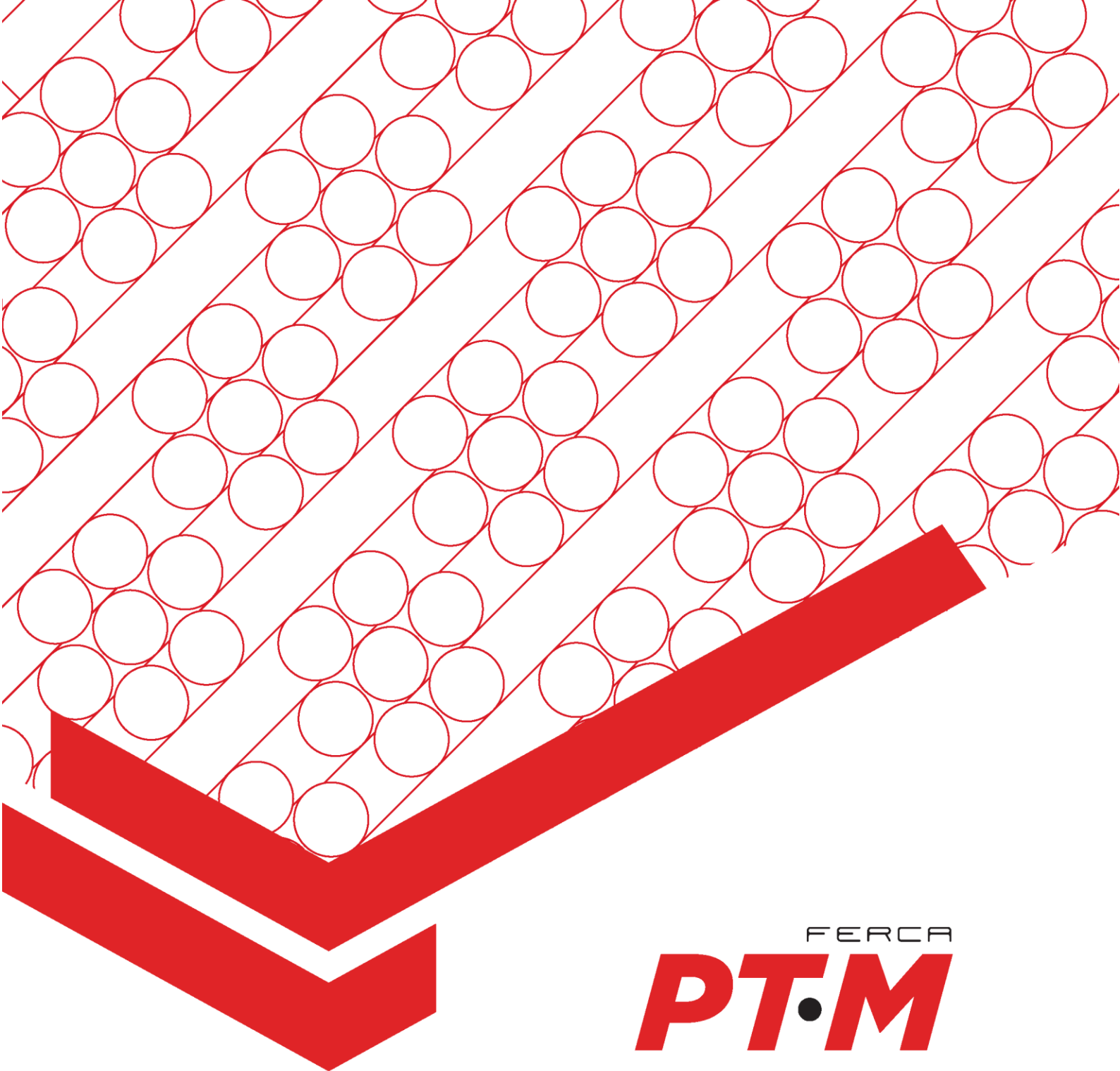




FERCA  
***PT·M***

## MANUAL TÉCNICO *PTM*

*RSF - Sistema de Postensado Para  
Losas*







# Manual Técnico – Sistema PTM – Sistema de Postensado Para Losas de RSF

## ÍNDICE

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN AL SISTEMA PTM - RSF.....</b>                     | <b>4</b>  |
| <b>¿QUIÉN ES RSF?.....</b>                                        | <b>5</b>  |
| SISTEMAS RSF.....                                                 | 5         |
| CALIDAD RSF.....                                                  | 7         |
| <b>POR QUÉ UTILIZAR POSTENSADO.....</b>                           | <b>8</b>  |
| PRINCIPIOS.....                                                   | 9         |
| SISTEMAS.....                                                     | 9         |
| VENTAJAS.....                                                     | 10        |
| <b>ACERO.....</b>                                                 | <b>12</b> |
| <b>SISTEMA RSF-MO - ANCLAJES PARA MONOTORÓN.....</b>              | <b>13</b> |
| CONFIGURACIÓN DEL ANCLAJE - SISTEMA MO.....                       | 14        |
| DISTANCIAS AL BORDE Y ENTRE ANCLAJES - SISTEMA MO.....            | 15        |
| <b>SISTEMA RSF MT4 – ANCLAJES PARA CABLES DE VAINA PLANA.....</b> | <b>16</b> |
| CONFIGURACIÓN DE LOS ANCLAJES - SISTEMA MT.....                   | 17        |
| TROMPLACAS.....                                                   | 19        |
| BLOQUE DE ANCLAJE.....                                            | 19        |
| VAINAS.....                                                       | 20        |
| VAINA DE POLIETILENO PLANA "SPE".....                             | 21        |
| DISTANCIAS AL BORDE Y ENTRE ANCLAJES - SISTEMA MT.....            | 22        |
| <b>ACCESORIOS.....</b>                                            | <b>23</b> |
| BASE DE PURGA PARA EL SISTEMA RSF-MT.....                         | 23        |
| MESA DE DESACUÑAMIENTO.....                                       | 24        |



|                                               |           |
|-----------------------------------------------|-----------|
| <b>EQUIPO.....</b>                            | <b>25</b> |
| GATO DE TESADO PTM PARA SISTEMA MO Y MT4..... | 25        |
| BOMBAS HIDRÁULICAS .....                      | 25        |
| BOMBA DE INYECCIÓN PARA SISTEMA MT4 .....     | 26        |
| <b>PAVIMENTOS INDUSTRIALES.....</b>           | <b>27</b> |
| VENTAJAS DE UN PAVIMENTO POSTENSADO.....      | 30        |

## INTRODUCCIÓN AL SISTEMA PTM - RSF

El sistema **RSF Rudloff StrongForce International** se desarrolló para crear un concepto integrado de soluciones de pretensado, con aplicación en puentes y viaductos, geotecnia y edificación, capaz de posicionar el sistema en un mercado internacional de gran exigencia técnica y competitiva. Basado en una intensa investigación y en la experiencia en la fabricación de anclajes y equipos específicos para la construcción, y perteneciendo a un grupo del sector del acero, **RSF Rudloff StrongForce International** opera hoy en áreas como:

- Pretensado en puentes y viaductos;
- Pretensado en edificación;
- Sistemas de consolidación geotécnica;
- Equipos hidráulicos para tiro, empuje, inyección o líneas de producción;
- Aparatos de apoyo y juntas de dilatación para puentes;
- Pavimentos industriales.

Con un experimentado departamento técnico dedicado a la definición y fabricación de los distintos componentes y accesorios del sistema, medios propios de fabricación y ensayo y una amplia gama de equipos, anclajes y accesorios, el sistema **RSF SLAB PT** se presenta como una solución global para responder a las exigencias del mercado.

El sistema **RSF RUDLOFF STRONGFORCE** está certificado por la European Organization for Technical Assessment (EOTA), según el certificado **ETA 22/0120** (European Technical Assessment) para pretensado con monotorón no adherente y pretensado en anclajes planos adherentes de 2/3/4/5 torones, lo que avala su calidad e idoneidad para su uso en las más diversas situaciones y configuraciones.

El **RSF Slab Post-tensioning System** dispone de Certificado de Constancia de Prestaciones n.º **1220-CPR-2252**, emitido conforme al Reglamento (UE) 305/2011.

La elaboración de este "Manual de Procedimientos", responsabilidad de **FERCA**, complementa la información recogida en las certificaciones del sistema. Su objetivo es aclarar a los intervinientes, en fase de proyecto o de obra, la composición del sistema, los procedimientos de cada fase de aplicación, la definición de la estructura de producción y la identificación de los riesgos de cada actividad, permitiendo además un mayor control por parte de la dirección facultativa de todo el proceso productivo, desde el proyecto de aplicación hasta los informes finales de nuestra actividad.





## ¿QUIÉN ES RSF?

RSF (Rudloff StrongForce International) surge de una joint venture estratégica entre la brasileña Rudloff Industrial y la australiana StrongForce; la sociedad resultante opera bajo la denominación Rudloff StrongForce International LLC, con sede en Dubái, Emiratos Árabes Unidos. Rudloff Industrial se fundó en São Paulo, Brasil, en 1960, y ya en 1954 su fundador había fabricado la primera viga pretensada de Brasil; a lo largo de más de seis décadas se especializó en postensado y en la fabricación de sistemas y componentes estructurales. StrongForce, por su parte, se fundó en 1989 en Queensland, Australia, y se dedica desde hace más de treinta años al diseño y la construcción de soluciones de postensado y al refuerzo estructural. De esta unión nace RSF, empresa especialista en el estudio, diseño y fabricación de sistemas de anclaje y equipos para su ejecución en obra, que ha ampliado su base de conocimiento mediante la inversión continua en el sector. Al servicio de sus clientes desde 1965, RSF está presente en más de 60 países y en los seis continentes, con más de 600 estructuras de ingeniería civil, más de 850 torres eólicas y más de 26 millones de metros cuadrados de edificación ejecutados, con una fuerte implantación tanto en sus mercados de origen como a nivel internacional.



## SISTEMAS RSF

Los sistemas de postensado multitorón de RSF, destinados a puentes, viaductos y grandes estructuras, obtuvieron la Evaluación Técnica Europea ETA 22/0119, bajo la cual llevan el marcado CE conforme a la guía ETAG 013 y su correspondiente EAD. El sistema RSF Multistrand es un sistema de postensado interior adherente, no adherente o exterior, con 4 a 37 torones, disponible en torón de 0,5" y de 0,6", y comprende anclajes activos (AN), anclajes pasivos (PS) y acopladores (CO). Está orientado a cajones y vigas de puentes (prefabricadas u hormigonadas in situ), pilares y losas de transición, vigas de edificación, así como estructuras de contención como depósitos, tanques y silos.

Los sistemas de postensado para losas y pavimentos de RSF —el sistema RSF Slab— están concebidos para el uso de monotorón en sistemas adherentes o no adherentes y disponen de la Evaluación Técnica Europea ETA 22/0120, abarcando configuraciones de 1 a 5 torones. RSF ofrece monotorón no adherente de 0,5" y 0,6" y, en especial, anclajes de monotorón encapsulados, que introducen en el mercado una protección total contra la corrosión.

En resumen, la empresa ha tenido como objetivo ofrecer a sus clientes productos más eficaces, duraderos y sostenibles, respaldados por sistemas con certificación europea (EOTA) y conformes con los principales códigos y normas internacionales, aplicables a proyectos de edificación, infraestructura civil y geotecnia.



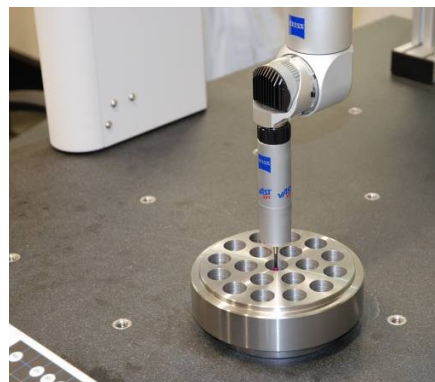
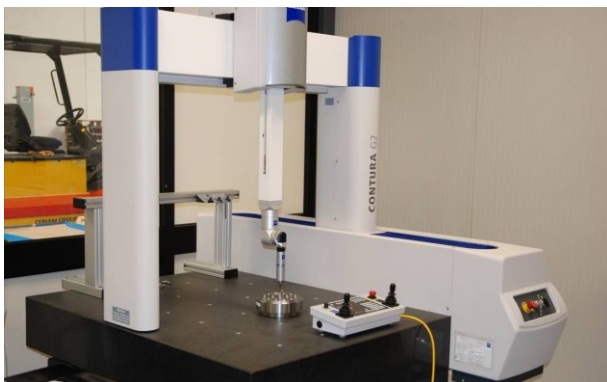
En el ámbito de los sistemas para aplicaciones geotécnicas, RSF ofrece sistemas de anclaje por torón y por barra, para aplicaciones temporales y permanentes, destinados a la estabilización de infraestructuras y a la mejora del terreno. Los sistemas de anclaje al terreno de RSF cumplen la norma europea EN 1537 ("Ejecución de trabajos geotécnicos especiales – Anclajes"). La empresa distingue entre anclajes en suelo y anclajes en roca, abarcando aplicaciones que van desde la contención de excavaciones (tablestacas, tablestacas con muros pantalla, muros de contención de hormigón) hasta la resistencia a las fuerzas de levantamiento por subpresión, pasando por la estabilización de cimentaciones excéntricas, de taludes naturales o excavados, de presas y de cimentaciones de puentes, así como el anclaje de torres eólicas. En los anclajes en roca, la longitud libre puede permanecer no adherente, lo que permite verificar y reapretar el anclaje en cualquier momento, siempre que se asegure una adecuada protección contra la corrosión de la cabeza de anclaje y de la longitud libre.



## CALIDAD RSF

Si se entiende un producto como la suma de los procesos, recursos y conocimiento que lo originan, su nivel de calidad está intrínsecamente ligado a la excelencia de la organización en sus distintos aspectos y a la orientación de las inversiones necesarias para alcanzar dichos objetivos.

Dado que hoy es un objetivo central de la estrategia de la empresa alcanzar un elevado nivel de calidad en sus productos y servicios, RSF opera bajo las certificaciones ISO 9001 (calidad), ISO 14001 (medio ambiente) e ISO 45001 (seguridad y salud en el trabajo), y Rudloff ha implantado un Sistema de Gestión Integrado certificado según ISO 9001. La empresa aplica procedimientos rigurosos de control de calidad (QA/QC) y mantiene un compromiso permanente con prácticas de fabricación de alto nivel.



Además, siempre que es necesario, RSF presta servicios OEM, fabricando productos conforme a las especificaciones exactas de los clientes, y dispone de un equipo técnico cualificado de ingenieros y especialistas que garantiza soporte a lo largo de toda la cadena de suministro, incluido el mantenimiento de equipos y el apoyo técnico posventa, con el fin de asegurar el nivel de calidad exigido a cada pieza fabricada.



## POR QUÉ UTILIZAR POSTENSADO

En la última década, la arquitectura ha asumido un papel central en el proceso de inversión inmobiliaria, siendo responsable de muchos de los factores distintivos de los proyectos y constituyendo, por ello, un valor añadido esencial para su éxito. Esta evolución tiene su raíz en la propia sociedad, que hoy valora no solo el confort y las funcionalidades de los espacios, sino también la imagen y la proyección social que estos aportan. Con este cambio de paradigma se ha producido una profunda transformación en los conceptos de dimensionamiento de las estructuras: hoy se valora más que la solución estructural haga viable la creatividad del arquitecto que los criterios estrictamente técnico-económicos. El pretensado, al permitir ejecutar estructuras esbeltas y audaces, encaja en las exigencias actuales, por lo que su aplicación en edificios es cada vez más habitual y previsiblemente seguirá aumentando su implantación.

El uso de sistemas de pretensado contribuye asimismo a mejorar significativamente los distintos parámetros de calidad de una estructura, no solo a nivel de los procesos, sino también de su durabilidad y de sus prestaciones.

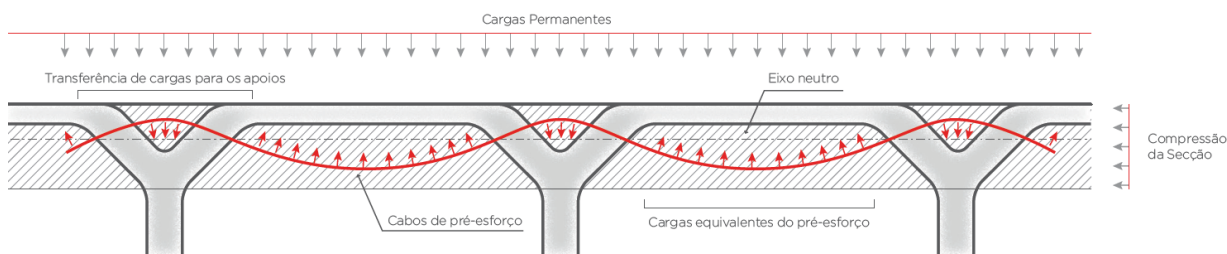




## PRINCIPIOS

Nacidos de la necesidad de salvar grandes luces en puentes y viaductos, los sistemas de pretensado, aplicados posteriormente a la edificación, representan una innovación en el diseño de estructuras al introducir un elemento activo en los elementos estructurales.

Formados por torones de acero de alta resistencia, los cables de pretensado se instalan en el interior de la losa y se fijan en sus extremos mediante anclajes, y posteriormente se tesan con equipos hidráulicos desarrollados a tal efecto. Gracias a su curvatura en alzado y en planta, la aplicación de fuerzas en los cables permite transmitir a la sección de la losa acciones contrarias a los efectos de las cargas gravitatorias. Las cargas equivalentes así generadas aseguran el equilibrio parcial de las solicitaciones de cálculo y crean una compresión generalizada de la sección de la losa que permite reducir la armadura pasiva, eliminar juntas y aumentar la contribución de la sección de hormigón a la resistencia global de la losa.



## SISTEMAS

Los sistemas de pretensado se dividen esencialmente en función de su adherencia al hormigón, denominándose por ello **sistema adherente y no adherente**, y dentro de estos podemos identificar además el uso de monotorón o multitorón.

En los sistemas no adherentes, el acero se suministra en el interior de una vaina plástica y no existe inyección posterior, mientras que en los sistemas adherentes el acero se suministra en torón y se introduce en una vaina que posteriormente se inyecta con lechada de cemento, la cual le confiere total adherencia a la sección de hormigón circundante.

También en cuanto a su uso, los sistemas de monotorón no adherente son los que se aplican con mayor frecuencia en elementos esbeltos, como las losas en la construcción de edificios, mientras que el multitorón adherente se emplea en puentes y viaductos y, en general, en elementos estructurales de mayores dimensiones.

El monotorón autoenvainado es un **sistema no adherente** de uso habitual en edificación, en el que los cables de pretensado están formados por un único torón revestido con una vaina de polietileno rellena de un producto lubricante. Este sistema permite mayores excentricidades, menores pérdidas por rozamiento y mayor flexibilidad en los trazados.

El multitorón en vaina plana o circular es un **sistema adherente** en el que los cables de pretensado están formados por varios torones sin revestir, introducidos en una vaina metálica que posteriormente se inyecta con una lechada de cemento apropiada. Este sistema permite movilizar, en Estado Límite Último, la resistencia máxima del acero de pretensado.

Para el sistema **PTM-RSF SLAB PT** se utilizan tanto el sistema adherente con vaina plana **RSF-MT4** como el sistema no adherente **RSF-MO**.

## VENTAJAS

Las ventajas de aplicar sistemas de pretensado abarcan consideraciones de orden estructural —en cuanto a luces, esbeltez y prestaciones—, económico y ambiental.

### Comportamiento

- Aumento de las luces libres,
- Reducción del número de pilares;
- Reducción del peso propio de la estructura;
- Reducción del espesor de las losas;
- Mayor control de la deformabilidad;
- Mejora de la resistencia al punzonamiento;
- Reducción o eliminación de juntas;
- Mejora del comportamiento sísmico;
- Mejora del comportamiento frente a la retracción;

### Economía

- Reducción del consumo de hormigón y acero;
- Ahorro en los elementos verticales y las cimentaciones;
- Revalorización comercial de los amplios espacios creados;
- Aumento del nº de plazas de aparcamiento por m²;

### Sostenibilidad

- Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>;
- Mayor eficiencia en el uso de los recursos naturales.







## ACERO

Las armaduras de pretensado están formadas por torones de 7 alambres y se caracterizan por elevados valores de resistencia y bajos coeficientes de relajación. En general, los aceros de pretensado se denominan normal (T15), super (T15S) y compacto (T15C), a los que corresponden secciones de 140, 150 y 165 mm<sup>2</sup> respectivamente. Para más información, consulte la norma europea EN 10138.

Todos los sistemas de anclaje fabricados por RSF RUDLOFF STRONGFORCE están certificados por la European Technical Approval para los tres tipos de acero presentes en el mercado.



| Diámetro    | Norma    | Tipo de Acero | Diámetro Nominal | Área Nominal    | Masa | Fuerza de Rotura | Límite Elástico        | Relajación 1000 h |     |
|-------------|----------|---------------|------------------|-----------------|------|------------------|------------------------|-------------------|-----|
|             |          |               | mm               | mm <sup>2</sup> |      | P <sub>tk</sub>  | a 1% P <sub>0,1k</sub> |                   |     |
|             |          |               |                  |                 | g/m  | kN               | kN                     | %                 | %   |
| 0.6" / T15  | EN 10138 | Normal        | 15.2             | 140             | 1095 | 260              | 230                    | 2.5               | 4.5 |
| 0.6" / T15S | EN 10138 | Super         | 15.7             | 150             | 1170 | 279              | 248                    | 2.5               | 4.5 |
| 0.6" / T15C | EN 10138 | Compacto      | 15.2             | 165             | 1290 | 300              | 264                    | 2.5               | 4.5 |

Módulo de Elasticidad = 195 +/- 10 kN/mm<sup>2</sup>

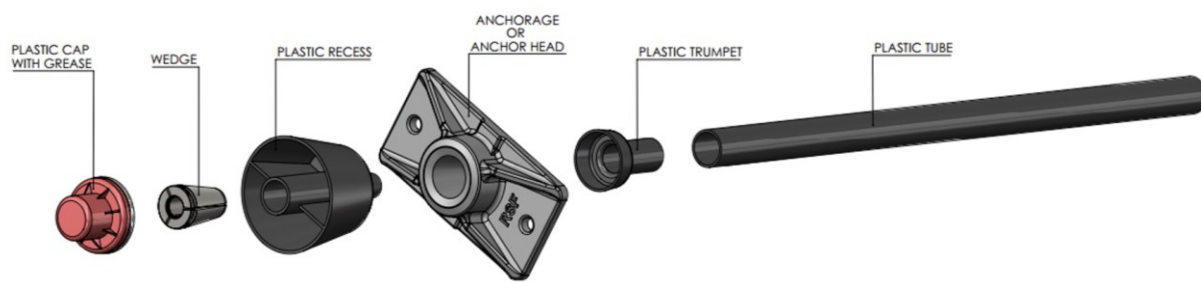
## SISTEMA RSF-MO - ANCLAJES PARA MONOTORÓN

Los anclajes de cable RSF RUDLOFF STRONGFORCE se fabrican para uso adherente y no adherente y se envían a obra con todos los accesorios necesarios para su instalación; su fabricación cumple la Guía de Evaluación ETAG 013.

La serie de anclajes de cable "MO" está formada por los siguientes componentes: cabeza de anclaje en acero C40-45 UNI EN 10083-2, cuñas en acero 16NiCrS4Pb UNI EN 10277-4 y conexión en H.D.P.E. UNI EN ISO 1872-1 para unir la cabeza de anclaje al torón.

El anclaje está preparado para su uso con acero de las clases T15, T15S y T15C y está certificado por la ETA 22/0120 para sistemas de monotorón.

Los anclajes activos para sistema no adherente del tipo "MO" se suministran con tubo de conexión para el acero autoenvainado en la parte posterior del anclaje, con el fin de evitar la adherencia del acero tras el hormigonado, y están preparados para recibir el elemento de encofrado que crea el negativo para ejecutar el tesado.



Los anclajes pasivos son idénticos a los activos, si bien se someten a un preacuíamiento de la cuña antes de la instalación de los cables, todavía en fase de preparación del montaje. El preacuíamiento se realiza con equipos de accionamiento hidráulico, en concreto un émbolo hidráulico y una mesa metálica auxiliar.

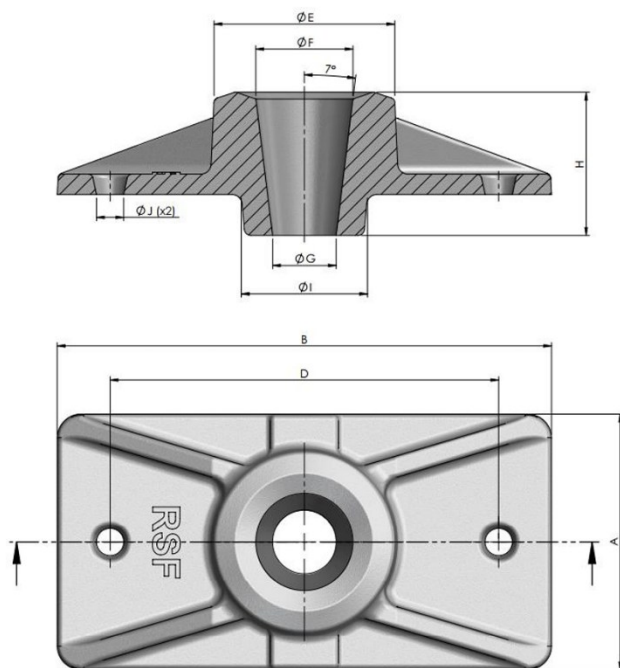
Los anclajes presentan características que garantizan la fijación del acero en su interior, así como su fijación al panel de encofrado, para asegurar su correcto posicionamiento en las distintas fases del proceso.

Los anclajes más habituales en la aplicación de monotorones son los designados MO para el extremo activo y pasivo; su configuración permite un uso rápido y eficaz, con un mayor nivel de protección frente a los fenómenos de corrosión.

Cuando se utiliza en sistemas no adherentes, el anclaje "MO" se suministra con tubo de conexión para el acero autoenvainado en la parte posterior, con el fin de evitar la adherencia del acero tras el hormigonado, y con una cápsula rellena de grasa lubricante y muelle de presión que permite activar las cuñas manualmente y sin preacuíamiento del anclaje.



## CONFIGURACIÓN DEL ANCLAJE - SISTEMA MO



| Dimensiones (mm) | 1Ø 15,2/15,7 |
|------------------|--------------|
| A                | 75           |
| B                | 145          |
| D                | 114          |
| ØE               | 53           |
| ØF               | 28.5         |
| ØG               | 18.7         |
| H                | 42           |
| ØI               | 37           |
| ØJ               | 8            |

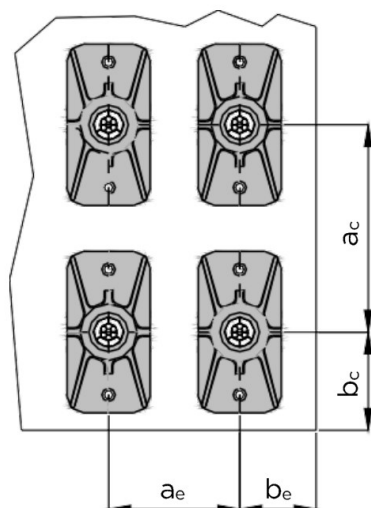
Dimensiones del anclaje MO

| Resistencia a Tracción Característica y Fuerza de Pretensado del Sistema de Postensado RSF MO |                   |                                        |              |                                          |                                                  |                             |                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------|--------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Designación                                                                                   | Número de Torones | Área de la Sección Transversal Nominal | Masa Nominal | Valor Característico de la Fuerza Máxima | Fuerza al 0,1 % del Límite Elástico Convencional | Fuerza Máxima de Pretensado | Fuerza Máxima de Sobretensado |
|                                                                                               | n                 | $A_p$                                  | M            | $F_{pk}$                                 | $F_{p 0,1}$                                      | $0,9 \cdot F_{p 0,1}$       | $0,95 \cdot F_{p 0,1}$        |
|                                                                                               |                   | mm <sup>2</sup>                        | kg/m         | kN                                       | kN                                               | kN                          | kN                            |
| 1 Ø15,2                                                                                       | 1                 | 140                                    | 1.126        | 260                                      | 239                                              | 215.10                      | 227.05                        |
| 1 Ø15,7                                                                                       | 1                 | 150                                    | 1.172        | 279                                      | 246                                              | 221.40                      | 233.70                        |



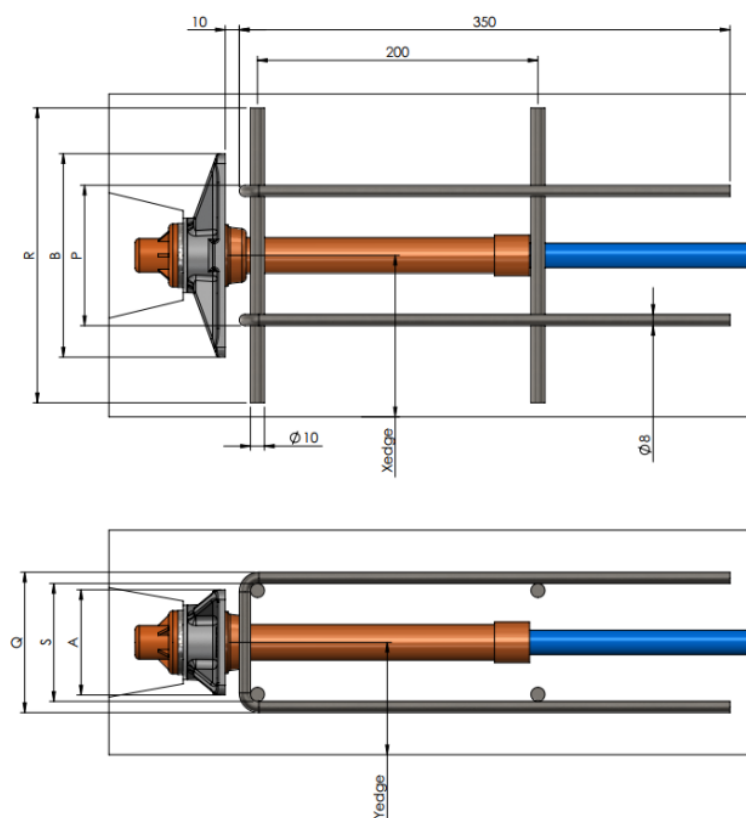
## DISTANCIAS AL BORDE Y ENTRE ANCLAJES - SISTEMA MO

Las dimensiones indicadas corresponden a un hormigón C20/25 y pueden reducirse conforme a la ETA 22/0120.



|                |            |     |
|----------------|------------|-----|
| Entre Anclajes | $a_c$ [mm] | 196 |
|                | $a_e$ [mm] | 136 |

|          |            |     |
|----------|------------|-----|
| Al Borde | $b_c$ [mm] | 113 |
|          | $b_e$ [mm] | 83  |



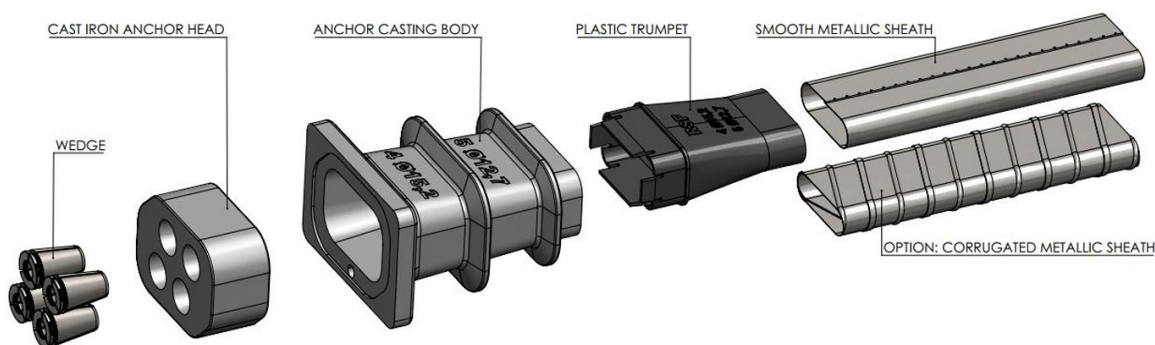
| Dimensiones (mm) | 1 Ø15,2 / Ø15,7 |
|------------------|-----------------|
| A                | 75              |
| B                | 145             |
| P                | 101             |
| Q                | 100             |
| R                | 210             |
| S                | 84              |



## SISTEMA RSF MT4 – ANCLAJES PARA CABLES DE VAINA PLANA

El sistema "MT4" de RSF RUDLOFF STRONGFORCE se ha diseñado para cumplir íntegramente la directriz ETAG 013 y cuenta con la Evaluación Técnica Europea ETA 22/0120. Este sistema está formado por: una cabeza de anclaje, cuñas y trompeta metálica y plástica. Las simulaciones realizadas con programas de elementos finitos, junto con los ensayos de laboratorio, permitieron diseñar un anclaje compacto y conforme con la ETAG 013.

Las trompetas metálicas de los anclajes de la serie "MT" disponen de una cara plana para el encaje de la cabeza de anclaje, orificios de conexión a la campana de inyección y al encofrado, y un orificio de inyección corrugado para fijar el tubo de inyección. Están fabricadas en acero EN-GJS 500-7 EN-JS-1050, lo que les confiere una elevada resistencia a las sollicitaciones. Son soldables, lo que garantiza el máximo nivel de seguridad durante la aplicación. Los torones se acuan en la cabeza de anclaje en acero C40-45 UNI EN 10083/1, provista de orificios cónicos con la forma de las cuñas de retención, fabricadas en acero al níquel 16NiCr4Pb UNI EN 10277-4.



La unión entre el anclaje y las vainas se realiza mediante un cono plástico de H.D.P.E. que garantiza el correcto desvío de los torones y la minimización de las pérdidas. Todas las trompetas metálicas disponen de orificios roscados que permiten su fijación al encofrado mediante varilla roscada o tornillos.

En general, los anclajes se componen de:

1. Cuñas tripartidas
2. Bloque de anclaje
3. Cabezal de anclaje
4. Trompeta plástica de transición
5. Elementos accesorios.

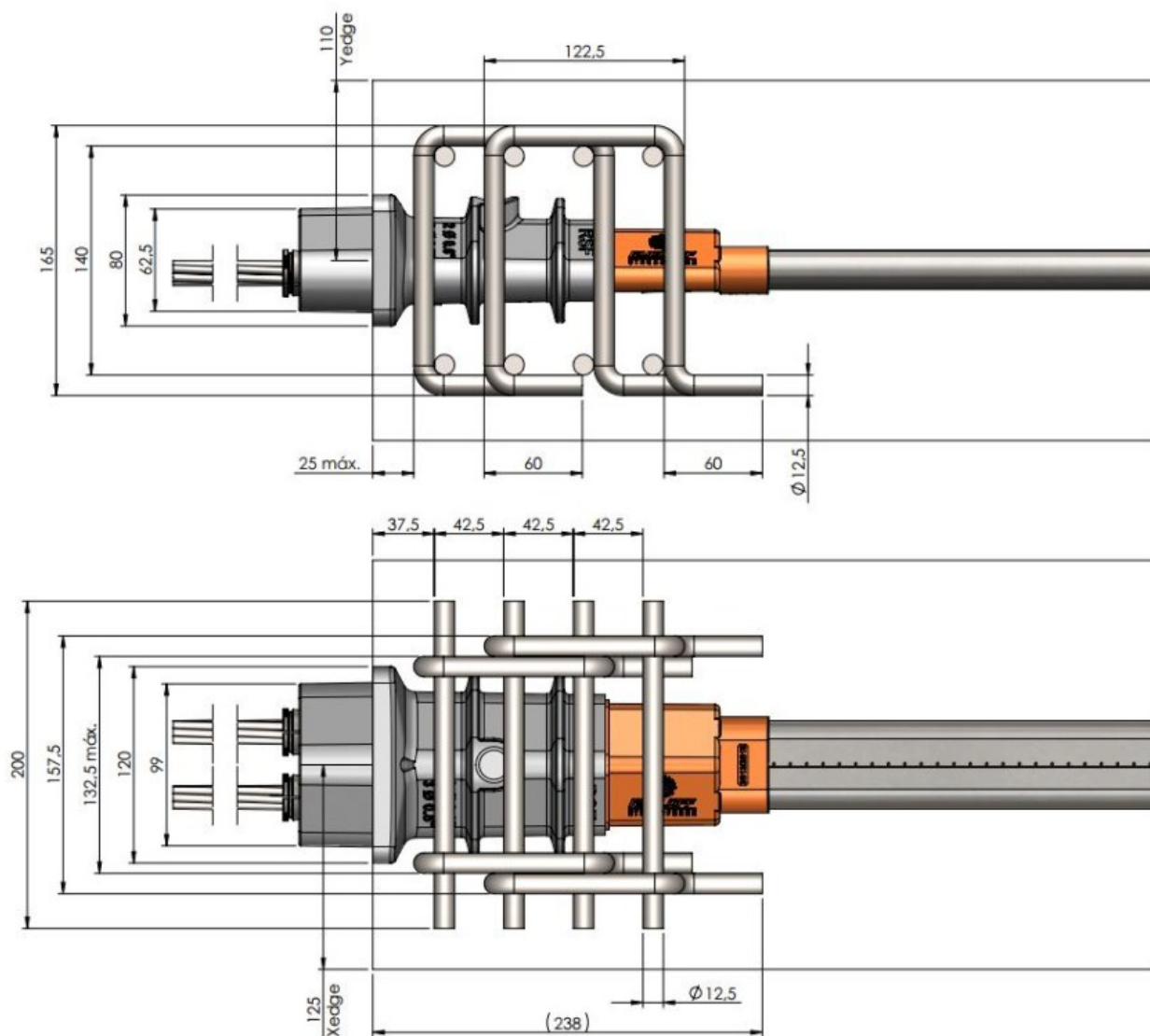
| Resistencia a Tracción Característica y Fuerza de Pretensado del Sistema de Postensado RSF |                   |                                        |              |                                          |                                                  |                             |                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------|--------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Designación                                                                                | Número de Torones | Área de la Sección Transversal Nominal | Masa Nominal | Valor Característico de la Fuerza Máxima | Fuerza al 0,1 % del Límite Elástico Convencional | Fuerza Máxima de Pretensado | Fuerza Máxima de Sobretensado |
|                                                                                            | n                 | $A_p$                                  | M            | $F_{pk}$                                 | $F_{p 0,1}$                                      | $0,9 \cdot F_{p 0,1}$       | $0,95 \cdot F_{p 0,1}$        |
|                                                                                            |                   | mm <sup>2</sup>                        | kg/m         | kN                                       | kN                                               | kN                          | kN                            |
| 2 Ø15,2                                                                                    | 2                 | 280                                    | 2.252        | 532                                      | 478                                              | 430.20                      | 454.10                        |
| 2 Ø15,7                                                                                    | 2                 | 300                                    | 2.344        | 558                                      | 492                                              | 442.80                      | 467.40                        |
| 4 Ø15,2                                                                                    | 4                 | 560                                    | 4.504        | 1,064                                    | 956                                              | 860.40                      | 908.20                        |
| 4 Ø15,7                                                                                    | 4                 | 600                                    | 4.688        | 1,116                                    | 984                                              | 885.60                      | 934.80                        |



## CONFIGURACIÓN DE LOS ANCLAJES - SISTEMA MT

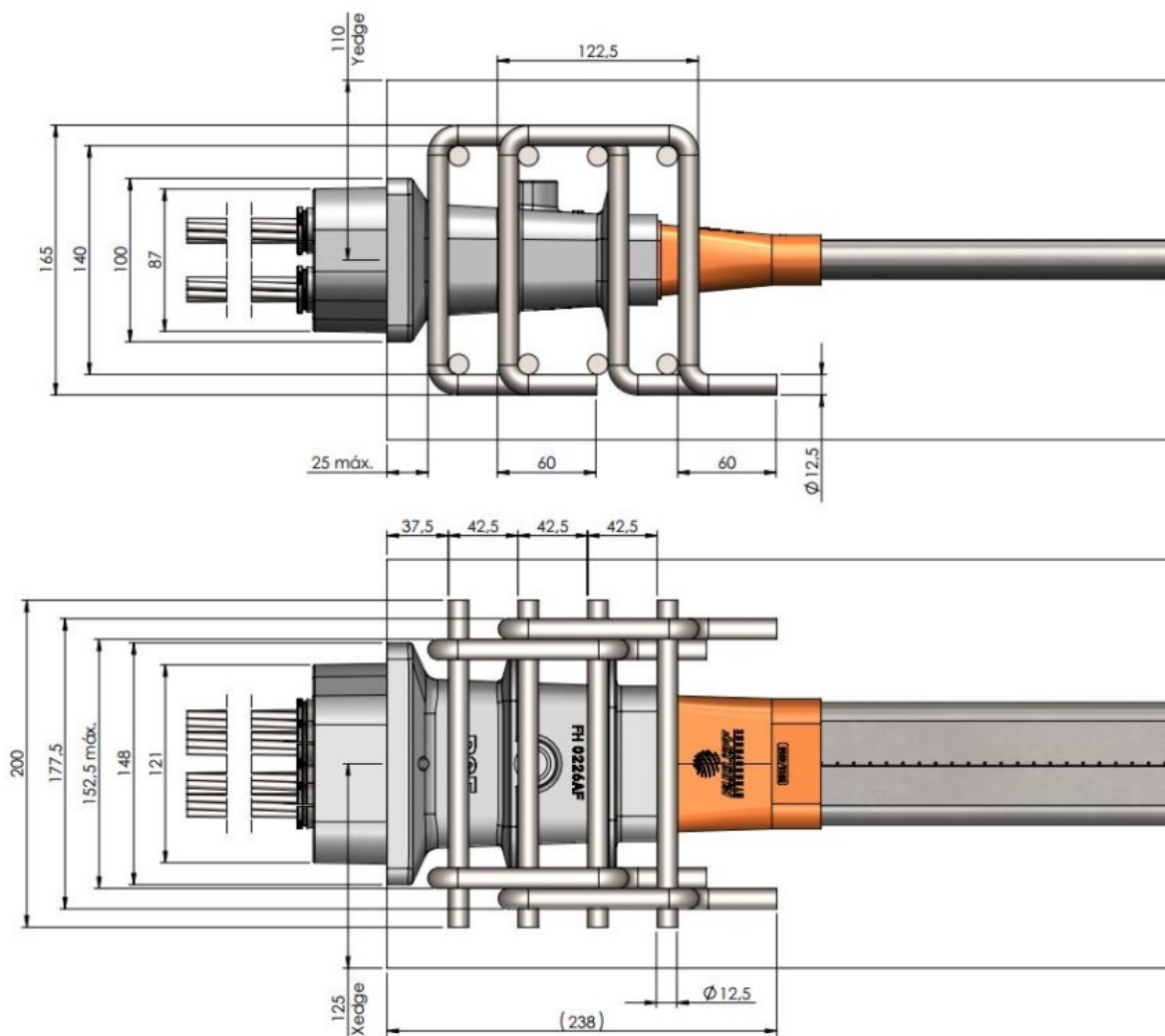
Los anclajes RSF "MT" tienen las siguientes dimensiones:

Para los anclajes de 2 cables:



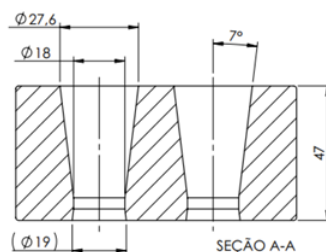
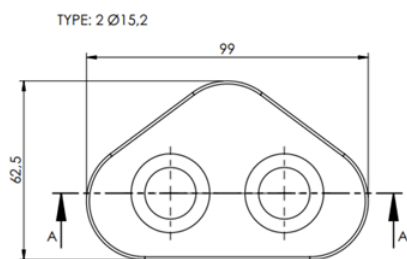


Para los anclajes de 4 cables:

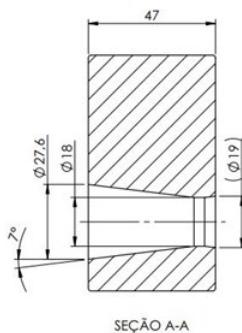
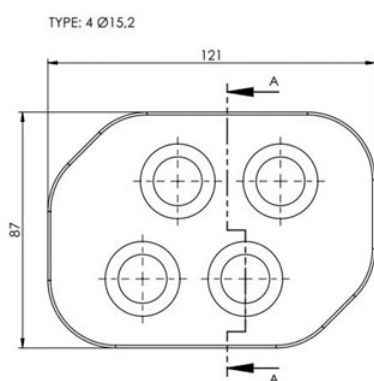
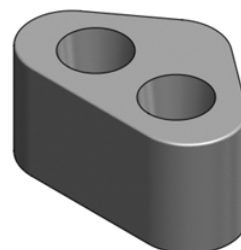




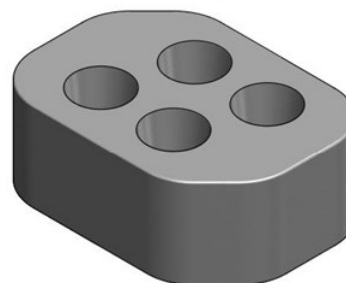
## TROMPLACAS



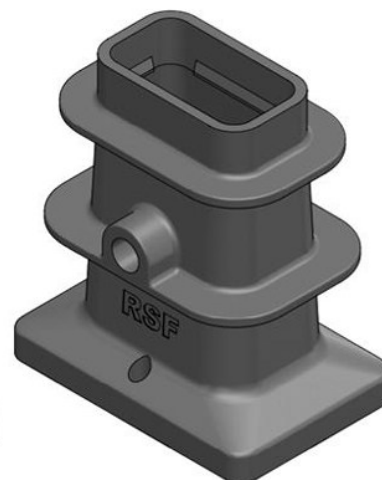
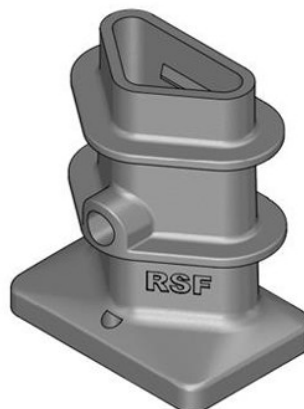
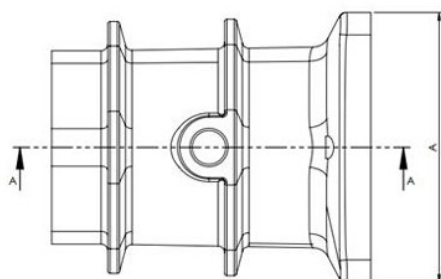
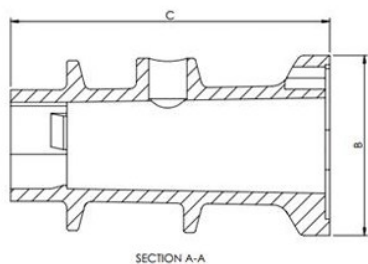
WEIGHT: 1,31 kg



WEIGHT: 2,71 kg



## BLOQUE DE ANCLAJE



| Dimensiones y Peso | 2Ø 15,2 | 4Ø 15,2/15,7 |
|--------------------|---------|--------------|
|                    | 3Ø 12,7 | 5Ø 12,7      |
| A (mm)             | 120     | 148          |
| B (mm)             | 80      | 100          |
| C (mm)             | 142     | 165          |
| Masa (kg)          | 2.23    | 3.56         |

*Dimensiones de la Tromplaca*

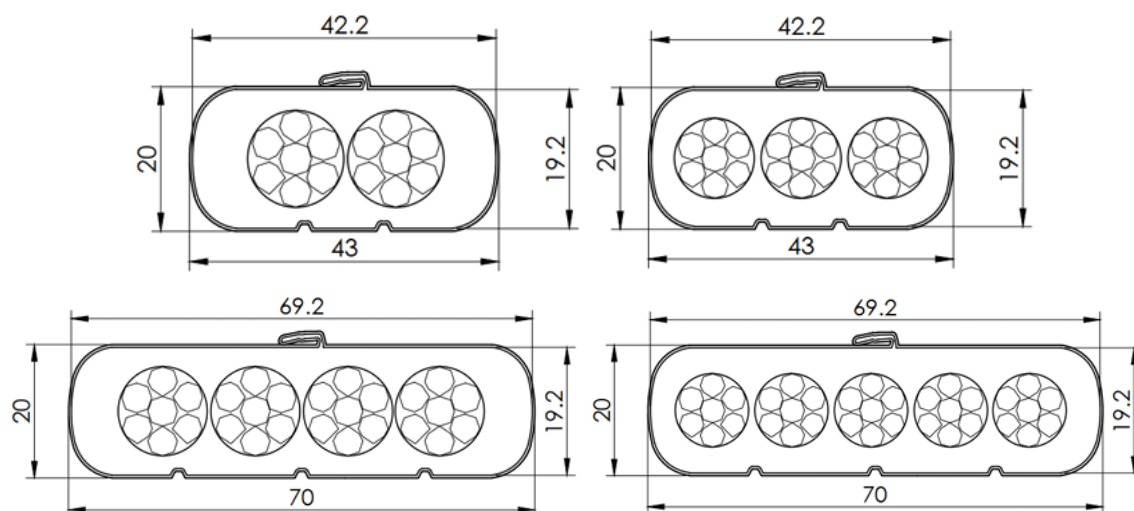
## VAINAS

Las vainas metálicas están disponibles en sección plana.

Están fabricadas con chapa de acero prensada EN 10139 – 1999 y pueden galvanizarse. Los tramos de vaina metálica tienen una longitud aproximada de 6,0 m.



Las vainas metálicas proporcionan una buena protección secundaria contra la corrosión y una buena solidarización entre los cables y el hormigón. La protección primaria contra la corrosión la aseguran la alcalinidad de la lechada de inyección y el propio hormigón; la secundaria, la vaina y la barrera protectora que representa para el cable. Las dimensiones de las vainas planas son las indicadas en las siguientes ilustraciones:





## VAINA DE POLIETILENO PLANA "SPE"



Las vainas de polietileno SPE-78x25x2 mm se fabrican en H.D.P.E. conforme a las especificaciones FIB, en tramos de longitud variable entre 5,8 m y 11,8 m. Son de color azul y llevan una unión termorretráctil en cada junta. Las vainas SPE están disponibles en las siguientes formas:

- SPE corrugadas con un espesor de 2,00 mm.

La conexión entre vainas de polietileno se realiza mediante uniones termorretráctiles, que deben aplicarse por personal especializado conforme a las instrucciones de montaje.

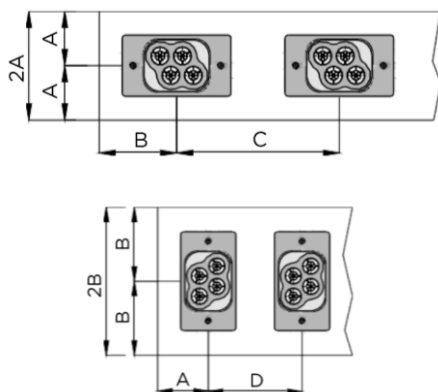


## DISTANCIAS AL BORDE Y ENTRE ANCLAJES - SISTEMA MT

Según la ETA 22/0120, a continuación se indican las distancias mínimas al borde y entre anclajes que deben respetarse para cada tipo de cable del sistema MT. Estos valores dependen de la resistencia mínima del hormigón en el momento de la aplicación del pretensado ( $f_{cm,0}$ ) y del número de torones, y deben garantizarse para asegurar la correcta transmisión de la fuerza al hormigón y evitar la fisuración en la zona de anclaje.

| Cable                                                                        |                         | 2 Ø15,2/Ø15,7 | 4 Ø15,2/Ø15,7 |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------|---------------|
| Número de Torones                                                            | n                       | 2             | 4             |
| Resistencia Mínima del Hormigón en el Momento de la Aplicación de la Tensión |                         |               |               |
| Resistencia mínima del hormigón en MPa                                       | f <sub>cm,0</sub>       | C20/25        |               |
| Separación Entre Centros y Distancia al Borde                                |                         |               |               |
| Separación entre centros                                                     | X <sub>centre</sub>     | 250           | 278           |
|                                                                              | /                       | /             | /             |
| Distancia al borde en vigas de hormigón                                      | Y <sub>centre</sub>     | 250           | 278           |
|                                                                              | /                       | /             | /             |
|                                                                              | X <sub>edge, beam</sub> | 125           | 125           |
|                                                                              | /                       | /             | /             |
|                                                                              | Y <sub>edge, beam</sub> | 115           | 115           |
|                                                                              | /                       | /             | /             |
| Distancias al borde en losas de hormigón                                     | X <sub>edge, slab</sub> | 125           | 125           |
|                                                                              | /                       | /             | /             |
|                                                                              | Y <sub>edge, slab</sub> | 110           | 110           |
|                                                                              | /                       | /             | /             |

En resumen:

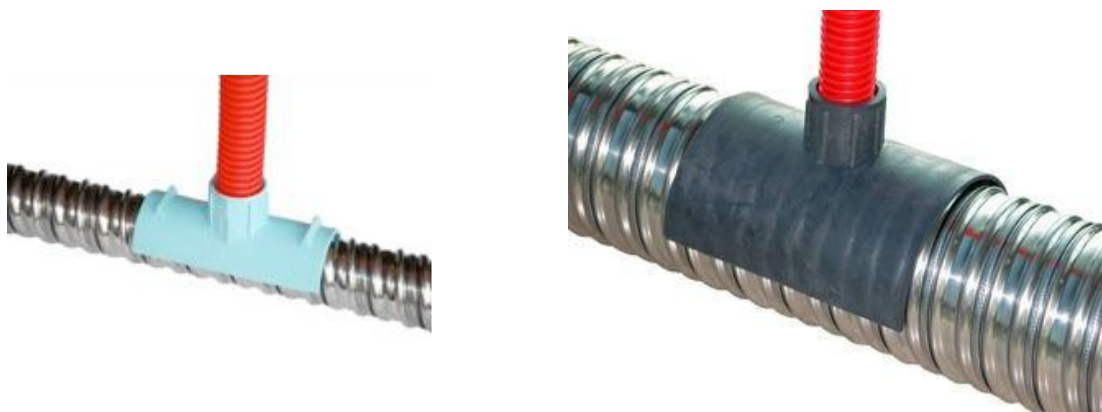


|                |        |     |
|----------------|--------|-----|
| Entre Anclajes | C [mm] | 278 |
|                | D [mm] | 278 |
| Al Borde       | A [mm] | 115 |
|                | B [mm] | 125 |



## ACCESORIOS

### BASE DE PURGA PARA EL SISTEMA RSF-MT



La colocación de purgas en vainas corrugadas garantiza la correcta evacuación del aire interior durante la operación de inyección. Deben instalarse en todos los puntos del cable donde puedan formarse bolsas de aire. La purga se fabrica en material flexible, para permitir su uso con vainas de todos los diámetros.



## MESA DE DESACUÑAMIENTO

Las mesas de desacuñamiento permiten retirar la tensión de los cables con vistas a su sustitución o a la sustitución de las cuñas en todos los anclajes de la gama RSF, y son compatibles con el equipo de tesado de monotorón.



A



B



C

## EQUIPO

### GATO DE TESADO PTM PARA SISTEMA MO Y MT4

El tesado de los monotorones se realiza con el gato PAUL TENSA SM 240 kN, un gato de monotorón de accionamiento hidráulico, equipado con mordaza de amarre interna accionada por muelle. Aplica una fuerza de tesado de hasta 240 kN (245 kN sin rozamiento, a 520 bar) y está destinado al tesado de anclajes de monotorón, así como al tesado individual de los torones de cables multitorón. Está disponible con recorridos de émbolo de 100, 200, 300 y 500 mm —los recorridos menores permiten un gato de menor tamaño— y se utiliza habitualmente con centrales hidráulicas NG50, con mando manual o eléctrico.

| Modelo                | Recorrido del émbolo (mm) | Longitud total (mm) | Sección del émbolo (cm <sup>2</sup> ) | Fuerza de tesado (kN) | Peso (kg) |
|-----------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------|
| TENSA SM 240 – 200 mm | 200                       | 688                 | 47,13                                 | 240                   | 25        |



## BOMBAS HIDRÁULICAS

### Paul NG50 (PT)

La NG50 es una central hidráulica (grupo de bombeo) de PAUL, el fabricante alemán de referencia en equipos para pretensado y postensado. Su función es suministrar la potencia hidráulica que acciona gatos de tesado, cilindros y equipos afines utilizados en la producción de elementos de hormigón pretensado. Es una unidad compacta y de manejo sencillo, que puede funcionar con mando manual o eléctrico, a una presión de servicio de 420 bar.

En lo esencial: el accionamiento suele ser por motor eléctrico trifásico, aunque también existen versiones de corriente alterna, neumáticas o de gasolina; el mando se realiza mediante válvula hidráulica manual, con posibilidad de mandos eléctricos adicionales para las funciones de montaje. La bomba es de pistones radiales montada en la brida del motor, con filtro de retorno para la depuración del aceite, y la estación completa integra la unidad base, el grupo de potencia, manómetro, uniones hidráulicas y cable de interconexión.





A continuación se resumen las características de esta bomba hidráulica:

- Potencia: 5,5 kW
- Peso: 110 kg
- Control: botonera
- Funciones: tesado-acuñamiento-retorno
- Máx. presión de tesado: 620 bar.
- Máx. presión de acuñamiento: 150 bar.
- Máx. presión de retorno: 150 bar.
- Dimensiones: 1350x740x1060 mm
- Mangueras hidráulicas: tres

## BOMBA DE INYECCIÓN PARA SISTEMA MT4

Para la inyección, FERCA dispone de la **Häny IC 310**. Este equipo es una central compacta de inyección (grouting) del fabricante suizo Häny AG, que integra en un único conjunto mezcladora, agitador y bomba, preparando y bombeando lechadas de cemento (o suspensiones de bentonita) para la inyección de anclajes, bulones, cables de pretensado y aplicaciones afines, alcanzando hasta 100 bar de presión y unos 2 m³/h de caudal.



| Características             | UD.  | Modelo Häny IC310E |
|-----------------------------|------|--------------------|
| Peso                        | kg   | 625                |
| Dimensiones                 | mm   | 1600x780x1600      |
| Mezcladora                  | l    | 100                |
| Tiempo de mezcla            | seg  | 40"                |
| Agitador                    | l    | 150                |
| Máx. Presión de inyección   | Bar  | 100                |
| Máx. capacidad de inyección | m³/h | 2.0                |
| Potencia Mezcladora         | kW   | 10.5               |



## PAVIMENTOS INDUSTRIALES

El sistema de postensado que se emplea habitualmente en losas también puede utilizarse para la construcción de pavimentos industriales, permitiendo que el sector de la pavimentación se beneficie de las ventajas de esta tecnología. Las cargas aplicadas al pavimento por los cables de acero de alta resistencia se traducen en esfuerzos de compresión transmitidos a lo largo de la estructura, que previenen la deformación y la fisuración del pavimento. Así es posible sustituir parcialmente la armadura de refuerzo del hormigón tradicional por monotorones autoenvainados o por cables con vaina de diámetro adecuado a un único torón desnudo.



### Postensado adherente

Este sistema se aplica cuando es necesario realizar sucesivas modificaciones en la configuración del pavimento, siendo incluso posible seccionar posteriormente tanto el pavimento como los propios cables, sin pérdida de postensado.

### Postensado no adherente

Al ser el método más sencillo de instalar en el pavimento, el cable autoenvainado en polietileno garantiza una adecuada protección contra la corrosión.



Los torones se insertan en la losa y se fijan al encofrado según las indicaciones del proyecto; por lo general se disponen paralelos entre sí para garantizar una distribución uniforme de la compresión, si bien debe ser el proyecto de aplicación el que defina:

- El trazado de los cables en planta y en alzado,
- La tipología de los cables
- El valor de la fuerza de tiro, las pérdidas y el pretensado final,





Durante la fase de tesado, e incluso a lo largo de la vida útil del pavimento, pueden producirse desplazamientos horizontales, por lo que es esencial mantener separada la estructura del pavimento de otros elementos estructurales, a fin de no crear restricciones ni condicionantes al pleno funcionamiento del pavimento; para ello deben emplearse materiales compresibles en las juntas creadas.



En un correcto dimensionamiento, las únicas armaduras pasivas a considerar son las que deben disponerse para garantizar la correcta elevación de los cables, en el borde de la losa y en los refuerzos de las zonas perimetrales, donde se encuentran los anclajes de los cables y donde debe evitarse la posible aparición de fisuración derivada de la concentración de fuerzas.





## VENTAJAS DE UN PAVIMENTO POSTENSADO

Las ventajas de aplicar sistemas de pretensado en pavimentos industriales están intrínsecamente asociadas al estado de compresión resultante del tesado de los cables y a la rapidez del proceso, y pueden resumirse en las siguientes:

- Eliminación de juntas
- Eliminación de fisuras
- Mayor confort de uso
- Reducción de los costes de mantenimiento
- Mejor efecto estético
- Reducción del espesor del pavimento
- Rapidez de ejecución



