

07 | 10.2013
www.editorialespazio.com

Revista
espazio
Magazine

Textile architecture, tensile structures and tents
Arquitectura textil, tensoestructuras y carpas



WIRE ROPES AND FITTINGS FOR TEXTILE ARCHITECTURE

Projects in Australia, UAE, France, Germany,
Italy, Mexico, Spain and U.S.A.

CABLES Y ACCESORIOS PARA ARQUITECTURA TEXTIL

Proyectos en Australia, EAU, Francia, Alemania, Italia,
México, España y Estados Unidos

Subscribe at | Suscríbete a
www.editorialespazio.com





Issue 7 | n°7

PUBLISHER | EDICIÓN
editorial espaZio
www.editorialespazio.com

DESIGN & LAYOUT | DISEÑO Y MAQUETACIÓN
Derek Zinger
derekzinger@me.com

ADDRESS | DIRECCIÓN
C/ Sorrall, 51, 17401 Arbúcies (Girona) Spain

ADVERTISING IN ENGLISH AND GERMAN
PUBLICIDAD EN INGLÉS Y ALEMÁN
mike@editorialespazio.com
T (+44) 203 137 9266

ADVERTISING IN SPANISH | PUBLICIDAD EN ESPAÑOL
info@editorialespazio.com
lydia@editorialespazio.com

GENERAL INFO & CONTENTS | INFORMACIÓN Y CONTENIDOS
info@editorialespazio.com
www.editorialespazio.com
T (+34) 972 860 848
Facebook: revista espaZio
Twitter: revista espaZio

nº ISSN 2014-7783
Depósito legal: GI-1167-2012

No part of this publication may be reproduced in any form or by any means without the prior permission of the copyright holder. The opinions expressed in this magazine are those of their respective authors and do not necessarily represent the views of *espaZio* magazine. | Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida de ninguna forma o por ningún método sin el consentimiento previo del propietario de los derechos de autor. Las opiniones expresadas en la revista son de exclusiva responsabilidad de su autor y no representan necesariamente la opinión de la revista *espaZio*.

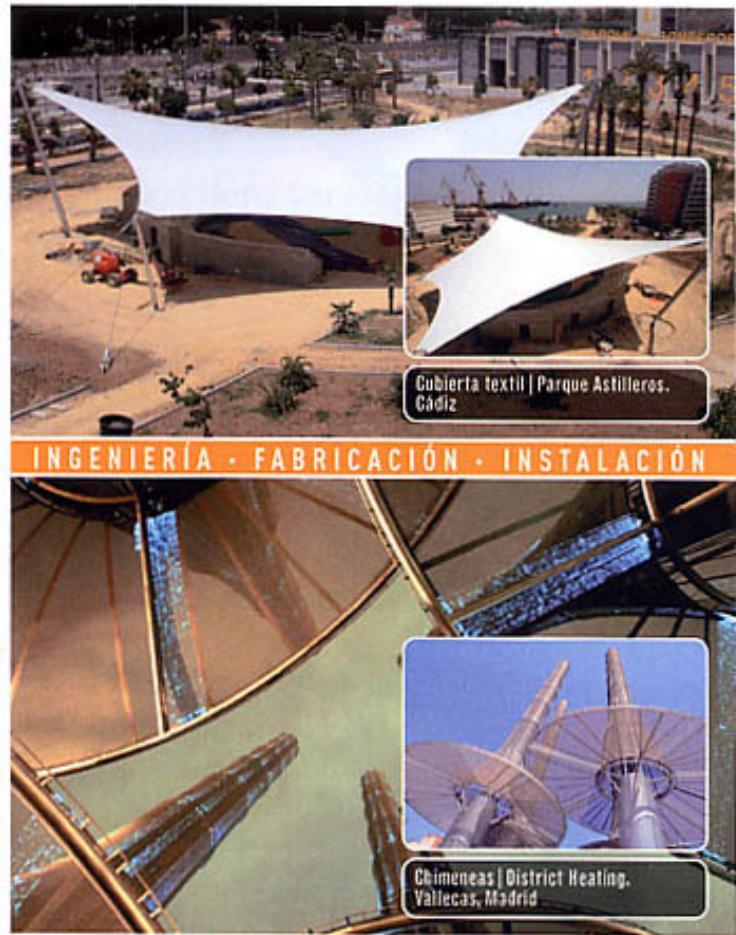
ADVISORY COMMITTEE | CONSEJO EDITORIAL

Javier Tejera Architect, textile architecture specialist and founding member of BAT Spain. | Arquitecto, especialista en arquitectura textil y socio fundador de BAT Spain.

Ramon Sastre Architect and professor of architecture. | Arquitecto y profesor en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura del Vallés, Universitat Politècnica de Catalunya (Barcelona).

Dr. Hubertus Pöppinhaus Architect and textile architecture specialist. IF_group specialist. IF-Ingenieure für Flächentragwerke GmbH, Germany. | Arquitecto y especialista en arquitectura textil. IF_group, IF-Ingenieure für Flächentragwerke GmbH (Alemania).

Ignasi Pérez Arnal Architect and professor of architecture. Arquitecto y profesor de arquitectura.



INGENIERÍA • FABRICACIÓN • INSTALACIÓN

Cubierta textil | Parque Astilleros, Cádiz

Chimeneas | District Heating, Vallecas, Madrid



bat www.batSpain.com



Fachadas textiles | Campus BBVA, La Moraleja, Madrid



CUBIERTAS Y FACHADAS TEXTILES • PVC • ETFE

Cubiertas de cojines de ETFE | Beasain, Guipúzcoa

CABLES Y ACCESORIOS WIRE ROPES AND PARA

José Ignacio de Llorens Duran

Textile architecture is based on the use of textiles or sheets, but it also requires a support structure and many auxiliary items, such as wire ropes and accessories, to which little attention is normally paid, despite the fact that they form a substantial part of the design process and have a great effect on the final result. For this reason, we now present some basic information about these items intended to be considered at the design and implementation stages.

Wire ropes

Definition. A wire rope is a set of wires rolled into a spiral and working together in traction. The basic

La arquitectura textil se basa en la utilización de tejidos o láminas, pero requiere además una estructura de soporte y una multitud de elementos auxiliares como cables y accesorios, a los que no se suele prestar mucha atención a pesar de que forman parte substancial del proceso de diseño e influyen mucho en el resultado final. Por este motivo se presentan a continuación unas informaciones básicas relativas a estos elementos, destinadas a que se consideren en las fases de proyecto y ejecución.

Cables

Definición. El cable es un conjunto de alambres enrollados en espiral que trabajan conjuntamente a tracción. El elemento básico del cable es el alambre de acero que se identifica por el diámetro y las

ACCESSORIES FOR ARQUITECTURA

TEXTILE TEXTIL ARCHITECTURE

element of the rope is the steel wire, which is identified by its diameter and the characteristics of the material. The most common wire diameters vary between 0.33 mm and 3.18 mm to form ropes of between 1 mm and 60 mm, and the class of steel, depending on strength, ranges between 70 kp/mm² and 180 kp/mm².

Characteristics. The main characteristics of a rope are its diameter, composition, material and protection. Based on these values, the section, weight and breaking load can be determined. Depending on the type of application, this will become the working load, chosen using the safety coefficient.

Diameter. The diameter is that of the circumscribed circumference, expressed in mm. A tolerance of $\pm 5\%$ is allowed on the nominal value.

Composition. The composition of the rope is de-

características del material. Los diámetros del alambre más habituales varían entre 0,33 mm y 3,18 mm para formar cables de 1 mm a 60 mm y la clase de acero según resistencia oscila entre 70 kp/mm² y 180 kp/mm².

Características. Las características principales de un cable son diámetro, composición, material y protección. A partir de estos valores se determinan la sección, el peso y la carga de rotura que, según el tipo de aplicación, se convertirá en la de trabajo a través del coeficiente de seguridad.

Diámetro. El diámetro es el de la circunferencia circunscrita, expresado en mm. Se admite una tolerancia de $\pm 5\%$ sobre el valor nominal.

Composición. La composición del cable viene determinada por la forma de agrupar los alambres o hilos. Pueden estar enrollados en una o más capas

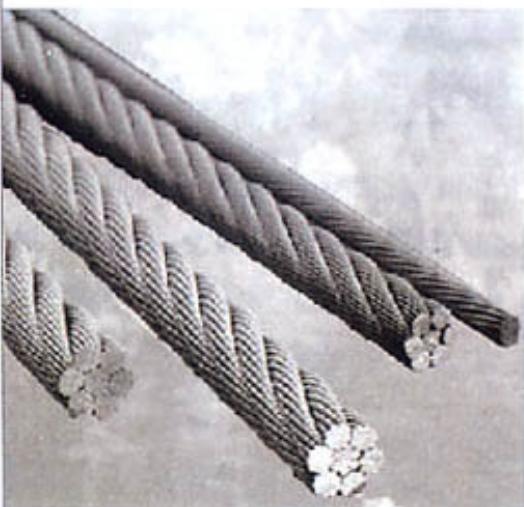


Fig. 1



Fig. 2

termed by the way the wires or threads are grouped. They can be wound in one or more layers around a central wire or spiral, forming a spiral rope or strand. These strands, in turn, can be wound around a core or nucleus to form a complex wire rope (FIG. 1). By combining wires, strands and cores, the performance of the wire rope can be varied to adapt it to the requirements of each application.

A rope formed by a single strand of thick wires without a core will be rigid and resistant to wear and corrosion. Its properties are suitable for static, immobile applications, such as supports, braces, edge ropes, struts, etc., which are usually used in strutted structures and fixed textile construction (FIG. 2).

The composition of a wire rope is defined using the expression: $C \times A + a$, where C is the number of strands making up the rope, A the number of wires or threads forming each strand and a the number of fibre cores. Example: $6 \times 19 + 1$ indicates a wire rope with 6 strands consisting of 19 wires around 1 fibre core.

If the core is metal, the "a" is replaced by its composition in brackets. Example: $6 \times 19 + (7 \times 7 + 0)$ indicates a rope with 6 strands consisting of 19 wires. The core is a rope consisting of 7 strands of 7 wires with no core. If the rope is made of ropes instead of strands, the "A" is replaced by their composition in brackets. Example: $6 \times (6 \times 7 + 1) + 1$ indicates 6 ropes around a fibre core. Each rope consists of 6 strands of 7 wires around a fibre core (FIG. 3, p. 18).

The material. The material is mild, semi-hard or hard steel whose carbon content varies between 0.3% and 0.8%, or stainless steel. The main characteristic of the steel is its breaking load, of between 70 kp/mm^2 and 180 kp/mm^2 . The other characteristics (section, weight and strength of the rope) are determined by this value, the

alrededor de un alambre o fibra central, formando un cable espiral o cordón. Los cordones, a su vez, se pueden enrollar alrededor de un núcleo o alma para formar un cable complejo (FIG. 1). Combinando alambres, cordones y almas se pueden variar las prestaciones del cable para adaptarlas a las exigencias de cada aplicación.

Un cable formado por un solo cordón de alambres gruesos sin alma resultará rígido y resistente al desgaste y la corrosión. Son propiedades adecuadas a las aplicaciones estáticas inmóviles tales

como vientos, riostras, cables de borde, tirantes, etc. que suelen utilizarse en las estructuras atirantadas y la construcción textil fija (FIG. 2).

La composición de un cable se define a través de la expresión: $C \times A + a$, donde C es el número de cordones que forman el cable, A el número de alambres o hilos que forman cada cordón y a el número de almas de fibra. Ejemplo: $6 \times 19 + 1$ indica un cable que trenza 6 cordones de 19 alambres alrededor de 1 alma de fibra.

Si el alma es metálica, se substituye la "a" por su composición entre paréntesis. Ejemplo: $6 \times 19 + (7 \times 7 + 0)$ indica un cable de 6 cordones de 19 alambres. El alma es un cable compuesto por 7 cordones de 7 alambres sin alma. Si el cable es de cables en lugar de cordones se substituye la "A" por su composición entre paréntesis. Ejemplo: $6 \times (6 \times 7 + 1) + 1$ indica 6 cables alrededor de un alma de fibra. Cada cable está formado por 6 cordones de 7 alambres alrededor de un alma de fibra (FIG. 3, p. 18).

El material. El material es acero dulce, semiduro o duro cuyo contenido de carbono varía del 0,3% al 0,8%, o acero inoxidable. La característica principal del acero es la carga de rotura, de 70 kp/mm^2 a 180 kp/mm^2 . Las demás características (sección, peso y resistencia del cable) quedan determinadas por este valor, el diámetro del cable y su composición.

Protección del cable. La protección habitual de los cables de acero es la galvanización por inmersión o electrolítica de los alambres. También se pueden utilizar alambres de acero inoxidables.

El cable espiral. Este cable está compuesto por un solo cordón de capas de alambre enrollados en sentidos alternados alrededor de un núcleo formado por un solo alambre (FIG. 4, p. 18). Las características mecánicas más interesantes son su capacidad de carga y el módulo de elasticidad elevado, que lo hace más rígido que los

diameter of the rope and its composition.

Wire rope protection. The normal protection of wire ropes is galvanization by immersion or electrolytic galvanization of the wires. Stainless steel wires can also be used.

Spiral ropes. This wire rope consists of a single strand of layers of wire wound in alternating directions around a core formed by a single wire. (FIG. 4). Its most interesting mechanical characteristics are its load capacity and the high modulus of elasticity, which make it more rigid than the other types. It has little torsional inertia because the wires are twisted in alternating directions and it stands up to wear well.

Rigidity. When a rope is placed under load, it stretches, a process which develops in three phases. The first phase corresponds to the settlement of the wires around the axis, which reduces the exterior diameter. Depending on the type of rope and the size of the load, this stretching can vary between 0.25% and 2% of the initial length of the rope. Then the second elastic, linear phase begins, in which Hooke's formula applies: $\Delta\ell = T \cdot \ell / (IN \cdot E)$ with $\Delta\ell$: stretching; T : traction; ℓ : initial length; IN : effective or metal section; E : modulus of elasticity.

Approximate values for the apparent modulus of elasticity of new spiral ropes range from 16,000 kp/mm² for 1 x 7 + 0 wire rope to 12,000 kp/mm² for a 1 x 61 + 0 wire rope. Ropes are therefore more flexible than steel ($E = 21,000$ kp/mm²) and rigidity is reduced as the number of wires increases. These values correspond to new ropes that have not been prestretched. After the rope comes into operation, rigidity can increase by 20%. For this reason, the use of prestretched ropes, which have already used up the initial settlement deformation of the wires around the core, is strongly recommended.

Stretching calculation. Example: stretching of a 1 x 37 + 0 rope 20 mm in diameter and 10 m long subjected to a load of 10 T. Figures: $T = 10,000$ kp; $\ell = 10,000$ mm; $A = 225$ mm²; $E = 13,000$ kp/mm². Result $\Delta\ell = 34$ mm.

To determine the modulus of elasticity, the stretching $\Delta\ell$ caused by an increase in load ΔT can be measured. Knowing the initial length ℓ and the metal or effective section A of the rope, Hooke's formula can be applied: $E = \Delta T \cdot \ell / (A \cdot \Delta\ell)$. Example: $\Delta T = 91,100$ kp; $\Delta\ell = 7.44$ mm; $\ell = 2,540$ mm; $A = 1,748.4$ mm². Result $E = 17,788$ kp/mm².

The third phase of rope stretching begins with the elastic or proportionality limit. This point on the tension-deformation curve is related to the breaking load, depending on the strength of the wires. If the load continues to be increased after the elastic limit, permanent, non-proportional stretching and plasticization occurs until breakage.

Prestretching. To reduce stretching of the rope, before it comes into service a traction load can be applied to take up the initial deformation. The value of the preload must be at least the calculated load and at most 50% of the breaking load.

Thermal deformation. Temperature variations change the length of the rope in accordance with the dilation coefficient: $\alpha = 0.0000125 = 12.5 \cdot 10^{-6}$. A rope subjected to a temperature change undergoes a change in length $\Delta\ell = \alpha \cdot \ell \cdot \Delta t$, with $\Delta\ell$: change in length; α : thermal dilation coefficient; ℓ : initial length of the rope; Δt : temperature change. Example: $\ell = 10$ m; $\Delta t = 40^\circ$; $\Delta\ell = 0.0000125 \cdot 10,000 \cdot 40 = 5$ mm.

Note: thermal deformation does not depend on the diameter or the tension.

Bending. Related to the rigidity of the rope is the minimum bend ratio on supports or at changes of direction. It must be kept above 20 diameters for spiral ropes (which are more rigid) and 15 diameters for others if the admissible load is not to be reduced. Radii less than 15 diameters for spiral ropes (with 25% penalty) or 10 diameters for other types (with 25% penalty).

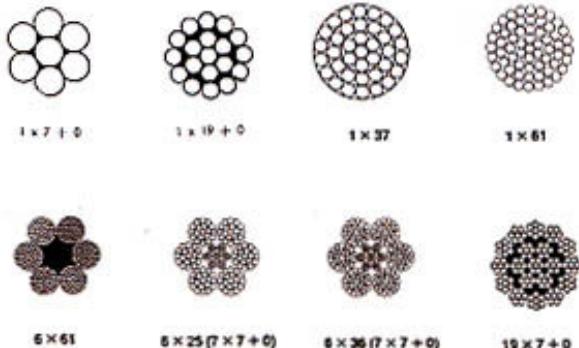


Fig. 3: Examples of wire rope composition.
Fig. 3: Ejemplos de composición de cables.

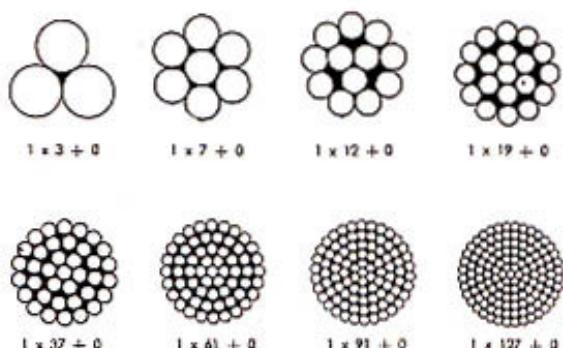


Fig. 4: Most common compositions of spiral wire rope (ITYCSA).
Fig. 4: Composiciones más frecuentes de cables espiral (ITYCSA).

tipos restantes. Tiene poca inercia torsional porque los alambres están trenzados en sentidos alternados, y resiste bien el desgaste.

Rigidez. Al cargar un cable se produce un alargamiento que se desarrolla en tres fases. La primera fase corresponde al asentamiento de los alambres alrededor del eje, con disminución del diámetro exterior. Dependiendo del tipo de cable y la magnitud de la carga este alargamiento puede variar entre el 0,25% y el 2% de la longitud inicial del cable. Después se inicia la segunda fase elástica y lineal, en la que es aplicable la fórmula de Hooke: $\Delta\ell = T \cdot \ell / (A \cdot E)$ con $\Delta\ell$: alargamiento; T : tracción; ℓ : longitud inicial; A : sección efectiva o metálica; E : módulo de elasticidad.

Valores aproximados del módulo de elasticidad aparente de cables espiral nuevos: de 16.000 kp/mm² para un cable 1 x 7 + 0 a 12.000 kp/mm² para un cable 1 x 61 + 0. Por lo tanto, los cables son más flexibles que el acero ($E = 21.000$ kp/mm²) y a medida que aumenta el número de alambres disminuye la rigidez. Estos valores corresponden a cables nuevos sin pre-estirar. Después de entrar en funcionamiento, la rigidez puede aumentar un 20%. Por este motivo se recomienda mucho utilizar cables pre-estirados, que ya han consumido la deformación inicial de asentamiento de los alambres alrededor del eje.

Cálculo del alargamiento. Ejemplo: alargamiento de un cable 1 x 37 + 0 de 20 mm de diámetro y 10 m de longitud sometido a una carga de 10 T. Datos $T = 10.000$ kp; $\ell = 10.000$ mm; $A = 225$ mm²; $E = 13.000$ kp/mm². Resultado $\Delta\ell = 34$ mm.

Para determinar el módulo de elasticidad se puede medir el alargamiento $\Delta\ell$ que produce un incremento de carga ΔT . Conociendo la longitud inicial ℓ y la sección A metálica o efectiva del cable, se puede aplicar la fórmula de Hooke: $E = \Delta T \cdot \ell / (A \cdot \Delta\ell)$. Ejemplo: $\Delta T = 91.100$ kp; $\Delta\ell = 7,44$ mm; $\ell = 2.540$ mm; $A = 1.748,4$ mm². Resultado $E = 17.788$ kp/mm².

La tercera fase del alargamiento del cable se inicia con el límite elástico o de proporcionalidad. Este punto de la curva tensión-deformación se relaciona con la carga de rotura dependiendo de la resistencia de los alambres. Si siguen aumentando las cargas después del límite elástico, se producen alargamientos permanentes no proporcionales y la plastificación hasta la rotura.

Pre-estirado. Para reducir el alargamiento del cable, se puede aplicar, antes de su entrada en servicio, un esfuerzo de tracción que consume la deformación inicial. El valor de este pre-esfuerzo debería ser como mínimo el de la carga de cálculo y como máximo el 50% de la carga de rotura.

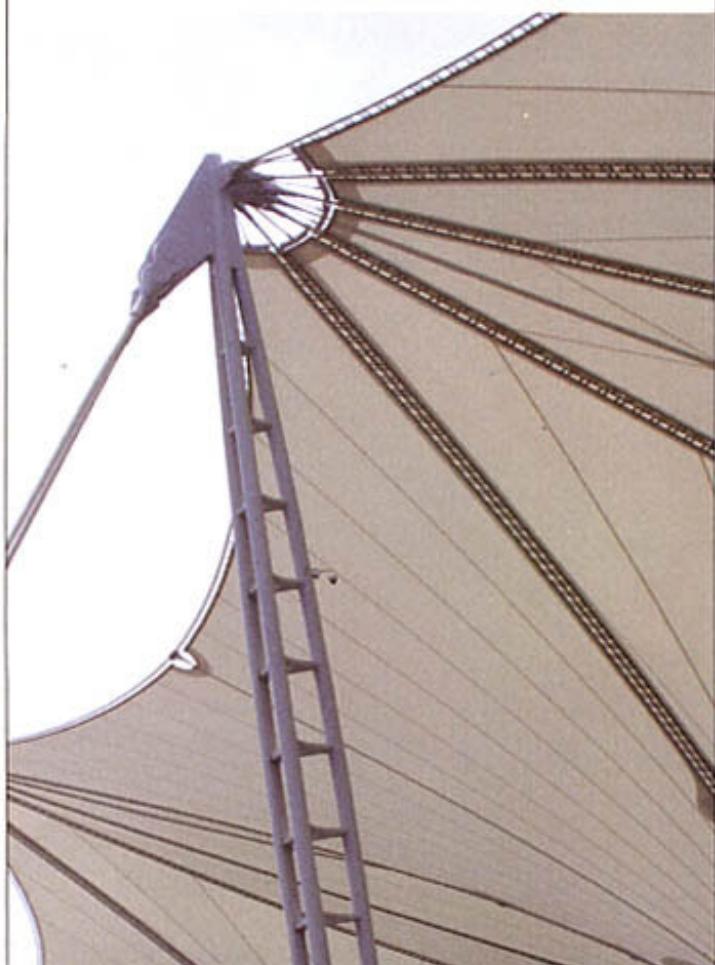


Software for Lightweight Structure Design

Formfinding, Statics and Cutting Patterns

Easy.

Easy.Form
Easy.Stat
Easy.Cut
Easy.Beam
Easy.Vol



technet GmbH

Market and technology leader for over 30 years

www.technet-gmbh.com

Phone +49 711 90 18 297
Berlin, Stuttgart - Germany



Fig. 5

Fig. 6 (upper right): In struttued structures, wire ropes are often replaced by bars. Fig. 6 (arriba derecha): En las estructuras atrinadas se substituyen a menudo los cables por barras.

Fig. 7 (lower right): The accessories do not fit together. Their dimensions should have been coordinated. Fig. 7 (abajo derecha): Los accesorios no se acoplan. Deberían haberse coordinando sus dimensiones.



Velodrom, Zürich, CH



Fatigue. In the long term, permanent or repeated loads cause a deterioration in the rope in terms of both strength and deformability. In the long-term, the strength of the rope tends towards the fatigue limit, which is considerably less than the initial breaking load. Because of this, it must be ensured that the rope works below this value.

Dimensioning. To dimension the wire rope, the diameter, the composition, the material and the safety coefficient are taken into account. Based on the composition, diameter and strength of the rope, tables from the manufacturer or handbook will provide the breaking load. Note that the effective resistant section of the material is the metal section: in other words, the sum of the wire sections making up the rope. *It is not the cylindrical section that would be calculated based on the diameter of the rope.* In spiral ropes, the area of the effective section can be estimated as being approximately equal to $0.6 \cdot \text{diameter squared}$.

To calculate the admissible or working load, the breaking figure is divided by the safety coefficient, which takes into account losses due to cabling, fatigue and dispersion. In static applications of prestretched ropes, the value of the safety coefficient to be adopted is indicated in the current regulations. If the manufacturer's tables provide the working load instead of the breaking load, more information is needed about the safety coefficient applied, because it usually corresponds to

dynamic applications, which have a far higher one.

Order. The characteristics specified in the order for a rope are the diameter, the composition, the material, the protection and the finish. Example: rope 16 mm diameter, composition 1 x 61 + 0, spiral type, steel, 180 kp/mm², prestretched and with galvanized wires.

Bars. An alternative to ropes as struts is the use of smooth, threaded and high-strength bars, whose length and ends can be controlled more easily than those of ropes. They require careful transport and handling to prevent them bending. They are used a great deal in struttued structures (FIG. 6).

Accessories

Ropes require accessories to resolve joints and load transmission. We can distinguish between actual terminations (twisted, stapled, swaged, spelter or mechanical), tying accessories (shackles, turnbuckles, knots, fittings, zips, tapes, shock absorbers) and other additional elements such as aluminium profiles, guides, plugs, fixings and accessories for awnings, shutters and

Deformación térmica. Las variaciones de temperatura modifican la longitud del cable de acuerdo con el coeficiente de dilatación: $\alpha = 0,0000125 = 12,5 \cdot 10^{-6}$. Un cable sometido a una variación de temperatura experimenta una variación de longitud $\Delta\ell = \alpha \cdot \ell \cdot \Delta t$, con $\Delta\ell$: variación de longitud; α : coeficiente de dilatación térmica; ℓ : longitud inicial del cable; Δt : variación de temperatura. Ejemplo: $\ell = 10 \text{ m}$; $\Delta t = 40^\circ$; $\Delta\ell = 0,0000125 \cdot 10.000 \cdot 40 = 5 \text{ mm}$. Observación: la deformación térmica no depende del diámetro ni de la tensión.

Doblado. Relacionado con la rigidez del cable, está el radio mínimo de doblado en apoyos o cambios de dirección. Debe mantenerse superior a 20 diámetros en cables espirales (que son más rígidos) y 15 diámetros en los demás si no se quiere disminuir la carga admisible. No se admiten radios inferiores a 15 diámetros en cables espirales (con 25% de penalización) ni a 10 diámetros en los otros tipos (con 25% de penalización).

Fatiga. Las cargas permanentes o repetidas producen, a largo plazo, un deterioro del cable tanto en la resistencia como en la deformabilidad. A largo plazo, la resistencia del cable tiende hacia el límite de fatiga, que es bastante inferior a la carga de rotura inicial. Por ello, hay que asegurarse de que el cable trabaja por debajo de este valor.

Dimensionado. Para el dimensionado del cable se tienen en cuenta el diámetro, la composición, el material y el coeficiente de seguridad. Las tablas del fabricante o proveedor proporcionan, a partir de la composición, el diámetro y la resistencia del acero, la carga de rotura del cable. Obsérvese que la sección efectiva resistente es la sección metálica, de material. O sea, la suma de las secciones de los alambres que constituyen el cable. *No es la sección cilíndrica que se calcularía a partir del diámetro del cable.* En cables espirales el área de la sección efectiva puede estimarse aproximadamente igual a $0,6 \cdot \text{diámetro}^2$.

Para calcular la carga admisible o de trabajo, se divide la de rotura por el coeficiente de seguridad, que tiene en cuenta las pérdidas por cableado, la fatiga y la dispersión. En las aplicaciones estáticas de cables pre-estirados el valor del coeficiente de seguridad a adoptar está indicado en la normativa vigente. Si las tablas del fabricante proporcionan la carga de trabajo en lugar de la de rotura, hay que informarse acerca del coeficiente de seguridad aplicado, porque suele corresponder a aplicaciones dinámicas, que lo tienen muy superior.

Pedido. Las características que se especifican en el pedido de un cable son el diámetro, la composición, el material, la protección y el acabado. Ejemplo: cable de 16 mm de diámetro, composición 1 x 61 + 0, tipo espiral,

de acero de 180 kp/mm², con alambres galvanizados y pre-estirado.

Barras. Una alternativa a los cables como tirantes es la utilización de barras lisas, roscadas y de alta resistencia, cuya longitud y extremos se controlan más fácilmente que las de los cables. Requieren transporte y manipulación cuidadosos para evitar que se doblen. Se utilizan mucho en estructuras atirantadas (FIG. 6).

Accesorios

Los cables requieren accesorios para resolver las uniones y transmisión de las cargas. Pueden distinguirse los terminales propiamente dichos (trenzados, grapados, prensados, fundidos o mecánicos), los accesorios de atado (grilletes, tensores, nudos, fornitoras, cremalleras, cintas, amortiguadores) y otros elementos auxiliares tales como perfiles de aluminio, guías, tacos, fijaciones y complementos para toldos, persianas y aplicaciones agrícolas (como umbráculos e invernaderos). Su utilización requiere los datos relativos a las características mecánicas y geométricas, puesto que deben coordinarse entre sí para que se acoplen (FIG. 7).

Terminales trenzados El trenzado tiene que ser muy regular y apretado, a fin de que, al someter el conjunto a carga, todos los cordones trabajen equilibrados. Es muy importante dar la longitud y el número de pasadas apropiados al trenzado si se quiere obtener un terminal de absoluta garantía. Como norma general, puede fijarse la longitud del trenzado en 30 veces el diámetro del cable en que se practica.

Terminal con abrazaderas (sujetacables) (FIG. 5). Es la forma más sencilla de realizar un terminal sin necesidad de conocimientos ni experiencia alguna, si bien sólo es recomendable en aquellos casos en que la naturaleza del trabajo exige un desmontaje rápido o frecuente. El número mínimo de abrazaderas necesario para asegurar el terminal puede calcularse aproximadamente dividiendo el diámetro del cable en mm por 6, tomando la cifra entera por exceso, pero sin que sea nunca inferior a dos. Entre la abrazadera debe guardarse una distancia de aproximadamente 6 veces el diámetro del cable. Las tuercas deben estar situadas sobre el ramal largo y apretarse sucesivamente y gradualmente.

Terminal con manguito prensado (FIG. 8, p. 22). Consiste esencialmente en un manguito que se aplica a presión sobre los ramales del cable que se desea unir. Elimina los inconvenientes de las uniones trenzadas a mano y de las efectuadas mediante abrazaderas. Proporciona mucha resistencia. Es impermeable y anticorrosivo, porque el ajuste alrededor del cable hace imposible la penetración del agua y dificulta la

agricultural applications (such as lath houses and greenhouses). Their use requires details of the mechanical and geometrical characteristics and they must be coordinated so that they fit together (FIG. 7, p. 20).

Twisted terminations The twisting must be very tight and regular so all the strands work in balance when the whole assembly is subjected to load. It is very important to give the length and appropriate number of twists in order to obtain an absolutely reliable termination. As a general rule, you can fix the length of the twist at 30 times the diameter of the cable on which it is made.



Fig. 8: Termination with swaged sleeve.

Fig. 8: Terminal con manguito prensado.

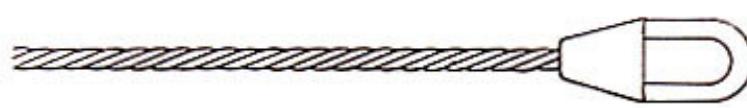


Fig. 9: Ring spelter termination.

Fig. 9: Terminal con metal fundido de anillo.

Termination with clip (cable clip) (FIG. 5, p. 20).

This is the easiest way to carry out a termination without the need for any knowledge or experience, although it is only recommended in cases where the nature of the job requires quick or frequent dismantling. The minimum number of clips needed to secure the termination can be approximately calculated by dividing the diameter of the cable in mm by 6 and rounding up to the nearest whole figure, which must never be less than two. A distance of approximately 6 times the diameter of the cable must be maintained between clips. The nuts must be placed on the long branch and tightened successively and gradually.

Termination with swaged sleeve (FIG. 8). This consists essentially of a sleeve to which pressure is applied over the branches of the cable which you want to join. It eliminates the disadvantages of hand-twisted joints and those made using clips, providing great strength. It is waterproof and corrosion resistant because the fit around the cable makes water penetration impossible and internal corrosion less likely. In addition, the polished surface of the sleeve rules out the possibility of injury caused by protruding ends, very frequent with twisted joints and clips.

Spelter terminations. Spelter terminations may be in ring (FIG. 9) or clevis form (FIG. 10). They are conically shaped inside to stop the cable slipping once the pure zinc or lead-antimony spelter has been applied.

Other swaged terminations: clevis, ring or threaded (FIGS. 11). These are the ones most often used. They must be made in a workshop to obtain at least the strength of the cable and the specified sling length.

Mechanical terminations for cables between 3 and 25 mm in diameter. These have the advantage of being practical. They are versatile and easy to install because they do not require a swaging, as they are tightened by screwing an internal cone.

Shackles (FIG. 12). Shackles are the most commonly used tying accessories. There are short, long and anchor shackles (which can receive more than one termination). It is important to check the internal width of the shackle, because it is this that allows the passage of the ring or bolt of the termination.

Open or closed turnbuckles finished with a ring, hook, clevis or joint (FIG. 13 & 14). These can be adapted to threaded terminations and make it possible to adjust the length of the sling to tighten or loosen the cable.

The keder guide (FIG. 15) allows a continuous joint between the edge of the membrane and the support structure. Recent ETFE applications have led to its use becoming more widespread.

Database of textile construction and strutted structure details. The Technical University of Catalonia website hosts a database (<http://sites.upc.es/~www-cal/cat/recerca/tensilestruc/portada.html>) containing construction details for textile architecture and struttured structures, as well as a section including all kinds of anchorages. These are outstanding because of the variety of little-known solutions available, including light, recoverable models very suitable for textile architecture, and they provide the technical details relating to the mechanical characteristics and dimensions necessary for design and implementation. ♦

José Ignacio de Llorens Duran holds a PhD in architecture and is a lecturer at the Barcelona School of Architecture, Spain.
ignasi.llorens@upc.edu.

corrosión interna. Además, la superficie pulida del casquillo excluye la posibilidad de lesiones, tan frecuentes en las uniones trenzadas y abrazaderas, por causa de las puntas salientes.

Terminal con metal fundido. El terminal con metal fundido puede ser de anillo (FIG. 9) u horquilla (FIG. 10). Tiene la forma interior cónica, que se opone al deslizamiento del cable una vez efectuada la colada de metal fundido, zinc puro o plomo-antimonio.

Otros terminales prensados de horquilla, de anilla o roscado (FIGS. 11). Son los que se utilizan más a

menudo. Deben realizarse en taller para obtener como mínimo la resistencia del cable y la longitud de las eslingas especificadas.

Terminales mecánicos para cables de 3 a 25 mm de diámetro. Tienen la ventaja de ser practicables. Son versátiles y fáciles de instalar porque no requieren prensa, ya que aprietan mediante rosca un cono interior.

Grilletes (FIG. 12). Los grilletes son los accesorios de atado más utilizados. Los hay cortos, largos y tipo lira (que pueden recibir más de un terminal). Es importante controlar la anchura interior del grillete, porque es la

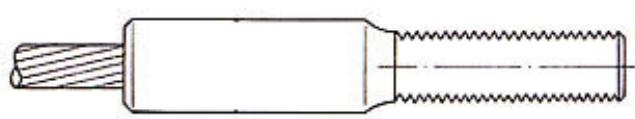


Fig. 10 (left): Clevis spelter termination. Figs. 11 (bottom left, centre and right) Fig. 10: Terminal con metal fundido de horquilla. Figs. 11 (abajo derecha centro y izquierda)



Fig. 12: Short, long and anchor shackles. Fig. 12: Grilletes corto, largo y lira.



Fig. 13: Open double clevis turnbuckle.
Fig. 13: Tensor abierto doble horquilla.



Fig. 14: Open turnbuckle with threaded termination and joint.
Fig. 14: Tensor abierto con terminal roscado y articulación.

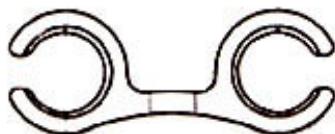


Fig. 15: Keder guide. Fig. 15: Guía keder.

que permite el paso de la anilla o pasador del terminal.

Tensores abiertos o cerrados, terminados con anilla, gancho, horquilla o articulación (FIGS. 13 Y 14).

Pueden adaptarse a los terminales roscados y permiten ajustar la longitud de la eslinga para tensar o aflojar la tensión del cable.

La guía keder (FIG. 15) permite una unión continua del borde de la membrana con la estructura de soporte. Las recientes aplicaciones del ETFE han generalizado su uso.

Base de datos de detalles constructivos de la construcción textil y las estructuras atrantadas. En la página web de la Universidad Politécnica de Catalunya se aloja una base de datos (<http://sites.upc.es/~www-ca1/cat/recerca/tensilestruc/portada.html>) que contiene los detalles constructivos de la arquitectura textil y las estructuras atrantadas así como un apartado que comprende toda la tipología de anclajes. Destacan por la variedad de soluciones disponibles poco conocidas que incluyen modelos ligeros recuperables muy adecuados a la arquitectura textil, y proporcionan los datos técnicos relativos a las características mecánicas y dimensiones necesarios para el proyecto y la ejecución. *

José Ignacio de Llorens Duran es Dr. Arquitecto y profesor en la Escuela de Arquitectura de Barcelona, España.
ignasi.llorens@upc.edu