

## Evaluación Técnica Europea

**ETA 21/0476**  
**de 04.11.2022**



### Parte general

#### Organismo de Evaluación Técnica que emite la ETE: ITeC

El ITeC ha sido designado de acuerdo con el Artículo 29 del Reglamento (UE) No 305/2011 y es miembro de EOTA (European Organisation for Technical Assessment)

#### Nombre comercial del producto de construcción

**Forma 97 system**

#### Área de producto a la que pertenece

16 – Aceros para hormigón armado y pretensado (y componentes auxiliares). Kits de postensado.

#### Fabricante

#### **FORMACIONES MICROPILOTES Y ANCLAJES97 S.L.**

Pol. Ind. Can Magre  
C/ De les Roquetes 20, 22, 24  
(08187) Santa Eulàlia de Ronçana, Barcelona  
España

#### Planta de fabricación

Pol. Ind. Can Magre  
C/ De les Roquetes 20, 22, 24  
(08187) Santa Eulàlia de Ronçana, Barcelona  
España

#### La presente Evaluación Técnica Europea contiene

22 páginas, incluyendo 1 anexo que forma parte integral de esta evaluación.

#### La presente Evaluación Técnica Europea se emite de acuerdo con el Reglamento (UE) 305/2011, en base a

Documento de Evaluación Europeo EAD 160071-00-0102  
*Kit para anclajes en roca y suelo mediante cordones de acero de pretensado.* Edición de enero 2019.

### **Comentarios generales**

Las traducciones de esta Evaluación Técnica Europea a otros idiomas deben corresponder completamente con el documento original emitido y deben ser identificadas como tales.

La reproducción de la presente Evaluación Técnica Europea, incluyendo su transmisión por medios electrónicos, debe ser integral. Sin embargo, se podrán realizar reproducciones parciales bajo el consentimiento escrito del Organismo de Evaluación Técnica. Cualquier reproducción parcial se deberá identificar como tal.

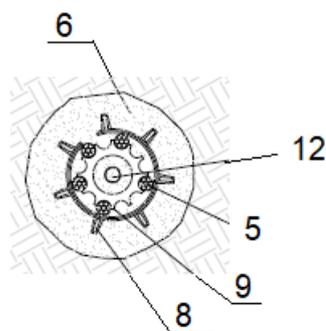
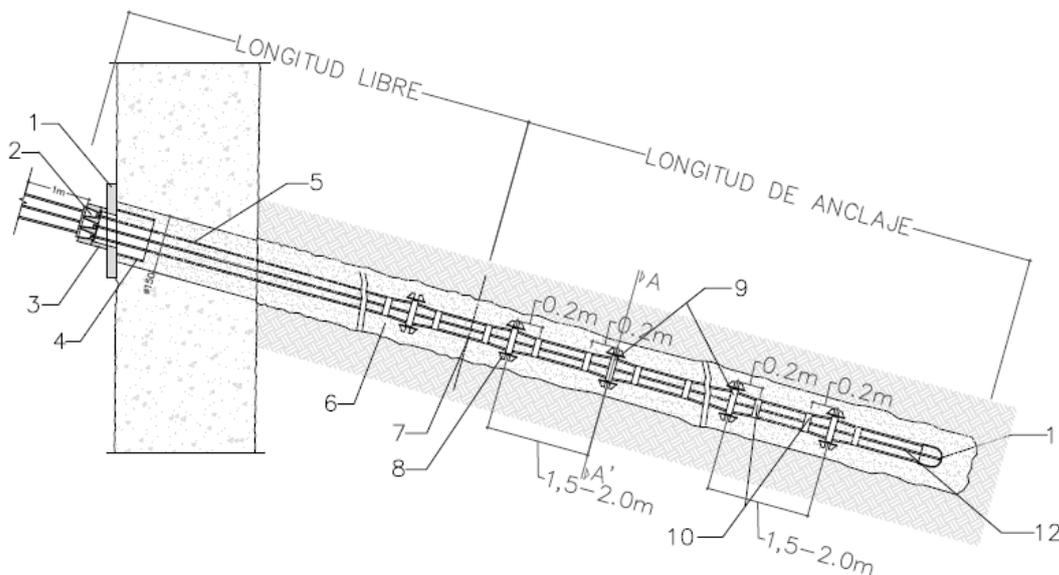
## Partes específicas de la Evaluación Técnica Europea

### 1 Descripción técnica del producto

#### 1.1 General

Esta ETE aplica a Forma 97 system, kit de anclajes en roca y suelo para trabajos geotécnicos con lechada de acuerdo con la EN 1537 <sup>1</sup>, que comprende los siguientes componentes (véase el anexo A):

Figura 1.1: Vista general del sistema Forma 97.



Sección AA'

Leyenda:

1. Placa de anclaje.
2. Cabezal del anclaje .
3. Tubo de grados.
4. Culata.
5. Cordón engrasado en vaina de plástico PE.
6. Lechada de cemento.
7. Grasa inyectada para el sellado.
8. Separador en forma de estrella.
9. Dispositivo centrador.
10. Cinta de fibra de vidrio.
11. Tapón final.
12. Tubo de inyección.

- Tendón de 2 a 7 cordones.
- Cordón de acero de pretensado de 7 cables de calidad Y1860 S7 que cumple con las especificaciones de la norma prEN 10138-3: 2009, Tabla 4 como elemento de tracción con diámetro nominal, área nominal de la sección transversal y resistencia característica a tracción tal y como se indican en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1: Cordones.

Diámetro nominal		Área nominal de la sección transversal	Resistencia característica a tracción
[mm]	[pulgadas]	[mm <sup>2</sup> ]	[MPa]
15,2	0,60"	140	1.860

<sup>1</sup> EN 1537: Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Anclajes.

La desviación angular admisible máxima del tendón respecto a la dirección normal de la placa activa es de 3,0°.

- Los componentes del anclaje activo para la transferencia de carga del tendón a la estructura para 2, 3, 4, 5, 6 y 7 cordones de acero pretensado son:
  - Cabezal del anclaje de acero de calidad C45E según la norma EN ISO 683-1.
  - Placa de anclaje de acero de calidad S275JR (1.0044) según la norma EN 10025-2.
  - Culata de acero de calidad S355J2 (1.0577) según la norma EN 10025-2, y de acuerdo con la norma EN 10210-1, soldada a la placa de anclaje y proporcionando la inclinación del tendón.
  - Cuñas de anillo de tres piezas de dimensiones 30 mm x 45 mm (diámetro x longitud), y acero de calidad C15 Pb + C.
  - Armadura de refuerzo local de la zona de anclaje.
  - Tubo de grados de acero de calidad S235JR (1.0044) según la norma EN 10025-2, de acuerdo con la norma EN 10210-1 y soldado a la placa de anclaje.

Los cordones de acero de pretensado se anclan al cabezal del anclaje por medio de cuñas. El cabezal del anclaje se apoya en un tubo de acero, y este se apoya en la placa de anclaje. La placa de anclaje se apoya sobre la estructura de hormigón o acero.

La transferencia de carga desde el cordón de acero de pretensado a la roca o al suelo en la longitud de anclaje la proporciona la lechada que rellena el espacio entre los cordones y el orificio de perforación, por lo que no se necesitan componentes adicionales del anclaje estructural (unidad de anclaje o tubo corrugado sometido a compresión) en la longitud de anclaje.

- Componentes de protección frente a la corrosión para la opción de protección limitada contra la corrosión (PLL):
  - Lechada de cemento externa de acuerdo con la norma EN 1537 que protege el tendón en la longitud de anclaje y rellena el espacio entre las vainas individuales de PE y el orificio de perforación en la longitud libre.
  - Conjunto de cordones de acero de pretensado y vainas individuales de PE rellenas de material fluido de protección frente a la corrosión -grasa o cera- para la longitud libre del tendón.

El conjunto de cordones de acero de pretensado y vainas individuales de PE rellenas de material fluido de protección frente a la corrosión para la longitud libre del tendón se fabrica aplicando un recubrimiento de grasa y empujando el cordón al interior de la vaina.
  - Recubrimiento metálico de acuerdo con la norma EN ISO 1461 aplicado a la caperuzas cumpliendo con los requisitos de la norma EN ISO 12944 para la categoría de corrosividad C4 para la protección de componentes de acero directamente expuestos a la atmósfera.
- Componentes auxiliares para el montaje, instalación y sellado del anclaje de roca y suelo.
  - Separadores en forma de estrella formados por material polimérico utilizado para separar los cordones.
  - Dispositivos de centrado formados por material polimérico dispuestos alrededor del tendón. Estos componentes proporcionan la distancia entre los cordones del tendón y los bordes del orificio de perforación .
  - Caperuzas para el anclaje activo fabricadas en acero galvanizado Z275.
  - Tubos de inyección: se utilizan tubos de plástico corrugado de acuerdo con las normas EN 61386-1 y EN 61386-24. Las dimensiones de los tubos dependen del procedimiento de inyección empleado. Son posibles tres procedimientos de inyección:
    - Unidad de inyección global (UI o IGU): la inyección se realiza en un solo paso desde el exterior del anclaje mediante un tubo de PE que se sitúa paralelo al tendón de dimensiones 20 mm x 2,4 mm (diámetro x espesor).

- Inyección repetitiva (IR): la inyección se lleva a cabo mediante el uso de dos tubos de inyección, el primario, que se sitúa paralelo al tendón (como para el procedimiento de la unidad de inyección global), y el secundario, que es un tubo en forma de U enrollado a los cordones, con válvulas dispuestas a una distancia entre ellas de 0,5 m a 2,0 m. Las dimensiones de ambos tubos son las mismas (20 mm de diámetro).
- Inyección selectiva repetitiva (IRS): la inyección se realiza mediante el uso de dos tubos de inyección, el tubo primario de 20 mm de diámetro, que se sitúa paralelo al tendón (como para el procedimiento de la inyección global unitaria), y el tubo secundario de 32 mm de diámetro, que permite inyecciones selectivas adicionales (localizadas o desde un punto más adelante).

No son necesarios tubos para ventilación.

- Cinta y cinta reforzada con fibra de vidrio.

Forma 97 system no se suministra con opciones de extracción.

Forma 97 system puede estar provisto de un sistema de monitorización de la fuerza de anclaje. Este sistema de monitorización se basa en situar células de carga en el anclaje activo, entre el cabezal del anclaje y la placa de anclaje.

El anclaje activo de Forma 97 system se puede apoyar directamente sobre hormigón o sobre perfiles de acero. Se interpone un tubo de acero entre el cabezal del anclaje y la placa de anclaje proporcionando la inclinación necesaria del anclaje activo con respecto a la estructura de soporte.

## **2 Especificación del uso(s) previsto(s) de acuerdo con el Documento de Evaluación Europeo aplicable (de ahora en adelante, DEE)**

### **2.1 Usos previstos**

Forma 97 system se emplea para el anclaje de estructuras y la estabilización de rocas y suelos mediante la introducción activa de fuerzas de pretensado. Forma 97 system se puede utilizar con protección frente a la corrosión limitada (PLL) en condiciones de terreno no agresivo y sin exposición a corrientes parásitas críticas para uso temporal (hasta dos años).

### **2.2 Vida útil/Durabilidad**

Las disposiciones estipuladas en esta ETE se basan en una vida útil de hasta 2 años para el uso temporal de Forma 97 system cuando se instala en las obras, siempre que el Forma 97 system esté sujeto a un transporte, almacenamiento e instalación adecuados. Estas disposiciones se basan en el estado actual de la técnica y en los conocimientos y la experiencia disponibles.

Las indicaciones dadas sobre la vida útil no deben interpretarse como una garantía dada por el fabricante o el organismo de evaluación, sino que deben considerarse como un medio para la elección correcta del producto en relación con la vida útil esperada de las obras.

### 3 Prestaciones del producto y referencia a los métodos usados para su evaluación

La evaluación de Forma 97 system para el uso previsto se ha llevado a cabo de acuerdo con el EAD 160071-00-0102 *Kits para anclajes en roca y suelo mediante cordones de acero pretensado*.

**Tabla 3.1:** Prestaciones de Forma 97 system.

Requisito básico	Característica esencial	Prestación
RB 1 Resistencia mecánica y estabilidad	Resistencia a carga estática	Véase el apartado 3.1
	Resistencia a la fatiga	Véase el apartado 3.2
	Transferencia de carga a la estructura	Véase el apartado 3.3
	Fricción en la longitud libre	Véase el apartado 3.4
	Protección integral frente a la corrosión (solo PLC)	No es relevante para la opción PLL
	Protección mejorada frente a la corrosión (solo PLE)	No es relevante para la opción PLL
	Protección limitada frente a la corrosión (solo PLL)	Véase el apartado 3.5
	Efecto de la extracción sobre la resistencia	No evaluada
	Efecto de los medios de ajuste y monitorización de la fuerza de anclaje en la resistencia	Véase el apartado 3.6
	Masa de material de relleno fluido por metro (grado de llenado) (solo PLC y PLE)	No es relevante para la opción PLL
	Fuerza máxima de extracción del cordón a partir de la vaina en el conjunto fabricado (solo PLC y PLE)	No es relevante para la opción PLL
	Sellado del extremo de la vaina lisa individual de PE o PP (solo PLC y PLE)	No es relevante para la opción PLL
	Resistencia del tubo corrugado de PE bajo presión interna (solo PLC y PLE)	No es relevante para la opción PLL
	Resistencia de la transición desde la vaina lisa de PE al tubo corrugado de PE y del tapón final al tubo corrugado de PE (solo PLC y PLE)	No es relevante para la opción PLL
	Resistencia del sellado de la vaina de PE en la longitud libre al anclaje bajo presión externa (solo PLC y PLE)	No es relevante para la opción PLL
Resistencia eléctrica de la placa de aislamiento entre el cabezal del anclaje y la placa de anclaje (solo PLC)	No es relevante para la opción PLL	
Relleno del espacio por fuera del tubo de transición desde el anclaje hasta la longitud libre para la protección frente a la corrosión mediante lechada de cemento (solo PLC y PLE)	No es relevante para la opción PLL	

### 3.1 Resistencia a carga estática

El kit para anclaje de roca y suelo descrito en la ETE cumple con los criterios de aceptación de la cláusula 2.2.1 del EAD 160071-00-0102. La evaluación de los anclajes mecánicos en el anclaje activo se ha basado en ensayos de acuerdo con el anexo C.2.1 del EAD 160004-00-0301, para tendones exteriores. El número y el tamaño de las probetas de ensayo y la prestación requerida están de acuerdo con la cláusula 2.2.1 del EAD 160004-00-0301. La determinación de las características relevantes y reales de los materiales se ha realizado de acuerdo con el anexo C.1 del EAD 160004-00-0301.

### 3.2 Resistencia a la fatiga

El kit para anclaje de roca y suelo descrito en la ETE cumple con los criterios de aceptación de la cláusula 2.2.2 del EAD 160071-00-0102. La comprobación de los anclajes mecánicos en el anclaje activo del anclaje se ha basado en ensayos de acuerdo con el anexo C.3.1. del EAD 160004-00-0301. El número y el tamaño de las probetas de ensayo y la prestación requerida están de acuerdo con la cláusula 2.2.2. del EAD 160004-00-0301. La determinación de las características relevantes y reales de los materiales se ha realizado de acuerdo con el anexo C.1. del EAD 160004-00-0301.

### 3.3 Transferencia de carga a la estructura

El kit para anclaje de roca y suelo descrito en la ETE cumple con los criterios de aceptación de la cláusula 2.2.3 del EAD 160071-00-0102. La evaluación de los anclajes mecánicos en el anclaje activo apoyado en elementos de hormigón se ha basado en ensayos de acuerdo con el anexo C.4.1. del EAD 160004-00-0301.

La evaluación de los anclajes mecánicos en el anclaje activo apoyado en perfiles de acero estructural se ha basado en la verificación del diseño de acuerdo con el Eurocódigo 3 para una fuerza de anclaje de cálculo del 110 % de la capacidad del tendón y la resistencia de cálculo de los perfiles de acero estructural. El tipo y las dimensiones de los perfiles de acero estructural se definen caso por caso de acuerdo con los requisitos de carga y resistencia.

Cuando se utilice un componente adicional (tubo de acero) entre el cabezal y la placa de anclaje para proporcionar la inclinación del anclaje de roca y suelo con respecto a la estructura anclada, este tubo de acero se calculará caso por caso para una fuerza de anclaje de cálculo del 110 % de la capacidad del tendón. Sin embargo, se verifica que la resistencia a la compresión del tubo de acero es superior a la fuerza de anclaje de cálculo del 110 % de la capacidad del tendón en un rango de entre 20° y 30° de inclinación del tendón.

El número y el tamaño de las probetas de ensayo y la prestación requerida están de acuerdo con la cláusula 2.2.3. del EAD 160004-00-0301. La determinación de las características relevantes y reales de los materiales se ha realizado de acuerdo con el anexo C.1. del EAD 160004-00-0301.

Véase la cláusula A.5 del anexo A para el espaciado mínimo entre centros de anclaje y la distancia hasta al borde.

### 3.4 Fricción en longitud libre

La evaluación de la fricción en la longitud libre del tendón se ha basado en ensayos documentados realizados en las obras y proporcionados por el fabricante.

La pérdida por fricción en la longitud libre es del 0,15% de la fuerza de pretensado por metro cuando se utiliza un conjunto de cordones de acero de pretensado y de vainas individuales de PE rellenas de material fluido de relleno de protección frente a la corrosión -grasa o cera-.

### 3.5 Protección limitada contra la corrosión (PLL)

La evaluación de los componentes de protección limitada frente a la corrosión se ha llevado a cabo para los siguientes aspectos de acuerdo con la tabla C.1 de la norma EN 1537. A continuación se proporcionan también los detalles reales de la protección frente a la corrosión del kit.

- Longitud de anclaje de los tendones: cordones de acero de pretensado de 7 cables protegidos con un mínimo de 20 mm de lechada externa (EN 1537, tabla C.1, punto 1);

- Longitud libre de los tendones: cordones de acero de pretensado de 7 cables encapsulados dentro de vainas individuales de PE y con los siete cables de los cordones recubiertos con material de relleno fluido de protección frente a la corrosión (EN 1537, tabla C.1, punto 2b);
- Transición de la longitud libre del tendón al anclaje: tubo de PE y extremo de la vaina de PE inmediatamente próximo a la placa de anclaje, superficies expuestas de acero de pretensado recubiertas con una capa de material fluido de relleno de protección frente a la corrosión;
- Anclaje activo: cordón de acero de pretensado de 7 cables recubierto con una capa de material fluido de relleno de protección frente a la corrosión, cabezal de anclaje y placa de anclaje recubiertos con una capa de material fluido de relleno de protección frente a la corrosión (EN 1537, tabla C.1, punto 4a);

### 3.6 Efecto de los medios de ajuste y monitorización de la fuerza de anclaje en la resistencia

La evaluación de los componentes adicionales del kit para anclaje de roca y suelo para la monitorización de la fuerza de anclaje (células de carga) para la resistencia a carga estática, se ha basado en la verificación del diseño. Se ha considerado una fuerza de anclaje de cálculo del 110% de la capacidad de los cordones y la resistencia de cálculo de las células de carga.

Las células de carga en forma de anillo se colocan entre el cabezal del anclaje y la placa de anclaje. Se coloca una placa de anclaje adicional de acuerdo con las instrucciones del proveedor entre el cabezal del anclaje y la célula de carga en forma de anillo para los modelos de células de carga OL2M y OL2E.

La capacidad de carga y las dimensiones de las células de carga disponibles se indican en la siguiente tabla.

**Tabla 3.2:** Capacidad de carga y dimensiones de las células de carga disponibles.

Modelo de célula de carga		Capacidad de carga [kN]	Dimensiones [mm]		
Manómetro	Transductor de presión		Diámetro interior	Diámetro exterior	Espesor
OL2M09075H0	OL2E0907500	750	92	196	30
OL2M11100H0	OL2E1110000	1.000	110	231	
OL2M16150H0	OL2E01615000	1.500	165	293	
ANC-1000	--	1.000	120	228	45
ANC-2500	--	2.500	225	316	

Las células de carga deben elegirse de acuerdo con la fuerza de anclaje. Véase la tabla siguiente.

**Tabla 3.3:** Células de carga según fuerza de pretensado.

Fuerza de anclaje			Modelo de célula de carga				
Número de cordones	$(F_{pk})$ [kN]	$1,1 \cdot F_{pk}$ [kN]	OL2M09075 H0	OL2M11100 H0	OL2M16150 H0	ANC-1000	ANC-2500
			OL2E09075 00	OL2E11100 00	OL2E01615 000		
2	520,8	572,9	X	X	X	X	X
3	781,2	859,3	--	X	X	X	X
4	1.041,6	1.145,8	--	--	X	--	X
5	1.302,0	1.432,2	--	--	X	--	X
6	1.562,4	1.718,6	--	--	--	--	X
7	1.822,8	2.005,1	--	--	--	--	X

#### 4 Sistema aplicado para la evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones (EVCP en adelante), con referencia a su base legal

De acuerdo con la Decisión 98/456/CE, modificada por la Comisión Europea, aplica el sistema de EVCP [véase el reglamento delegado (UE) No 568/2014 que modifica el anexo V del Reglamento (UE) No 305/2011] indicado en la siguiente tabla.<sup>2</sup>

**Tabla 4.1:** Sistema de EVCP aplicable.

Producto	Uso(s) previsto(s)	Nivel o clase	Sistema
Forma 97 system	Kit para anclaje de roca y suelo	--	1+

#### 5 Detalles técnicos necesarios para la implementación del sistema de EVCP, según lo previsto en el DEE de aplicación

Todos los detalles técnicos necesarios para la implementación del sistema de EVCP se establecen en el Plan de Control depositado en el ITeC, con el que el control de producción en fábrica operado por el fabricante deberá estar conforme.<sup>3</sup>

Los productos no fabricados por el fabricante del kit también se controlarán de acuerdo con el plan de control.

Cuando los materiales/componentes no sean fabricados y ensayados por el proveedor de acuerdo con los métodos acordados, el fabricante del kit los someterá a controles/ensayos adecuados antes de su aceptación.

Se notificará cualquier cambio en el procedimiento de fabricación que pueda afectar a las propiedades del producto y se revisarán los ensayos iniciales de tipo necesarios de acuerdo con el Plan de Control.

Emitido en Barcelona a 04 de noviembre de 2022

por el Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña.



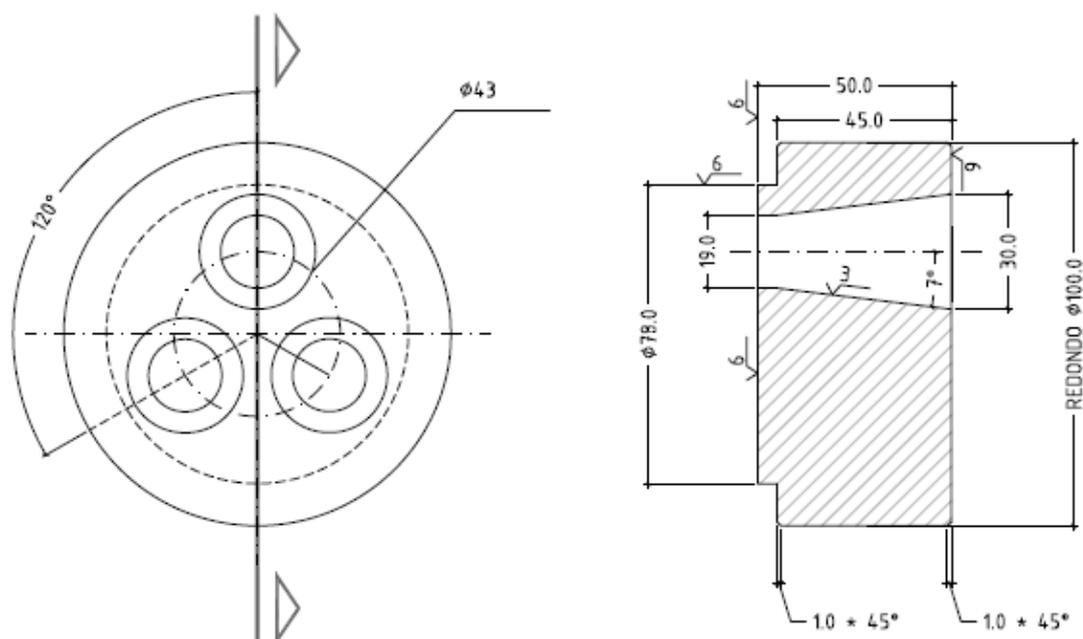
Ferran Bermejo Nualart

Director Técnico, ITeC

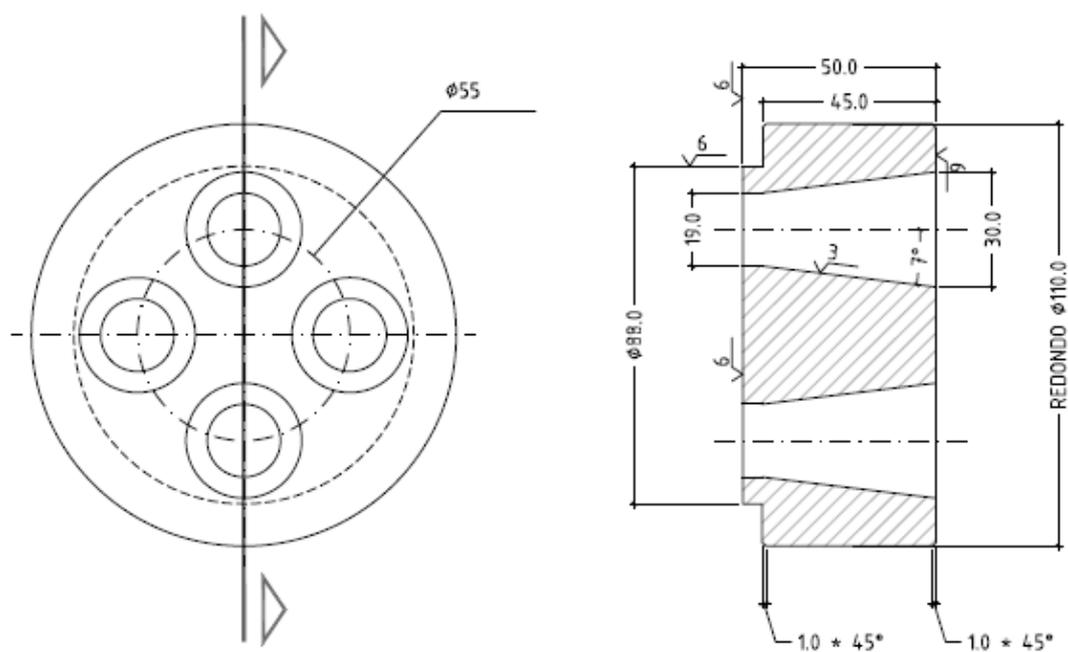
<sup>2</sup> Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE) L 201/112 de 17.7.1998.

<sup>3</sup> El Plan de Control es una parte confidencial de la ETE y accesible sólo para el organismo u organismos involucrados en el proceso de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones.

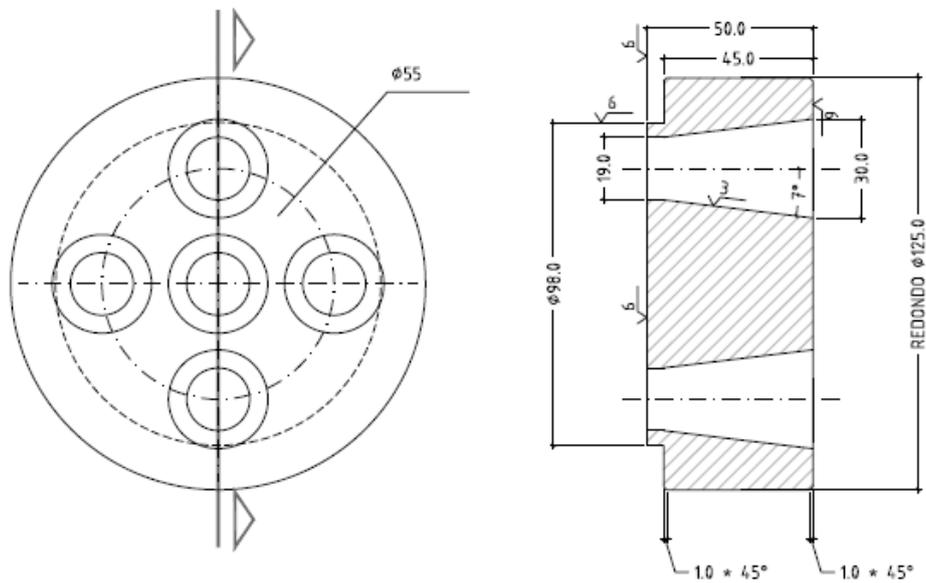




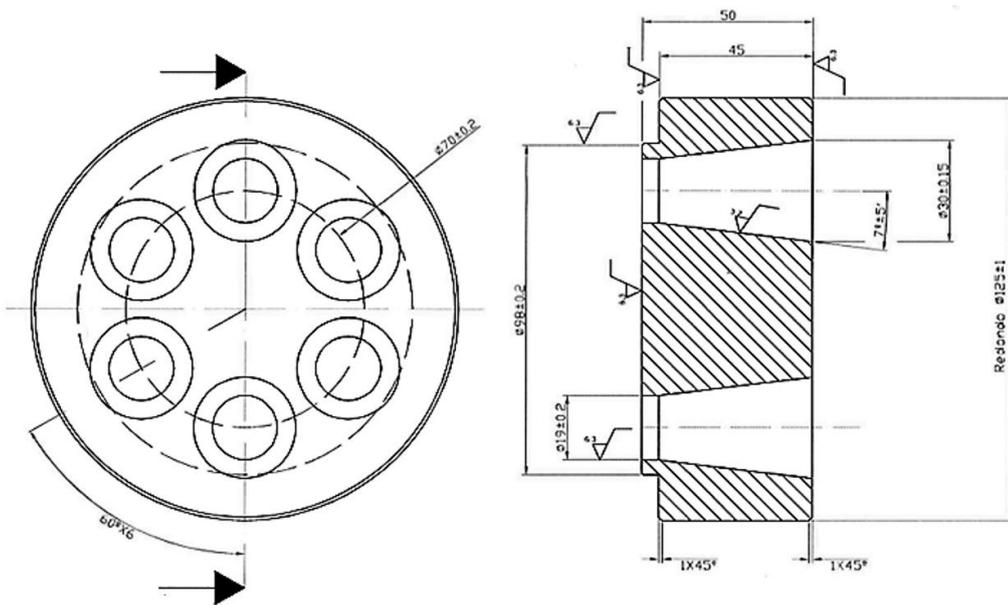
b) Cabezal de anclaje para 3 cordones.



c) Cabezal de anclaje para 4 cordones.



d) Cabezal de anclaje para 5 cordones.



e) Cabezal de anclaje para 6 cordones.



### A.1.3. Placas de anclaje

Las descripciones de las placas de anclaje de acero de calidad S275JR (1.0044) según la norma EN 10025-2 para 2, 3, 4, 5, 6 y 7 cordones se dan en las figuras a continuación.

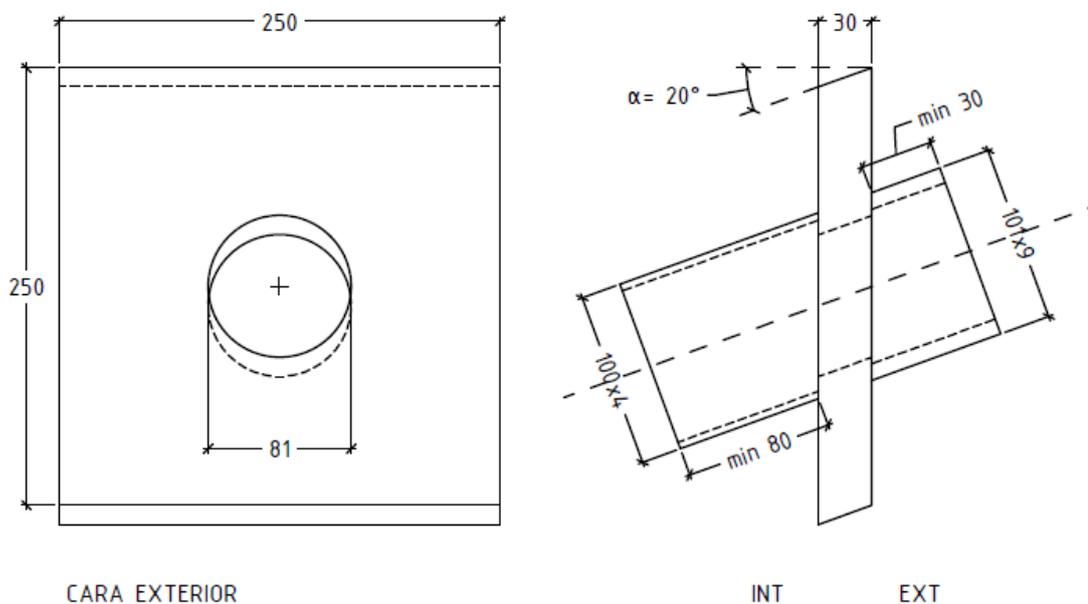
Las placas de anclaje en las figuras incluyen el tubo de acero que proporciona la inclinación del tendón y la culata en la otra cara de la placa de anclaje. El tubo de acero se describe en la cláusula A.1.4. La culata está formada por un tubo de acero de calidad S235JR de acuerdo con la norma EN 10210-1 y está soldada a la cara interior de la placa de anclaje para permitir el posicionamiento de la placa de anclaje en el orificio de la estructura de soporte. Las dimensiones de la culata se dan en la siguiente tabla:

**Tabla A.1:** Dimensiones de la culata.

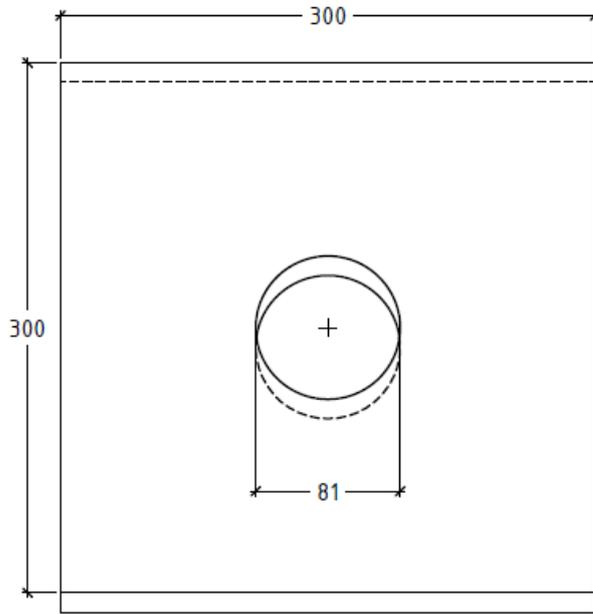
Número de cordones	Diámetro exterior [mm]	Espesor [mm]	Longitud mínima [mm]
2	100	4,0	80
3	100		
4	110		
5	127	8,0	
6	127		
7	127		

La inclinación dada en las figuras (20°) es un ejemplo.

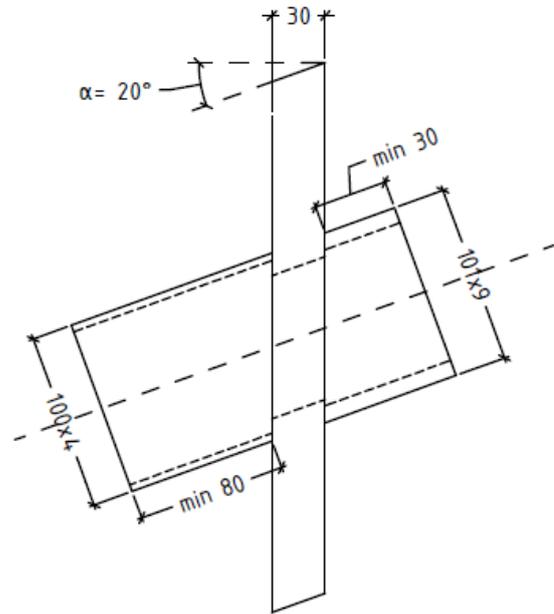
**Figura A.3:** Placas de anclaje.



a) Placa de anclaje para 2 cordones.



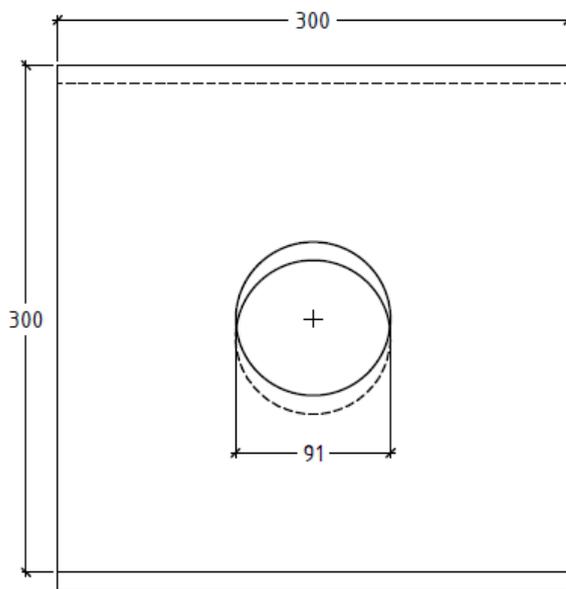
CARA EXTERIOR



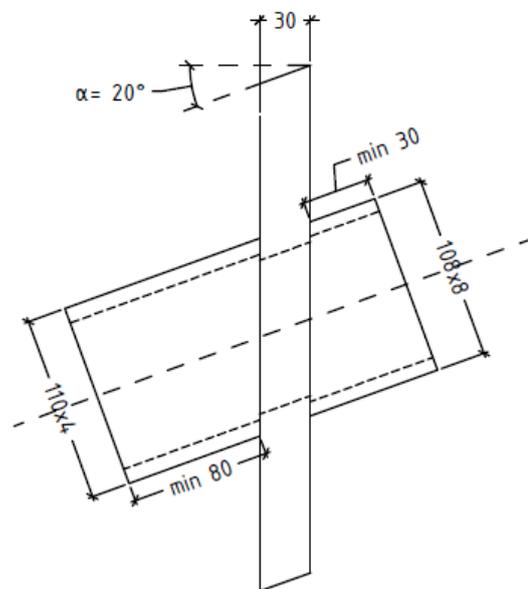
INT

EXT

b) Placa de anclaje para 3 cordones.



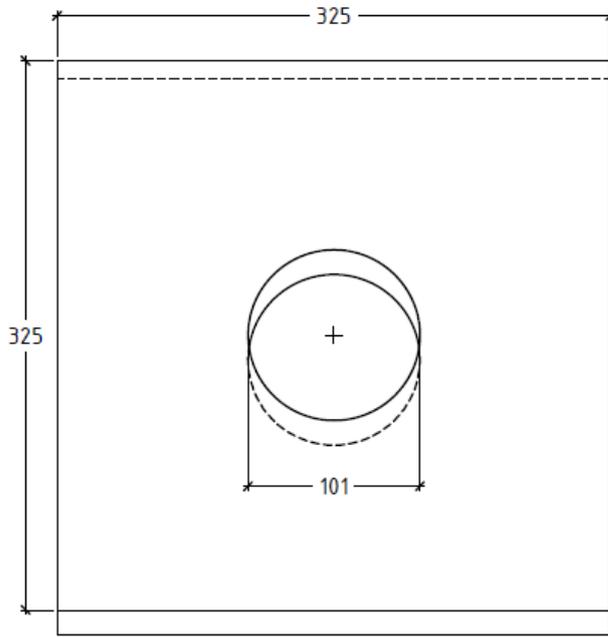
CARA EXTERIOR



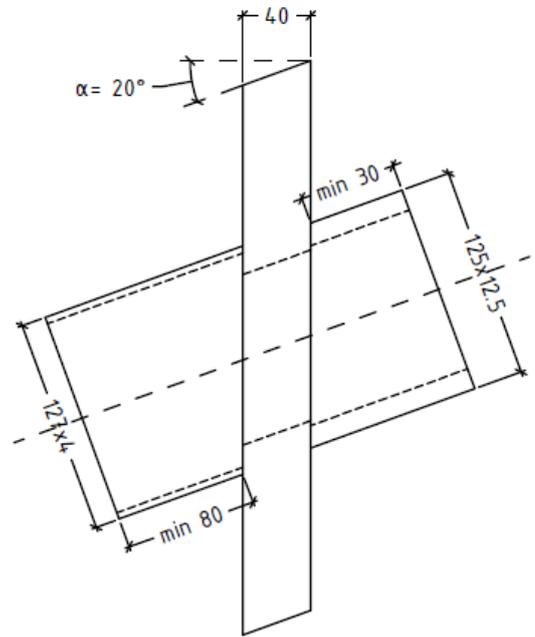
INT

EXT

c) Placa de anclaje para 4 cordones.

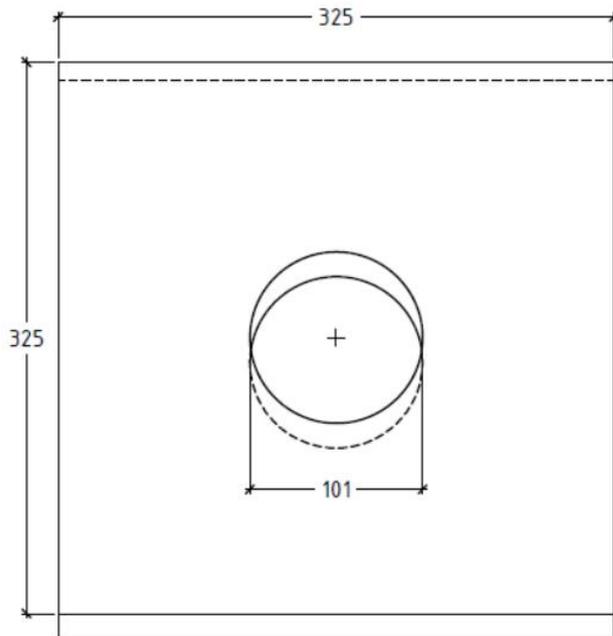


CARA EXTERIOR

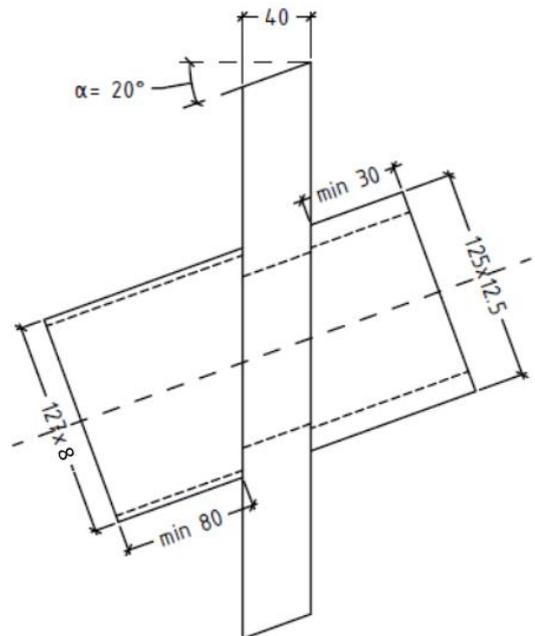


INT EXT

d) Placa de anclaje para 5 cordones.

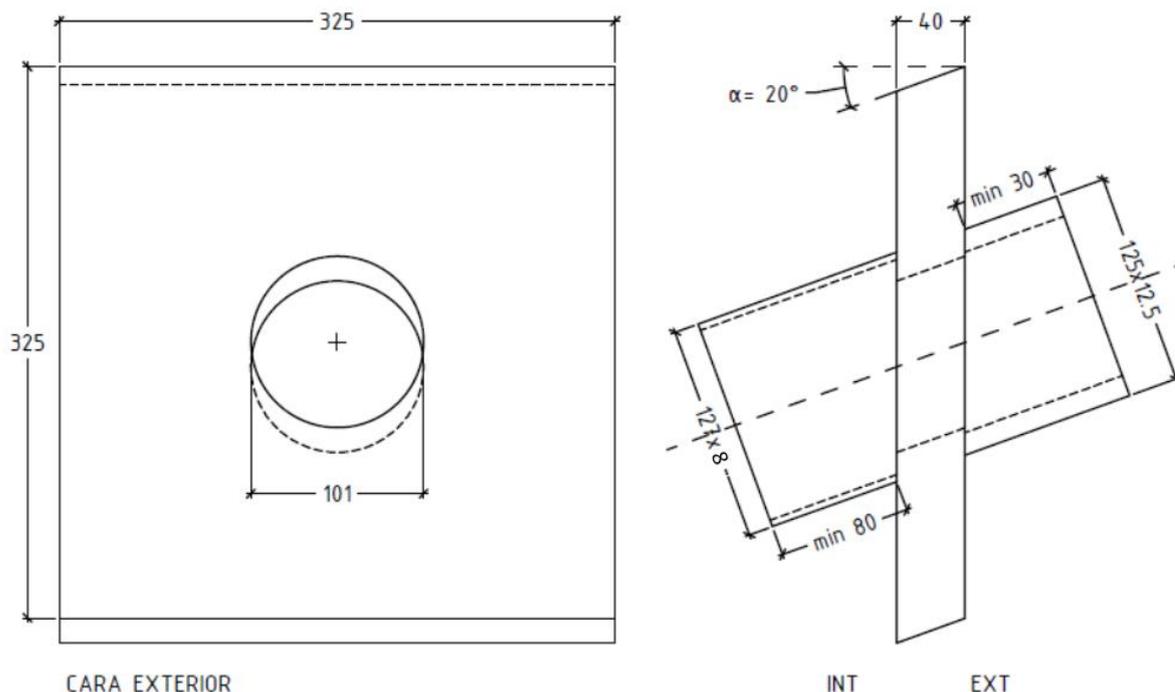


CARA EXTERIOR



INT EXT

e) Placa de anclaje para 6 cordones.



f) Placa de anclaje para 7 cordones.

#### A.1.4. Tubos de acero que proporcionan la inclinación del tendón

Los tubos de acero entre el cabezal de anclaje y la placa de anclaje proporcionan la inclinación necesaria del tendón con respecto a la estructura de soporte.

Los tubos están hechos de acero de calidad S355J2 (1.0577) según la norma EN 10025-2, de acuerdo con la norma EN 10210-1. Sus dimensiones se dan en la siguiente tabla.

**Tabla A.2:** Dimensiones del tubo de acero que proporciona la inclinación del tendón.

Número de cordones	Diámetro exterior [mm]	Espesor [mm]	Longitud mínima [mm]
2	101	9	30
3	101	9	
4	108	8	
5	125	12,5	
6			
7			

El área de soporte del cabezal de anclaje en el tubo de acero es la misma que el área de soporte del tubo de acero en la placa de anclaje, de modo que las cargas de compresión se transfieren desde el cabezal de anclaje a la placa de anclaje a través del tubo de acero sin ser alteradas.

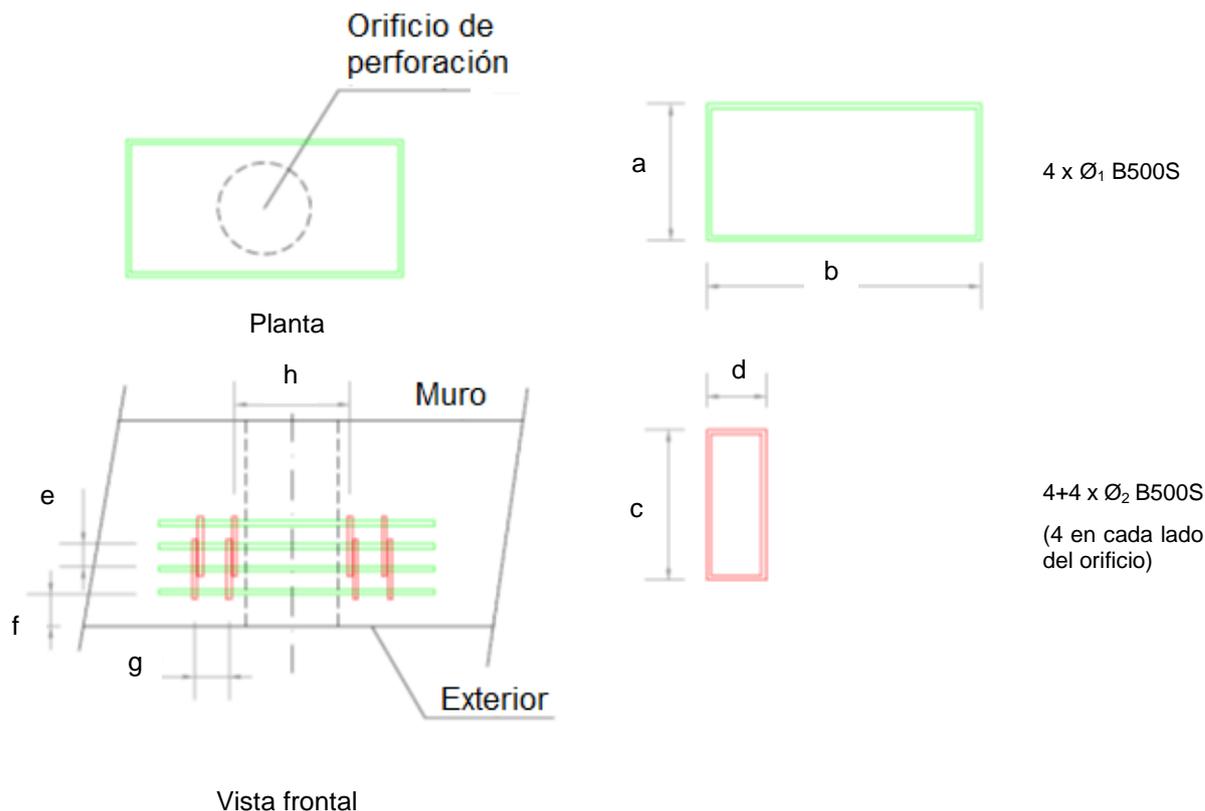
#### A.1.5. Armadura de refuerzo local de la zona de anclaje

La armadura de refuerzo local de la zona de anclaje de las estructuras de hormigón se basa en cercos de barras corrugadas de acero  $R_e \geq 500$  MPa, dispuestos en paralelo y en perpendicular al orificio de perforación de acuerdo con la siguiente tabla.

No se requiere la verificación de la transferencia de fuerzas de pretensado a la estructura de hormigón si se cumplen la calidad y las dimensiones de las armaduras de refuerzo local, así como el espaciado entre centros de anclajes y las distancias hasta los bordes de los anclajes (véanse las tablas A.3 y A.7).

En caso de requerirse para un diseño específico de proyecto, las armaduras indicadas en la tabla A.3 podrán ser modificadas de acuerdo con las respectivas normativas vigentes en el lugar de uso, así como con la correspondiente aprobación de las autoridades locales y del titular de la ETE con el fin de proporcionar unas prestaciones equivalentes.

**Figura A.4:** Esquema de las armaduras paralelas y perpendiculares al orificio de perforación.



**Nota:**

- Las dimensiones en la figura se indican en la siguiente tabla:

**Tabla A.3:** Características de los cercos longitudinales y transversales de las armaduras de refuerzo local de la zona de anclaje.

Número de cordones	Dimensiones [mm]									
	a	b	c	d	e	f	g	h	Ø <sub>1</sub>	Ø <sub>2</sub>
2	200	330	200	200	100	100	75	250	8	8
3, 4, 5	250	430	250	200	100	100	75	250	10	10
6, 7	250	430	250	200	120	120	75	250	12	10

Adicionalmente, para los anclajes con 6 y 7 cordones, se añade una armadura de refuerzo en espiral. Las dimensiones de esta armadura se indican en la siguiente tabla:

**Tabla A.4:** Características de la armadura de refuerzo en espiral.

Diámetro exterior de la espiral [mm]	Número de vueltas [-]	Distancia entre vueltas [mm]	Longitud total [mm]	Diámetro [mm]
--------------------------------------	-----------------------	------------------------------	---------------------	---------------

170	10	50	500	12
-----	----	----	-----	----

## A.2 Componentes de protección frente a la corrosión para la opción de protección limitada frente a la corrosión (PLL)

### A.2.1. Lechada de cemento externa

La lechada de cemento externa de acuerdo con la norma EN 447 protege el tendón en la longitud de anclaje y llena el espacio entre las vainas individuales de PE y el orificio de perforación en la longitud libre.

Las recomendaciones de la lechada de cemento son:

- Contenido mínimo de cemento: 800 kg de cemento por m<sup>3</sup> de lechada.
- Relación agua/cemento: inferior a 0,5 (más de 2 kg de cemento por litro de agua).
- Condiciones de mezcla mecánica.
- Tipo de cemento: CEM I 42,5 SR de acuerdo con la norma EN 197-1.
- Agua de acuerdo con la norma EN 1008.
- Los aditivos, si se utilizan, deben estar de acuerdo con la norma EN 934-4 o EN 934-2.
- El humo de sílice, si se añade, debe estar de acuerdo con la norma EN 13263.

Sin embargo, se pueden utilizar lechadas de cemento con otras características si son requeridas en el lugar de uso, teniendo en cuenta la clase de exposición definida en la norma EN 206-1.

### A.2.2. Vaina individual de PE

Vaina individual lisa de PE de dimensiones  $20 \pm 0,2$  mm x  $1,2 \pm 0,2$  mm (diámetro x espesor), y PN 20, de acuerdo con la norma UNE 53367-1.

### A.2.3. Material fluido de relleno para la protección frente a la corrosión

Las fundas individuales de PE con cordones de acero pretensado de 7 cables en el interior están rellenas de grasa de litio SIL Grease L-EP-2, solo en la longitud libre.

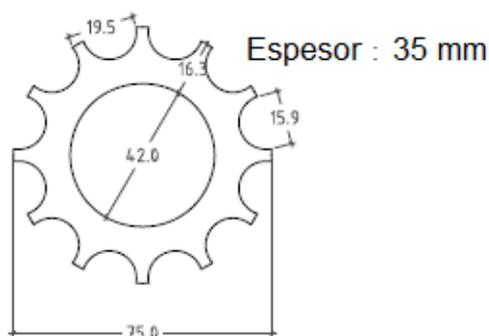
## A.3 Componentes auxiliares

### A.3.1. Separadores en forma de estrella

Elementos poliméricos (PE) utilizados para separar los cordones en el tendón. Los cordones están dispuestos en los orificios perimetrales y el orificio central es utilizado para el tubo de inyección.

El diámetro interior del separador en forma de estrella es de 42 mm. Se sitúan con una separación de entre 0,5 m y 2,0 m. Se coloca una capa de cinta o cinta de fibra de vidrio reforzada a ambos lados del espaciador para evitar su desplazamiento.

Figura A.5: Separadores en forma de estrella.

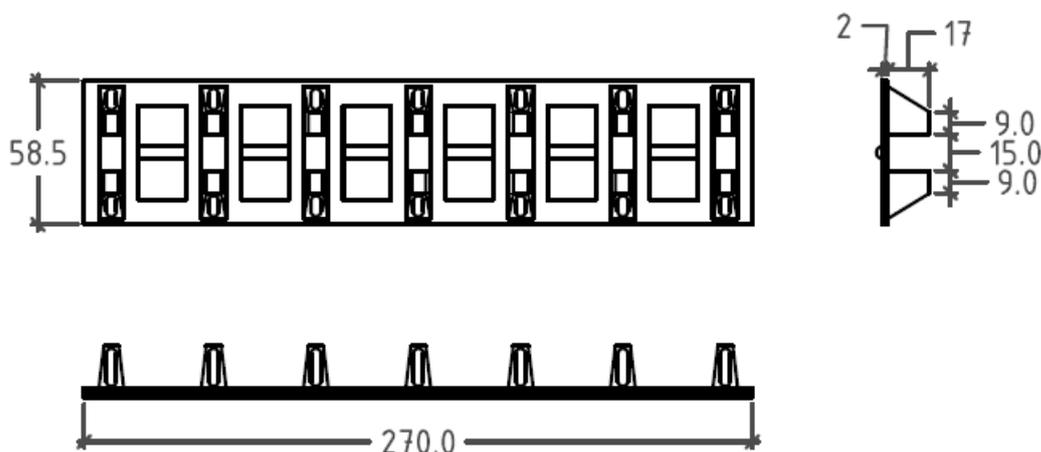


### A.3.2. Dispositivo de centrado

Elementos poliméricos (PE) utilizados para garantizar la distancia entre los cordones del tendón y el orificio de perforación.

Los dispositivos de centrado son complementarios a los Separadores en forma de estrella. Sus dimensiones son: ancho total = 58,5 mm ± 5 mm; altura total = 19 mm ± 2 mm, longitud total = 270 mm ± 5 mm.

Figura A.6: Dispositivo de centrado.



### A.3.3. Caperuzas para el anclaje activo

Las caperuzas para el anclaje activo son tubos de acero con un extremo cerrado, de 130 mm o 150 mm de diámetro exterior, 3 mm de espesor y entre 300 mm y 1.000 mm de longitud según la longitud del tendón fuera del cabezal del anclaje.

Las caperuzas para el anclaje activo se fijan al cabezal del anclaje por medio de una varilla M8.

Las caperuzas están provistas de un recubrimiento metálico de acuerdo con la norma EN ISO 1461, de al menos 275 g/m<sup>2</sup> (Z275). Además, se pueden rellenar con grasa si es necesario.

### A.4 Dimensiones del orificio de perforación

Las dimensiones del orificio de perforación de acuerdo con el tamaño del tendón se dan en la tabla a continuación.

Tabla A.5: Dimensiones del orificio de perforación.

Número de cordones del tendón	Dimensiones del orificio de perforación (diámetro) [mm]
2	110
3	110
4	140
5	140
6	140
7	140

### A.5 Espaciado mínimo entre centros de anclajes y distancia al borde

El espaciado mínimo entre centros de tendones adyacentes (CD) y la distancia desde el tendón hasta los bordes de la estructura (ED) se toman de los ensayos de resistencia a la transferencia de carga y dependen de la clase resistente del hormigón.

A continuación, se indican las dimensiones de la sección transversal de referencia, a y b, de los prismas de hormigón ensayados en compresión axial, así como la clase resistente del hormigón:

**Tabla A.6:** Dimensiones de la sección transversal de referencia de los prismas de hormigón ensayados en compresión axial.

Número de cordones del tendón	Dimensiones de la sección transversal [mm]		Resistencia del hormigón ( $f_{cm,0,cil}$ ) [MPa]	
	a	b		
2	500	500	20	33
4	600	600	20	33
5	600	600	20	33
7	600	600	28	33

El espaciado mínimo entre centros de anclajes en las estructuras en las direcciones x- e y-, x e y, y las distancias mínimas hasta los bordes se derivan de la siguiente regla:  $A_c = x \cdot y \geq a \cdot b$ .

La distancia real del espaciado entre centros y la distancia hasta los bordes de la estructura deberán cumplir con:

$$x \geq 0,85 \cdot a$$

$$y \geq 0,85 \cdot b$$

Las distancias hasta los bordes de la estructura se calculan con el espaciado entre centros en dirección x- e y- por:

$$e_x = \frac{x}{2} - 10 \text{ mm} + c$$

$$e_y = \frac{y}{2} - 10 \text{ mm} + c$$

Donde:

$e_x, e_y$ : distancia hasta los bordes en dirección x- e y-, respectivamente.

c: recubrimiento de hormigón en la estructura según sea necesario en el lugar de uso.

**Tabla A.7:** Espaciado mínimo entre centros de anclajes en las estructuras en direcciones x- e y-, x e y, y distancias mínimas hasta los bordes.

Número de cordones del tendón	Espaciado mínimo entre centros de anclajes [mm]		Distancias mínimas hasta los bordes (1) [mm]	
	x	y	$e_x$	$e_y$
2	425	425	232,5	232,5
3	425	425	232,5	232,5
4	510	510	275	275
5	510	510	275	275
6	510	510	275	275
7	510	510	275	275

**Nota:**  
(1) Se considera un recubrimiento de hormigón de 30 mm.

### A.6 Resistencia del hormigón en el momento de tesado

Se utiliza hormigón de acuerdo con la norma EN 206.

**Tabla A.8:** Resistencia del hormigón en el momento de tesado.

Número de cordones	$f_{cm,0,cil}$ [MPa]						$f_{cm,0,cub}$ [MPa]					
	2	3	4	5	6	7	2	3	4	5	6	7
Clase de resistencia del hormigón inferior	20			28			25			35		

Clase de resistencia del hormigón superior	<b>33</b>	<b>41</b>
--	-----------	-----------