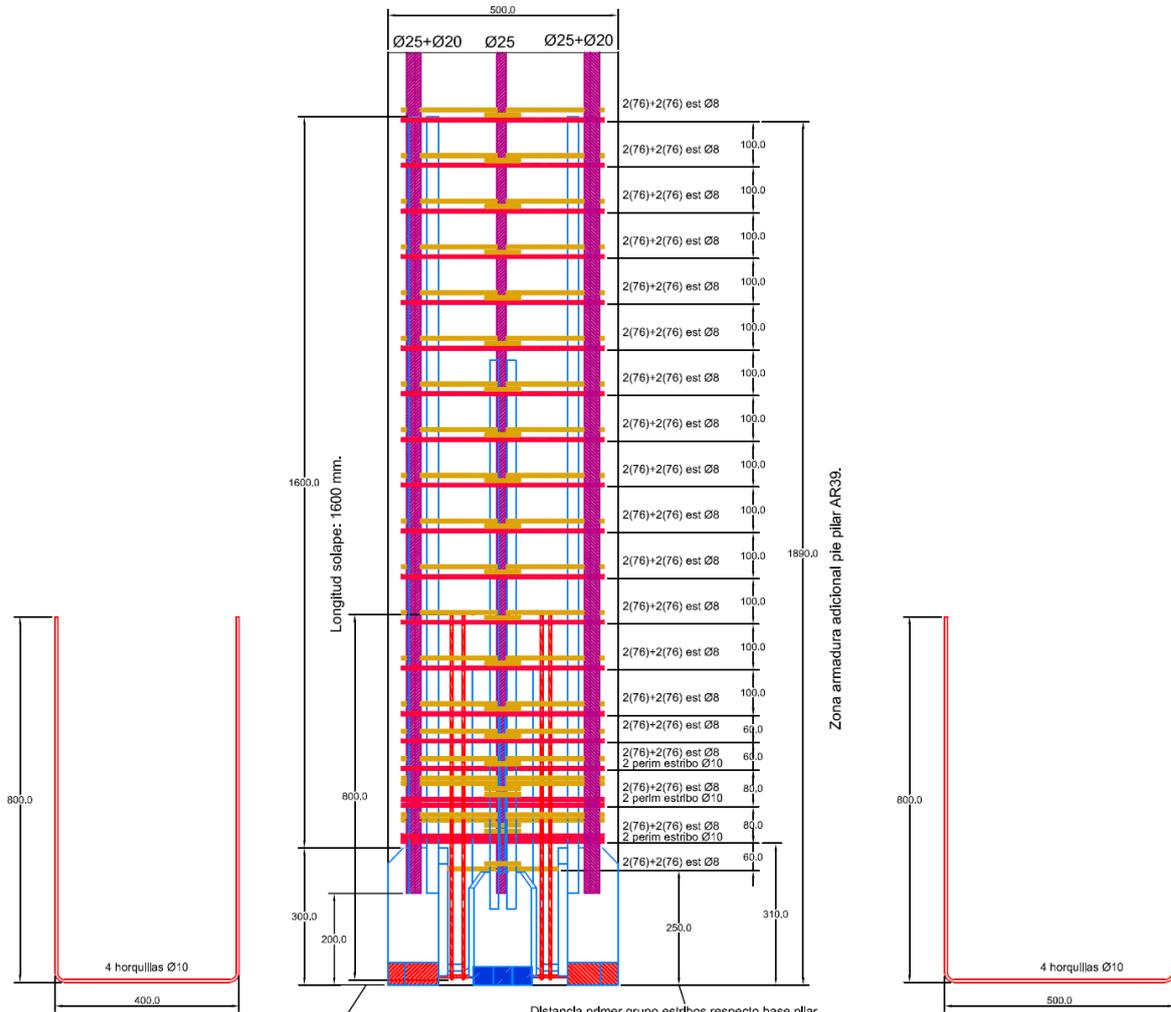
ARMADURA ADICIONAL PARA CASO PILAR CON 4 AR39



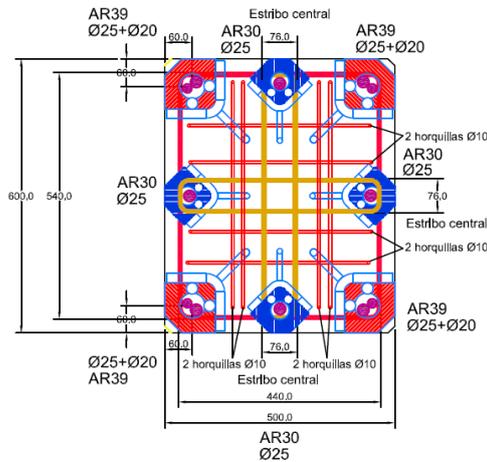
Barra armadura pilar: 2Ø20+Ø25
Pie pilar: AR39XL
COTAS EN m/m.



ARMADURA ADICIONA EJEMPLO: Pilar 60x50 con 4AR39+4AR30.



Barras armaduras pilar deben estar a unos 20 cm base pilar.



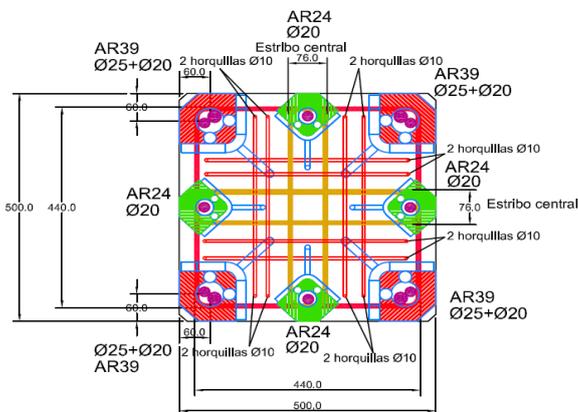
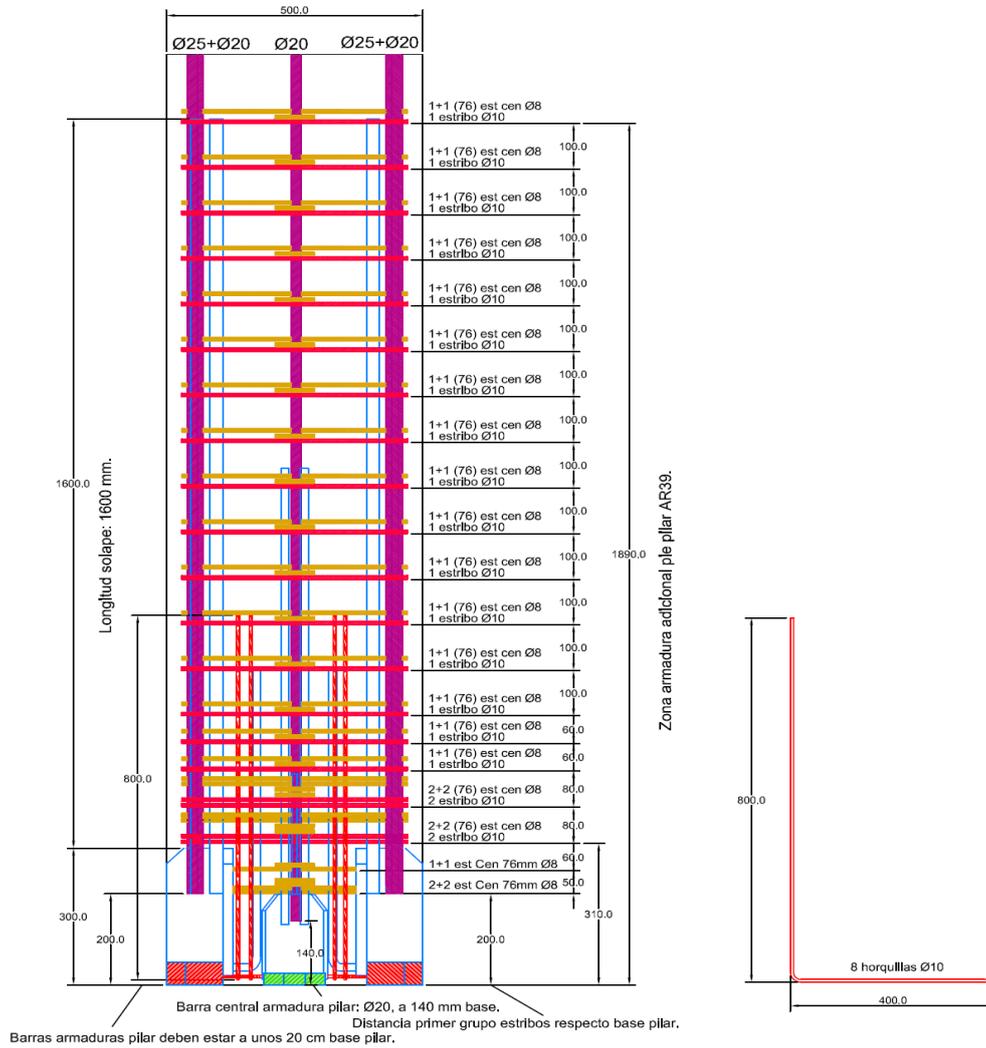
Barra armadura pilar: Ø25+Ø20.
Pie pilar: AR39

Barra armadura pilar: Ø25.
Pie pilar: AR30

COTAS EN m/m.

Si recubrimiento estribo superior a 30 mm, el pie de pilar debe ser desplazado hacia interior pilar para poder ser colocado. El desplazamiento pie de pilar implica también que el tornillo se debe ajustar a la nueva posición.

ARMADURA ADICIONAL EJEMPLO: Pilar 50x50 con 4AR39+4AR24.



Barra armadura pilar: Ø25+Ø20.
Ple pilar: AR39

Barra armadura pilar: Ø20.
Ple pilar: AR24

COTAS EN m/m.

Si recubrimiento estribo superior a 30 mm, el ple de pilar debe ser desplazado hacia interior pilar para poder ser colocado. El desplazamiento ple de pilar implica también que el tornillo se debe ajustar a la nueva posición.

7. Durabilidad

Los pies de pilar son elementos embebidos en el hormigón.

Las barras corrugadas del pie de pilar son barras tipo B500s/sd, para garantizar su adherencia entre ambos materiales, tal como define la norma EHE-08 y EC-2.

El ambiente definido para la estructura (sea en su totalidad o por zonas), debe asimilarse para la conexión atornillada con los elementos descritos, por ello, se tiene que tener en cuenta su diseño para cumplir con las exigencias de cada caso.

Una de las consideraciones a tal efecto es el **RECUBRIMIENTO de la armadura principal del pilar**, en función de los requerimientos de ambiente (y también fuego), la posición del pie de pilar debe ser modificada para poder tener espacio disponible para colocar el propio pie de pilar, ello define una capacidad mayor de durabilidad por tener siempre mayor recubrimiento que la armadura del pie de pilar.

SI SE REQUIERE UN RECUBRIMIENTO A ESTRIBO SUPERIOR A 30 m/m, SE DEBE DESPLAZAR EL PIE DE PILAR HACÍA EN INTERIOR (así como el tornillo correspondiente TN).

El recubrimiento mínimo según clase de exposición, se define en artículo 37.2.4 de la norma EHE-08 y también en relación a la norma EN-1992-1-1 (EC-2), capítulo 4. A considerar, también, la exigencia en los elementos metálicos se define por el grado de corrosión según EAE artículo 8.2.2.

El punto a considerar para la durabilidad, es la de la pletina base del pie de pilar.

En condiciones normales, el recubrimiento de la placa base es en función del recubrimiento de mortero de relleno tipo GROUT que se hace en la propia junta. Si el mortero tiene las características propias del GROUT y se define un recubrimiento tal, se puede equiparar a las condiciones de recubrimiento de la armadura del pilar. También se puede considerar aplicar una protección como GALVANIZADO EN CALIENTE en la zona de las pletinas del pie de pilar para mejorar su durabilidad (según proyecto).

Uno de los aspectos importantes, es diseñar, en la medida de lo posible, que la junta quede inserta en la estructura propia o adyacente (como por ejemplo pavimento a colocar a posteriori, capa de compresión de forjado in situ o prefabricado, etc.), de esta manera la placa base queda protegida versus ambiente y resistencia al fuego.

8. Resistencia al fuego

En base a las prescripciones de recubrimiento mecánico equivalente y las tablas del anexo 6 de la EHE-08, se puede estimar la resistencia al fuego de la conexión.

En todo caso, se debe definir la posición de la conexión y su exposición, para determinar un grado mayor de cobertura para alcanzar la resistencia requerida de la misma.

Se estima que, sin protección alguna, la resistencia al fuego de la conexión es de unos 60 minutos, para mayor resistencia, se debe dar cobertura al pie de pilar, normalmente con la cobertura de GROUT.

9. Colocación pie de pilar AR

Para la colocación de los pies de pilar se debe tener en cuenta los siguientes

pasos preliminares:

- Comprobar que el tipo de pie de pilar es el correcto según planos de la dirección facultativa.
 - Modelo de pie de pilar.
 - Correspondencia con tornillo TN a disponer (AR39XL=TN39XL)

- Verificar que tipo de pie de pilar seleccionado puede ser colocado en el pilar prefabricado de hormigón que va a ser producido (dimensiones pilar = posibilidad de colocar X pies de pilar, recubrimiento estribo = posible desplazamiento del pie de pilar y tornillo para que tenga disponibilidad geométrica.)
 - Es importante que se haya realizado correctamente la selección del pie de pilar según se ha definido en este documento (equivalencia con armadura pilar = capacidad, posición en sección, etc.)
- Utilización de una plantilla de colocación para:
 - Determinar una posición fija de todos los pies de pilar que se dispongan en una sección (por ejemplo, una plantilla=tape final molde para un pilar de 50x50, con más de cuatro anclajes, etc.).
 - Referenciar la posición del grupo de pies de pilar con respecto a unos ejes del pilar para que el posterior montaje del pilar se realice en la posición correcta según planos constructivos.
 - Evitar que dichos pies de pilar se muevan durante la fase de hormigonado del pilar prefabricado, por lo que se deben fijar correctamente al tape del molde (utilización de las cajas de instalación como se describe en siguiente croquis).



Figura 9.1 Cajas de instalación para fijación en tape molde (central y esquinera)

Las cajas también tienen la función de dejar zona sin hormigón para posterior montaje pilar en obra.

Los tornillos de fijación de las cajas de instalación, son M16, por tanto el agujero en el tape de molde es de 17 m/m.

9.1. Consideraciones

9.1.1. Medidas geométricas de colocación

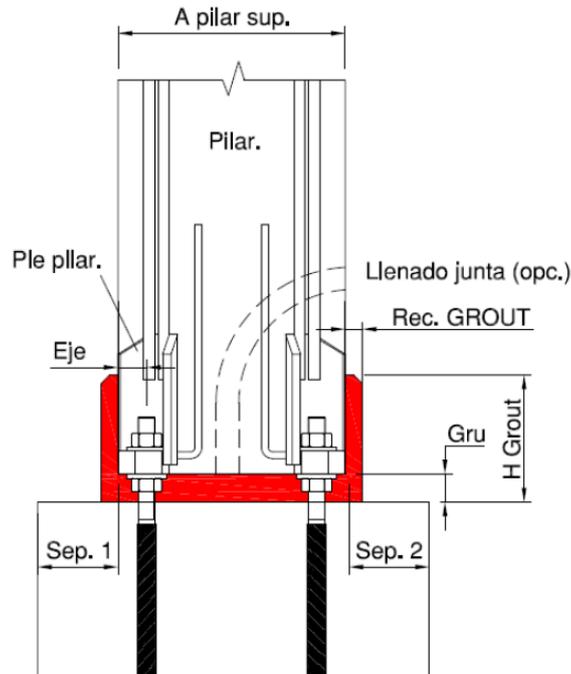


Figura 9.2 Cotas a respetar durante la colocación

Pie de pilar AR20; Eje = 50 mm; Gru = 50 mm; H Grout = 160 mm.

Pie de pilar AR24; Eje = 50 mm; Gru = 50 mm; H Grout = 175 mm.

Pie de pilar AR30; Eje = 50 mm; Gru = 50 mm; H Grout = 206 mm.

Pie de pilar AR39; Eje = 60 mm; Gru = 60 mm; H Grout = 250 mm.

Pie de pilar AR39XL; Eje = 60 mm; Gru = 60 mm; H Grout = 280 mm.

El recubrimiento de GROUT puede ser variable, en tanto que se contempla como protección o durabilidad de la zona inferior del pie de pilar, se define que un valor mínimo puede ser de 25/30 mm de espesor lateral. Este valor se puede incrementar en tanto que sea necesario o por geometría disponible en obra de los cajetones de encofrado.

Si el valor de Rec. GROUT es de 25/30 mm, puede ser recomendable el uso de un tubo interior de llenado como se muestra en croquis, es una solución opcional pero que en ciertos casos puede ser necesaria.

Un aspecto a mencionar es que se estima por defecto que el mortero tipo GROUT de relleno presenta una capacidad igual o mayor que el tipo de hormigón del pilar prefabricado (si pilar HA-40, fck GROUT \geq 40 Mpa). **De lo contrario se debe verificar la sección con el valor del hormigón de menor capacidad.**

Los valores definidos de Sep. 1 y Sep. 2 determinan la separación de cualquier cara del pilar con el borde o extremo del elemento que aloja los tornillos TN. Se define que según geometría, el valor de Sep. 1 y/o Sep. 2 no debería ser inferior a 150/200 mm, por varias razones:

- Distancia del tornillo a borde de hormigón del elemento inferior (pudiendo ser zapata, encepado, muro in situ, pilar prefabricado, pilastra in situ, etc.). Esta distancia es condicionada en anclajes cortos TNC por cono hormigón y por recubrimientos en TNL (largos).
 - En el caso de empalme de pilares (según Figura 9.2), se debe desplazar los anclajes y pies de pilar para evitar interferencias de armadura por recubrimientos mínimos. esta situación se da en el caso de que una cara esté alineada con la cara del cemento inferior (valor de A = valor B). El valor de “Eje” es superior al definido en página anterior.
- Tipología de hormigón del elemento inferior. En caso de que sea un hormigón estándar de cimentación (tipo HA-25), el elemento inferior debe ser de mayor sección que el pilar prefabricado para poder asimilar la misma capacidad del bloque de compresión originado en la conexión.
 - Asimilable a carga concentrada sobre macizos definido en EHE-08, en un área homotética a la sección del pilar prefabricado.

9.1.2. Tolerancias de colocación

- a) Las tolerancias son muy reducidas, sobre todo en el plano de los tornillos. La tolerancia viene determinada por la diferencia entre el agujero del pie de pilar o agujero de la pletina del pilar metálico y el diámetro del tornillo de anclaje. Por ejemplo, si el agujero es de 40 mm, para el tornillo de TN30 (corto o largo) con diámetro métrica de 30 mm, la tolerancia es de ± 5 m/m.
- i. Pie de pilar AR20; \varnothing agujero = 31 m/m. Tornillo TN20 = 20 mm
Tolerancia: ± 3 m/m.
 - ii. Pie de pilar AR24; \varnothing agujero = 35 m/m. Tornillo TN24 = 24 mm
Tolerancia: ± 5.5 m/m.
 - iii. Pie de pilar AR30; \varnothing agujero = 40 m/m. Tornillo TN30 = 30 mm
Tolerancia: ± 5 m/m.
 - iv. Pie de pilar AR39; \varnothing agujero = 55 m/m. Tornillo TN30 = 39 mm
Tolerancia: ± 8 m/m.
 - v. Pie de pilar AR39XL; \varnothing agujero = 55 m/m. Tornillo TN30 = 39 mm
Tolerancia: ± 8 m/m.
- b) La tolerancia en altura depende de la cota en que el tornillo sale de la cota de hormigón del elemento inferior. En base a los valores estándar de uso de los anclajes TN:
- i. TN20 = 115 m/m.
 - ii. TN24 = 130 m/m.
 - iii. TN30 = 150 m/m.
 - iv. TN39 = 180 m/m.
 - v. TN39XL=190 m/m

En función de estos valores, se determina una posible tolerancia en altura de la conexión, no en tanto para el pie de pilar, que siempre seguirá la cota final del pie de pilar (tape molde), pero sí que por montaje requerirá regulación. Es mejor dejar que el tornillo quede un poco más alto que bajo, hay más margen en interior caja pilar que en la junta inferior.

Se adjuntan los croquis correspondientes de las tolerancias de colocación con los tornillos de anclaje de NOXIFER (TN), según descrito en el apartado 5 de este manual. Se definen las tolerancias de montaje para todos los modelos de pies de pilar AR.

TORNILLO BAJO.

Resolución:
Si el tornillo queda más bajo de 95 mm, tenemos varias posibilidades:
- Si queda entre 95 i 70 mm, se puede ajustar la junta entre hormigón y pilar por debajo de los 50 mm.
- Si queda menos de 70 mm, se debe realizar la resolución mediante tuerca DIN6334 definida y varilla roscada.

Tolerancias en altura:
Manteniendo la junta inferior de 50 mm, el anclaje roscado tiene una tolerancia de -20 a +15 mm, por tanto, la variación de la cota que sale el anclaje del nivel de hormigón, puede ser de 115-20 = 95 mm a 115+15 = 130 mm.

TORNILLO ALTO.

Resolución:
Si el tornillo queda más alto de 130 mm, tenemos varias posibilidades:
- Si queda entre 130 i 140 mm, se tiene que cortar la parte superior dejando los 115 mm que se definen.
- Si queda más alto de 140 mm, consultar con departamento técnico de NOXIFER, puesto que hay que verificar la zona de anclaje en cimentación para anclaje corto. Para anclajes largos, se debe verificar las opciones de solución, si el pilar prefabricado ya está fabricado, etc. En definitiva, si el anclaje queda más alto de los 140 mm, la resolución puede ser completa.

Anclaje TN20C.
Igual para anclaje largo TN20L.

Ø anclaje zona roscada: 20 mm.
Ø agujero pie pilar AR20: 31 mm.
Tolerancia : + - 5,5 mm (ejes x e y).

Tuerca TN24, M20 C8.
Arandela TN20, S275JR.

Varilla roscada M20 8.8

Tuerca DIN6334 C8 M20

Motlles i accessoris per al prefabricat de formigó	NOXIFER
Descripción: Tolerancias de montaje para pie de pilar AR20 con anclaje corto TN20C y anclaje largo TN20L.	Version: V0
Unidades en mm.	

TORNILLO BAJO.

Resolución:
Si el tornillo queda más bajo de 108 mm, tenemos varias posibilidades:
- Si queda entre 108 i 90 mm, se puede ajustar la junta entre hormigón y pilar por debajo de los 50 mm.
- Si queda menos de 90 mm, se debe realizar la resolución mediante tuerca DIN6334 definida y varilla roscada.

Tolerancias en altura:
Manteniendo la junta inferior de 50 mm, el anclaje roscado tiene una tolerancia de -22 a +10 mm, por tanto, la variación de la cota que sale el anclaje del nivel de hormigón, puede ser de 130-22 = 108 mm a 130+10 = 140 mm.

TORNILLO ALTO.

Resolución:
Si el tornillo queda más alto de 140 mm, tenemos varias posibilidades:
- Si queda entre 140 i 160 mm, se tiene que cortar la parte superior dejando los 130 mm que se definen.
- Si queda más alto de 160 mm, consultar con departamento técnico de NOXIFER, puesto que hay que verificar la zona de anclaje en cimentación para anclaje corto. Para anclajes largos, se debe verificar las opciones de solución, si el pilar prefabricado ya está fabricado, etc. En definitiva, si el anclaje queda más alto de los 160/170 mm, la resolución puede ser compleja.

Anclaje TN24C.
Igual para anclaje largo, TN24L.

Varilla roscada M24 8.8

Tuerca DIN6334 C8 M24

Motlles i accessoris per al prefabricat de formigó

NOXIFER

Descripción: Tolerancias de montaje para pie de pilar AR24 con anclaje corto TN24C y anclaje largo TN24L.

Version: V0

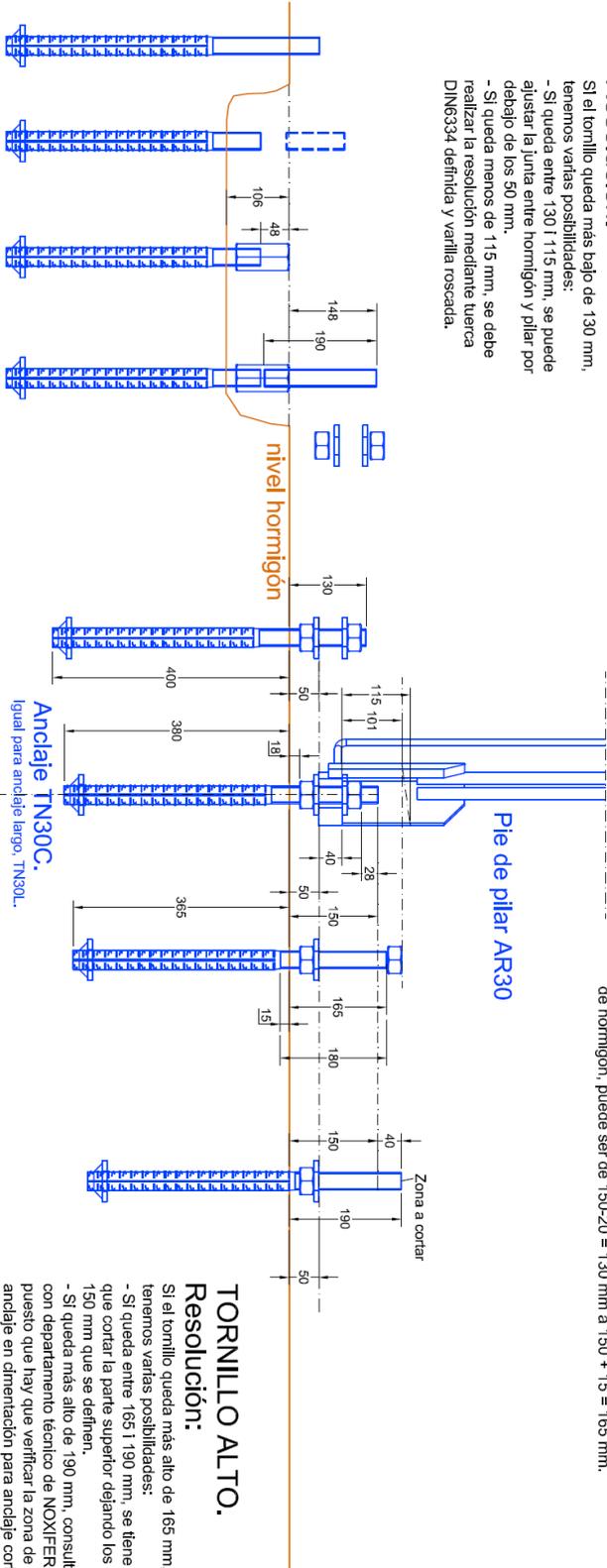
Unidades en mm.

15/11/2018

TORNILLO BAJO.

Resolución:

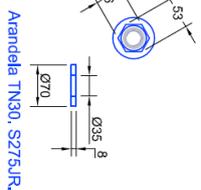
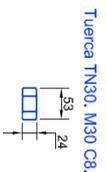
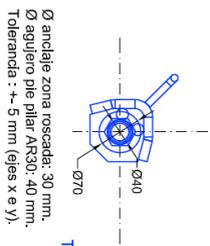
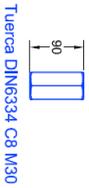
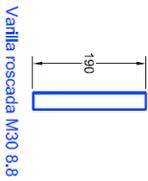
- Si el tornillo queda más bajo de 130 mm, tenemos varias posibilidades:
 - Si queda entre 130 i 115 mm, se puede ajustar la junta entre hormigón y pilar por debajo de los 50 mm.
 - Si queda menos de 115 mm, se debe realizar la resolución mediante tuerca DIN6334 defnida y varilla roscada.



Tolerancias en altura:

Manteniendo la junta inferior de 50 mm, el anclaje roscado tiene una tolerancia de -20 a +15 mm, por tanto, la variación de la cota que sale el anclaje del nivel de hormigón, puede ser de 150-20 = 130 mm a 150 + 15 = 165 mm.

- Picar zona superior hasta dejar la zona roscada libre de hormigón.
- Cortar la parte superior hasta dejar una cola de 48 mm respecto nivel hormigón.
- Limpiar la rosca inferior para poder roscar la tuerca DIN6334 C8 M30.
- Roscar la tuerca DIN6334 C8 M30 dejando la medida definida.
- Roscar la varilla roscada M30 8,8 dentro de la tuerca DIN6334.
- La cota final superior de la varilla debe ser aproximadamente de 150 mm.



Moltes i accessoris per al prefabricat de formigó	
Descripció:	Tolerancias de montaje para pie de pilar AR30 con anclaje corto TN30C y anclaje largo TN30L.
NOXIFER	15/11/2018
Descripció:	Version: V0

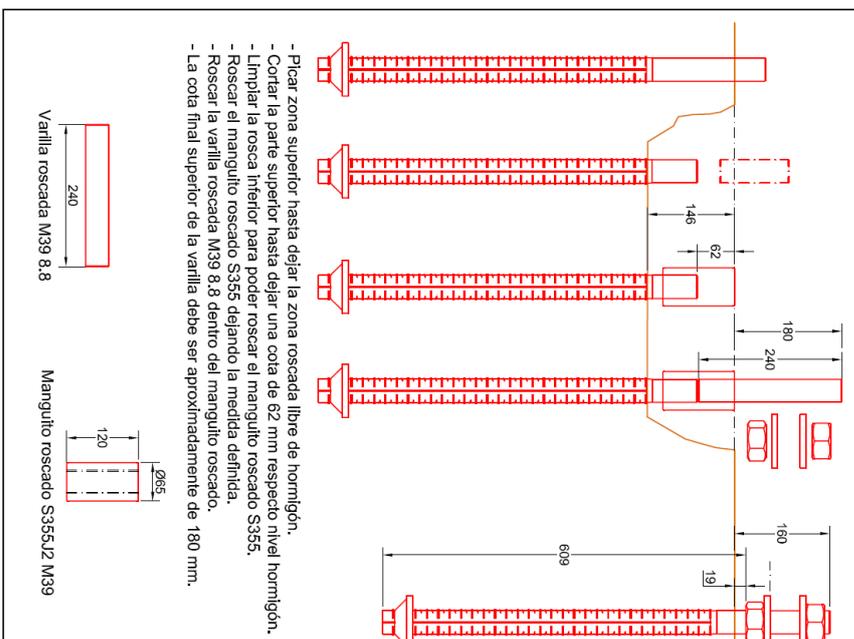
Unitades en mm.

TORNILLO BAJO.

Resolución:

Si el tornillo queda más bajo de 160 mm, tenemos varias posibilidades:

- Si queda entre 160 i 145 mm, se puede ajustar la junta entre hormigón y pilar por debajo de los 60 mm.
- Si queda menos de 145 mm, se debe realizar la resolución mediante manguito roscado definido y varilla roscada.



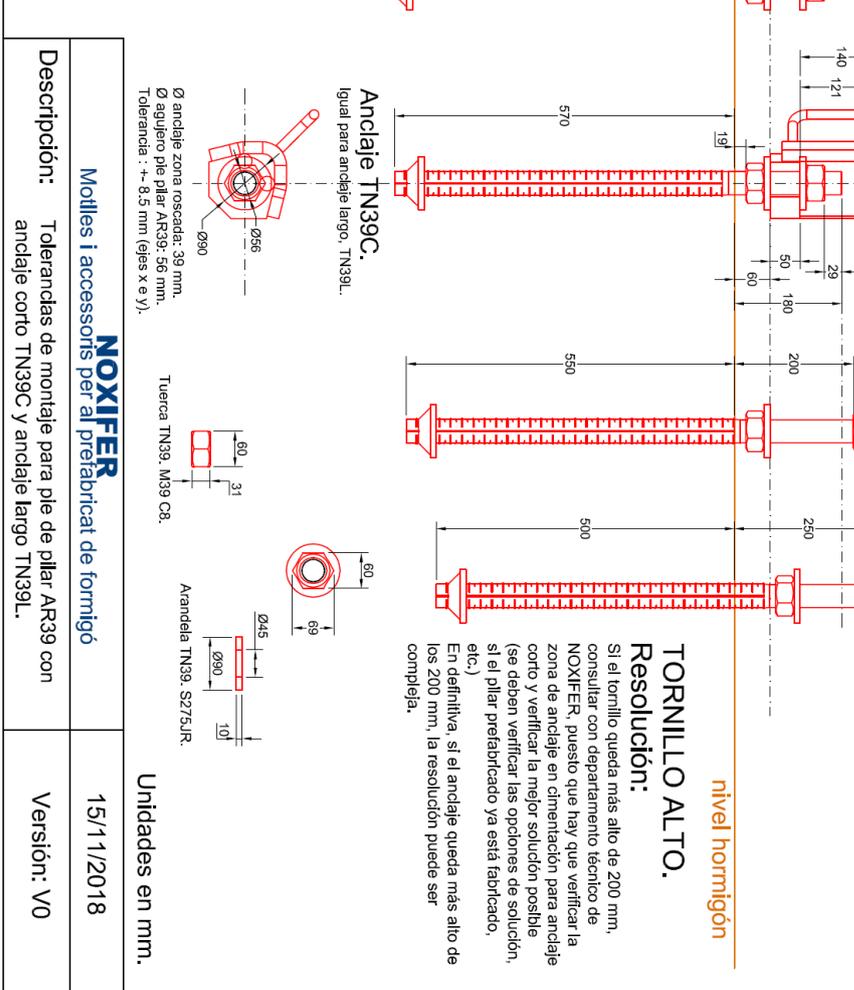
- Picar zona superior hasta dejar la zona roscada libre de hormigón.
- Cortar la parte superior hasta dejar una cota de 62 mm respecto nivel hormigón.
- Limpiar la rosca inferior para poder roscar el manguito roscado S355.
- Roscar el manguito roscado S355 dejando la medida definida.
- Roscar la varilla roscada M39 8,8 dentro del manguito roscado.
- La cota final superior de la varilla debe ser aproximadamente de 180 mm.

TORNILLO ALTO.

Resolución:

Si el tornillo queda más alto de 200 mm, consultar con departamento técnico de NOXIFER, puesto que hay que verificar la zona de anclaje en cimentación para anclaje corto y verificar la mejor solución posible (se deben verificar las opciones de solución, si el pilar prefabricado ya está fabricado, etc.)

En definitiva, si el anclaje queda más alto de los 200 mm, la resolución puede ser compleja.



Anclaje TN39C.
Igual para anclaje largo, TN39L.

Ø anclaje zona roscada: 39 mm.
Ø agujero pie pilar AR39: 56 mm.
Tolerancia: ± 8,5 mm (ejes x e y).

Tuerca TN39, M39 C8.

Arandela TN39, S275JR.

Tolerancias:

Manteniendo la junta inferior de 60 mm, el anclaje roscado tiene una tolerancia de -20 a +20 mm, por tanto, la variación de la cota que sale el anclaje del nivel de hormigón, puede ser de 180-20 = 160 mm a 180 + 20 = 200 mm.

Pie de pilar AR39

nivel hormigón

Motlles i accessoris per al prefabricat de formigó	
Descripción: Tolerancias de montaje para pie de pilar AR39 con anclaje corto TN39C y anclaje largo TN39L.	Versión: V0
NOXIFER	Unidades en mm.
15/11/2018	

TORNILLO BAJO.

Resolución:

- Si el tornillo queda más bajo de 170 mm, tenemos varias posibilidades:
- Si queda entre 170 i 155 mm, se puede ajustar la junta entre hormigón y pilar por debajo de los 60 mm.
- Si queda menos de 155 mm, se debe realizar la resolución de sustituir la zona roscada del anclaje por una más larga... (ejemplo descrito para una situación de 130 mm).

Tolerancias:

Manteniendo la junta inferior de 60 mm, el anclaje roscado tiene una tolerancia de -20 a +20 mm, por tanto, la variación de la cota que sale el anclaje del nivel de hormigón, puede ser de 190-20 = 170 mm a 190 + 20 = 210 mm.

TORNILLO ALTO.

Resolución:

Si el tornillo queda más alto de 240 mm, consultar con departamento técnico de NOXIFER, puesto que hay que verificar la zona de anclaje en cimentación para anclaje corto y verificar la mejor solución posible (se deben verificar las opciones de solución, si el pilar prefabricado ya está fabricado, regulación pilar montaje, etc.)
En definitiva, si el anclaje queda más alto de los 240 mm, la resolución puede ser completa.

Anclaje: TN39XLC.
Igual para anclaje largo: TN39XLL.

Ø anclaje zona roscada: 39 mm.
Ø agujero pie pilar AR39: 55 mm.
Tolerancia: +- 8 mm (ejes x e y).

Tuercas TN39: M39 CG.

Arandela TN39: S275JR.

NOXIFER Molles i accessoris per al prefabricat de formigó	
Descripción: Tolerancias de montaje para pie de pilar AR39XL con anclaje corto TN39XLC y anclaje largo TN39XLL.	Versión: V0
15/10/2020	Unidades en mm.

9.1.3. Llave de apriete de los tornillos dentro del pie de pilar AR:

En base al espacio disponible dentro de la caja del pie de pilar, que es dónde se dispondrá el tornillo de anclaje TN, a través del agujero en pletina base, **se recomienda que la llave de apriete sea del tipo ESTRELLA A GOLPE.**

Recordar que no se requiere ningún par de apriete específico, pero si asegurarse del apriete con varios golpes sobre la propia llave.

LLAVE DE ESTRELLA DE GOLPE



- Acero aleado de alto rendimiento
- DIN 7444
- 24-46 mm, 34-40 HRc
- 50-100 mm, 30-36 HRc
- -2: Envase industrial

Figura 9.3 Llave estrella de golpe

**Para pie de pilar AR20 = Tornillo TN20→Llave del 30.
Para pie de pilar AR24 = Tornillo TN24→Llave del 36.
Para pie de pilar AR30 = Tornillo TN30→Llave del 46.
Para pie de pilar AR39 = Tornillo TN39→Llave del 60.
Para pie de pilar AR39XL = Tornillo TN39XL→Llave del 60.**

En la parte inferior del pie de pilar, se debe utilizar la llave de la misma tipología pero abierta, para poder acceder a la tuerca.

LLAVE FIJA DE GOLPE



- Acero aleado de alto rendimiento
- DIN 133
- 30-46 mm, 34-40 HRc
- 50-85 mm, 30-36 HRc
- -2: Envase industrial

Figura 9.4 Llave fija de golpe