

# V 4. ESTÁNDARES

## Córdoba



Plan Director  
de Arbolado

### Anexo V-4.3. Estándar europeo de sustentación de árboles



Red de Profesionales  
doctorarbol

# SUSTENTACIÓN DE ÁRBOLES

Estándar Europeo de Sustentación de Árboles



Estándares  
Europeos  
de Arboricultura



Edita: Asociación Española de Arboricultura

ISBN: 978-84-09-58498-7

Depósito legal: V-491-2024

Impresión: Asociación Española de Arboricultura

Aviso legal:

Este material ha sido traducido al castellano por la Asociación Española de Arboricultura (<https://ae-arboricultura.org>) y aprobado por los socios del proyecto TeST. Los términos del acuerdo de traducción otorgan oficialmente a la Asociación Española de Arboricultura la exclusividad de los derechos de impresión y distribución de la edición impresa, mientras que las versiones electrónicas deben estar disponibles de forma gratuita.



## ESTÁNDARES EUROPEOS DE ARBORICULTURA

Estándar de Sustentación de Árboles

2022

BG: Укрепване на дървета	PL: Wiązania i inne wzmocnienia mechaniczne drzew
HU: Fák kábelezése/abroncsozása	ET: Puude toestussüsteemide paigaldamine
CS: Bezpečnostní vazby stromů	PT: Ancoragem, consolidação e suporte de árvores
IT: Consolidamento degli alberi	FI: Latvustuntojen tekeminen
DA: Kronesikring	RO: Montarea de ancore în coronament
LT: Medžio kamienų ir lajos sutvirtinimas	FR: Standard de haubanage
DE: Kronensicherung	SK: Bezpečnostné väzby korún stromov
LV: Koka stabilizācijas sistēmas	GA: Rásaíocht crann
EL: Ενίσχυση δένδρων	SL: Povezava krošnje
MT: Irbit tas-siġar għall-appoġġ	HR: Standard postupaka stabilizacije stabla
EN: Tree Cabling/Bracing	SV: Kronstabilisering
NL: Stam- en kroonverankeringen	
ES: Anclajes de árboles	

Estamos muy agradecidos por todos los comentarios y el apoyo de los representantes nacionales de la arboricultura y de los arbolistas individuales de toda Europa, que respondieron a la petición de cooperación sobre el texto de este estándar.

Este estándar tiene por objeto definir los procedimientos técnicos utilizados para los sistemas de sustentación de los árboles en beneficio de la comunidad.



El apoyo de la Comisión Europea a la elaboración de esta publicación no constituye una aprobación de su contenido, refleja únicamente las opiniones de los autores, la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en ella.

## Edición:

### Texto del estándar:

Grupo de trabajo “Technical Standards in Treework - TeST”

### Equipo de autores:

Jaroslav Kolařík (coordinador del equipo, República Checa)  
Junko Oikawa-Radscheit (Alemania, Consejo Europeo de Arboricultura)  
Dirk Dujesiefken (Alemania)  
Thomas Amtage (Alemania)  
Tom Joye (Bélgica)  
Kamil Witkoś-Gnach (Polonia)  
Beata Pachnowska (Polonia)  
Valentino Cristini (República Checa)  
Paolo Pietrobon (Italia)  
Henk van Scherpenzeel (Países Bajos)  
Gerard Passola (España)  
Daiga Strēle (República de Letonia)  
Algis Davenis (Lituania)  
Tomáš Fraňo (República Eslovaca)  
Goran Huljenić (Croacia)

### Revisión del texto:

Simon Richmond (Reino Unido)  
Sarah Bryce (Reino Unido)

© Grupo de trabajo “Technical Standards in Treework – TeST”, agosto de 2022 (1ª edición)

### Imágenes:

Olga Klubova (República de Letonia)

### Referencia recomendada:

Estándar Europeo de Sustentación de Árboles (2022). EAS 02:2022. Estándares Europeos de Arboricultura (EAS), grupo de trabajo “Technical Standards in Tree Work (TeST)”.

EAS 02:2022 (EN) – Estándar Europeo de Sustentación de Árboles.

Si desea traducir el texto del estándar a otros idiomas, póngase en contacto con el responsable del proyecto en [info@arboristika.cz](mailto:info@arboristika.cz)

Este material ha sido traducido al castellano por la Asociación Española de Arboricultura (<https://aearboricultura.org>) y aprobado por los socios del proyecto TeST. Los términos del acuerdo de traducción otorgan oficialmente a la Asociación Española de Arboricultura la exclusividad de los derechos de impresión y distribución de la edición impresa, mientras que las versiones electrónicas deben estar disponibles de forma gratuita.

Han colaborado en la revisión de la traducción al castellano y maquetación:

- Pedro Rodríguez Fernández
- Enrique Conde Pérez
- Mariano Sánchez García
- Néstor Iglesias Olmedo
- Javier Carrizo Rodríguez



Reconocimiento - Sin Obra Derivada 4.0 Internacional (CC BY-ND 4.0), agradecemos las traducciones del texto a otros idiomas

# Índice:

<b>1. Propósito y contenido del estándar</b>	<b>4</b>
1.1 Propósito	4
1.2 Objetivos principales	4
1.3 Bioseguridad	4
<b>2. Referencias normativas</b>	<b>5</b>
2.2 Cualificación	5
2.3 Requisitos generales de seguridad	5
<b>3. Métodos de estabilización de árboles</b>	<b>6</b>
3.1 Introducción	6
3.2 Modificación de la diana	7
3.3 Estabilización mediante poda de árboles	7
3.4 Cableado dinámico	7
3.5 Cableado estático	8
3.6 Refuerzo estático (varillas)	9
3.7 Apuntalamiento	9
3.8 Sistemas de estabilización de árboles menos comunes o históricos	10
3.8.1 Correas de compresión	10
3.8.2 Amarre/cuerdas de sujeción	10
3.8.3 Árboles interconectados	10
<b>4. Descripción de los métodos de estabilización</b>	<b>11</b>
4.1 Introducción	11
4.2 Geometría de las conexiones (horizontal)	11
4.3 Altura de la instalación	12
4.4 Ángulo de las cuerdas	14
4.5 Sistemas dinámicos de estabilización de la copa	14
4.6 Sistemas estáticos de estabilización de la copa	17
<b>5. Registros, controles, mantenimiento y sustitución</b>	<b>22</b>
5.1 Introducción	22
5.2 Mantenimiento de registros	22
5.3 Inspección básica	22
5.4 Inspección detallada	23
5.5 Sustitución	23
<b>6. Gestión del lugar de trabajo</b>	<b>25</b>
6.1 Introducción	25
6.2 Impacto en los suelos	25
6.3 Impacto en los árboles vecinos	25
<b>REFERENCIAS</b>	<b>26</b>
<b>ABREVIATURAS</b>	<b>27</b>

# 1. Propósito y contenido del estándar

## 1,1 Propósito

- 1.1.1 Este estándar ha sido publicado por el grupo de trabajo del proyecto TeST (Technical Standards in Treework) en colaboración con el EAC (Consejo Europeo de Arboricultura).
- 1.1.2 En el texto del estándar se utilizan las siguientes interpretaciones:
- cuando el estándar dice "puede", se refiere a las opciones posibles;
  - cuando el estándar dice "debería", se refiere a una recomendación;
  - cuando el estándar dice "debe", se refiere a las actividades obligatorias.
- 1.1.3 El propósito del estándar es presentar las técnicas, procedimientos y requisitos comunes relacionados con la estabilización de árboles, con el fin de gestionar la seguridad pública y preservar la integridad de los árboles. El estándar presenta prácticas fundamentales comunes utilizadas en todos los países europeos.
- 1.1.4 Los métodos de estabilización descritos en el estándar incluyen procedimientos que son comunes en la práctica de la arboricultura contemporánea. En casos específicos, puede ser necesario utilizar procedimientos especiales y combinaciones de los métodos descritos para lograr el efecto estabilizador deseado.
- 1.1.5 El estándar proporciona criterios de seguridad para los arbolistas y otros trabajadores que realizan operaciones de arboricultura. Sirve de referencia para los requisitos de seguridad de quienes realizan trabajos de estabilización de árboles.
- 1.1.6 Cada persona debe ser responsable de su propia seguridad en el lugar de trabajo y cumplir con las normas de seguridad y salud profesionales federales o estatales apropiadas, incluidas todas las normas y regulaciones que sean aplicables a sus acciones. Asimismo, cada persona debe leer y seguir las instrucciones del fabricante de las herramientas, equipos y maquinaria que utiliza.

## 1,2 Objetivos principales

- 1.2.1 Se instalan sistemas de sustentación u otras ayudas a la estabilización, cuando la inspección y la evaluación lo justifican, en árboles significativamente desestabilizados para prolongar su longevidad, mejorando su estabilidad biomecánica y/o para gestionar el riesgo de daños asociados a un fallo estructural en el árbol.
- 1.2.2 Este estándar describe los métodos y procedimientos básicos probados que se utilizan en los países de la UE. Pueden ser necesarios enfoques alternativos en casos particularmente complicados de árboles con partes grandes y/o múltiples mecánicamente comprometidas.
- 1.2.3 Las diferentes prácticas y preferencias, basadas en las experiencias nacionales/regionales, se enumeran en los anexos nacionales.

## 1,3 Bioseguridad

- 1.3.1 Las personas que se dedican profesionalmente a trabajar en los árboles corren intrínsecamente un alto riesgo de transmitir plagas y enfermedades entre los árboles y los lugares de trabajo, por lo que deben aplicar procedimientos de bioseguridad adecuados para limitar este riesgo.
- 1.3.2 Para reducir el riesgo de transmisión de plagas y enfermedades, la limpieza de las herramientas y otros equipos debe formar parte del mantenimiento diario.
- 1.3.3 Todo el equipo debe limpiarse y desinfectarse después de su uso en cada lugar de trabajo. Siga las directrices del fabricante.
- 1.3.4 Cuando se trabaje en árboles con una alta probabilidad de estar infectados con plagas y enfermedades contagiosas, deben aplicarse estándares de bioseguridad más estrictos, como la limpieza y desinfección de las herramientas entre árboles. Se aplicará la legislación nacional.

## 2. Referencias normativas

2.1.1 Este estándar es complementario a otras normas de la UE y a las regulaciones nacionales y regionales.

### 2,2 Cualificación

2.2.1 La instalación de sistemas de sustentación y otras operaciones relacionadas con la arboricultura, son actividades profesionales que sólo pueden ser realizadas por un trabajador debidamente formado y experimentado, o por un aprendiz bajo supervisión.

2.2.2 La cualificación de la figura del arbolista se establece generalmente mediante certificaciones internacionales o nacionales. En la UE, se reconocen los siguientes sistemas de certificación para los arbolistas en activo:

- Trabajador Europeo del Árbol (EAC)
- Arbolista Certificado por la ISA
- Especialista en Árboles Veteranos VETcert (Nivel Práctico)

2.2.3 Se reconocen los siguientes sistemas de certificación para los arbolistas consultores:

- Técnico Europeo del Árbol (EAC)
- Maestro Arbolista Certificado por la Junta de la ISA
- Especialista en Árboles Veteranos VETcert (Nivel Consultor)

2.2.4 El cumplimiento de los estándares de cualificación profesional comprende también el desarrollo profesional continuo/formación permanente.

2.2.5 Las referencias de las cualificaciones nacionales pueden ser reconocidas a nivel local. Éstas se enumeran en los anexos nacionales de este estándar.

### 2,3 Requisitos generales de seguridad

2.3.1 Las herramientas y los equipos deben cumplir los requisitos de las normas y certificaciones CE y EN.

2.3.2 El arbolista/supervisor cualificado del trabajo debe realizar una evaluación de riesgos específica del lugar y comunicar a todos los trabajadores las medidas de control pertinentes, así como las instrucciones para el trabajo.

2.3.3 El control del tráfico y los peatones en torno al lugar de trabajo debe establecerse antes del inicio de cualquier operación de arboricultura.

2.3.4 Los arbolistas y el resto de personal que trabajen cerca del tráfico y opere en zonas de control temporal del tráfico deben recibir

formación sobre las técnicas de control temporal de tráfico, el uso y la colocación de los dispositivos y los procedimientos seguros para trabajar cerca del tráfico<sup>1</sup>.

2.3.5 Los arbolistas y otros trabajadores expuestos al riesgo del tráfico deben llevar ropa de seguridad de alta visibilidad que cumpla los requisitos de la normativa nacional.

2.3.6 Los arbolistas y otros trabajadores que utilicen cualquier equipo, herramienta o maquinaria deben estar familiarizados con las prácticas de trabajo seguras y con el uso adecuado del equipo de protección individual (EPI), de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes de estas herramientas, maquinaria y equipos.

 <sup>1</sup> Consulte el anexo nacional.

## 3. Métodos de estabilización de árboles

### 3.1 Introducción

- 3.1.1 La estabilización de árboles engloba todos los métodos de unión o soporte de las ramas o troncos de un árbol con el objetivo de reducir la probabilidad de fallo y/o daños asociados a un fallo estructural en el árbol.
- 3.1.2 El objetivo general de la estabilización de los árboles es prevenir el fallo de una rama o árbol y/o evitar daños a las personas o a la propiedad si se produce un fallo. También es importante prevenir la pérdida de árboles o hábitats valiosos.
- 3.1.3 La estabilización del árbol debe considerarse tras una evaluación de riesgos/beneficios que tenga en cuenta el riesgo de que se produzcan daños significativos para las personas, los bienes o la estructura restante del árbol, la probabilidad de fallo y el valor del árbol.
- 3.1.4 Los sistemas de estabilización de árboles pueden perturbar o detener los procesos naturales de regresión (atrincheramiento) y la caída de ramas, que forman parte de los cambios estructurales naturales de un árbol.
- 3.1.5 El diseño y la instalación de los sistemas de estabilización de árboles deben ser realizados por profesionales que conozcan los distintos sistemas de sustentación disponibles, con el fin de garantizar la selección de los materiales y la correcta colocación de los equipos. Sólo los especialistas con suficiente experiencia deben diseñar e instalar la estabilización de árboles biomecánicamente complejos.
- 3.1.6 Todos los sistemas de estabilización de árboles deben registrarse y supervisarse, con inspecciones periódicas, mantenimiento o sustituciones. Debe elaborarse un plan de mantenimiento y entregarse al propietario del árbol (véase el apartado 5). Mantener registros y establecer un régimen de inspección/mantenimiento son partes esenciales del trabajo, y esto debe tenerse en cuenta a la hora de recomendar e instalar sistemas de estabilización de árboles.
- 3.1.7 Se debe proporcionar una documentación completa al propietario/gestor del árbol para cada sistema de estabilización instalado.
- 3.1.8 Los materiales, componentes y sistemas de estabilización de árboles deben tener una vida útil mínima de 8 años.
- 3.1.9 Asegúrese de que el sistema de estabilización de árboles instalado tiene suficiente capacidad de carga.
- 3.1.10 Normalmente, la resistencia de un sistema se define como la resistencia mínima a la rotura (en newtons [N]). A veces se convierte en carga de rotura o capacidad de carga (en kilogramos [kg] o toneladas [t]).
- 3.1.11 Los trabajos de estabilización de árboles pueden incorporar materiales y/o sistemas certificados o no certificados para su uso en árboles. Si se utilizan materiales o sistemas no certificados, el diseño, la combinación de materiales, las propiedades del material y la resistencia mínima a la rotura del sistema de estabilización son responsabilidad del profesional que diseña y/o instala el sistema de estabilización. La especificación de todo el sistema, incluidos los materiales utilizados, debe formar parte de la documentación final.
- 3.1.12 Los sistemas de estabilización diseñados para atenuar la tensión del árbol en puntos específicos (por ejemplo, horquillas, uniones de ramas) pueden alterar la distribución de la fuerza en el árbol y, como consecuencia, reducir el crecimiento reactivo natural del árbol. Esto debe considerarse y tenerse en cuenta antes de empezar a diseñar cualquier sistema.
- 3.1.13 Hay que tener en cuenta el impacto de los sistemas de estabilización en la redistribución de fuerzas en los árboles a la carga del viento, aunque no se pueda analizar con precisión la respuesta mecánica dinámica (frecuencia, amortiguación) y estática (distribución de la tensión/deformación), tanto en general como individualmente para el árbol. El aumento del número de cableados o refuerzos en la copa influye en la dinámica de la misma (amortiguación) y puede aumentar la tensión en las partes inferiores del árbol que soportan la carga, incluido el sistema radicular.
- 3.1.14 No se debe instalar ningún sistema de estabilización si es probable que aumente el riesgo de desestabilización de los árboles en el futuro.

## 3,2 Modificación de la diana

- 3.2.1 Se considera diana a una persona, objeto o propiedad, etc., que podría verse afectado por el fallo del árbol o de alguna de sus partes.
- 3.2.2 Para reducir el riesgo a un nivel aceptable, primero considere mover o modificar la diana antes de considerar la poda u otros métodos de estabilización de árboles.
- 3.2.3 Principales ventajas:
- sin interferencia con el árbol;
  - posible apoyo a la biodiversidad.
- 3.2.4 Principales desventajas:
- la modificación de la diana podría no ser posible;
  - restricciones al tráfico alrededor del árbol;
  - el riesgo de fallo de los árboles se mantiene.

## 3,3 Estabilización mediante poda de árboles

- 3.3.1 La poda es, por lo general, el método preferido para la estabilización de los árboles a largo plazo, cuando se lleva a cabo y de acuerdo con las buenas prácticas (véase EAS 01: 2021 - Estándar Europeo de Poda de Árboles). Sin embargo, algunas características biomecánicas pueden gestionarse mediante un sistema de sustentación preventivo sin afectar a la fisiología del árbol.
- 3.3.2 La estabilización de partes de las copas de los árboles suele lograrse mediante reducciones laterales de las copas.
- 3.3.3 La estabilización de todo el árbol (incluido el sistema radicular) puede lograrse mediante la reducción apical de la copa. Esta intervención debe diseñarse de manera que no se produzca una alteración significativa de la vitalidad fisiológica del árbol. También es necesario considerar el efecto de la reducción en el comportamiento dinámico de la copa (véase EAS 01: 2021 - Estándar Europeo de Poda de Árboles).
- 3.3.4 Principales ventajas:
- sin sistemas artificiales en el árbol;
  - ninguna restricción a los movimientos naturales de las ramas;
- 3.3.5 Principales desventajas:
- oportunidad de llevar a cabo una poda correctiva y una limpieza de la copa.
  - heridas de poda;
  - posible reducción de la vitalidad;
  - posible influencia en la dinámica de la copa;
  - alteración de la forma de la copa;
  - mantenimiento continuo necesario debido a los procesos de regeneración.
- 3.3.6 Puede ser necesaria una estabilización adicional del árbol mediante el cableado, el refuerzo o el apuntalamiento, cuando la cantidad de poda necesaria para reducir el riesgo a un nivel aceptable comprometa la viabilidad del árbol o cause la pérdida de la estructura de un árbol notable.
- 3.3.7 La estabilización adicional de los árboles mediante cableado, refuerzo o apuntalamiento puede aplicarse como medida temporal durante un proceso de poda en varias etapas, trabajando para alcanzar un nivel aceptable de riesgo sin un sistema de estabilización.

## 3,4 Cableado dinámico

- 3.4.1 Los sistemas de cableado dinámico se utilizan para reducir la probabilidad de que se produzcan fallos en los árboles o ramas, eliminando los picos de tensión, al amortiguar la energía durante el alargamiento (estiramiento) de la cuerda. En algunas situaciones, el cableado dinámico también puede utilizarse como medida preventiva para atrapar una rama (o partes inestables de la copa) en caso de fallo.
- 3.4.2 Los sistemas de cableado dinámico tienen una elasticidad global del 5-25%.
- 3.4.3 Los sistemas de cableado dinámico están formados generalmente por fibras de poliéster, polipropileno<sup>2</sup> o poliamida<sup>3</sup>.

 <sup>2</sup> Si se instala con amortiguador.

<sup>3</sup> Anuario de arboricultura 1998; Schröder et al.

**Tabla 1: Resumen de las propiedades básicas de los materiales utilizados para los sistemas de cableado dinámico**

Propiedades de los materiales	Poliéster (PES)	Poliamida (PA)	Polipropileno (PP)
Elasticidad	aprox. 5%	aprox. 20%	aprox. 5%
Reducción de la resistencia cuando se anuda	50-60%	50-60%	35-50%
Reducción de la resistencia debido a la humedad	0%	10-(máx.) 30%	0%
Fluencia bajo tensión prolongada	cerca del 0%	1-2%	3-5%
Resistencia a UV	excelente	buena	sólo cuando se ennegrece

#### 3.4.4 Principales ventajas:

- conservación de la forma de la copa;
- mínima pérdida de volumen de la copa;
- reducción del movimiento de las ramas susceptibles de fallar;
- reducción de la necesidad de poda.

#### 3.4.5 Principales desventajas:

- posible obstaculización de los movimientos naturales;
- sistema artificial en el árbol;
- se requiere una inspección y un mantenimiento regulares;
- la instalación depende de la presencia de brazos y ramas estables.

## 3,5 Cableado estático

3.5.1 El cableado estático está formado por componentes fabricados con materiales de baja elasticidad. Para ser considerado estático, todo el sistema debe tener una elasticidad inferior al 2% dentro de la capacidad de carga definida.

3.5.2 El cableado estático se instala bajo tensión (precargado). Esto puede implicar aproximar las partes a estabilizar entre sí durante el proceso de instalación.

3.5.3 El cableado estático debe instalarse de forma que tenga una larga vida útil sin influir negativamente en el árbol. En la medida de lo posible, un sistema estático sólo debe sustituirse cuando exista una necesidad técnica de hacerlo. Los cables estáticos sintéticos tienen una vida útil limitada, por lo que sólo deben utilizarse para soluciones de estabilización temporales.

3.5.4 Existen muchos sistemas de cableado estático (enumerados en la Tabla 3). Como resultado de la experiencia local, los distintos países prefieren o desaconsejan el uso de diferentes sistemas. Consulte el anexo nacional.

3.5.5 Los materiales utilizados para el cableado estático pueden ser cuerdas estáticas (sintéticas), cables de acero u otros productos de acero (sistemas). Los materiales y componentes metálicos deben ser resistentes a la corrosión (por ejemplo, recubiertos de zinc como mínimo). Todos los materiales y componentes metálicos

deben ser del mismo metal (no se puede mezclar acero inoxidable/zinc/acero), de lo contrario pueden producirse problemas de corrosión electrolytica.

3.5.6 El cableado estático se utiliza para estabilizar rígidamente los troncos o las ramas que muestran signos de que podrían fallar en el futuro (horquillas rotas, desgarros, etc.).

3.5.7 El cableado estático debe situarse en la parte estática (inferior) de la copa.

3.5.8 El cableado estático modifica la distribución de la tensión e influye en el crecimiento reactivo natural del árbol (autooptimización).

3.5.9 El cableado estático puede aumentar la rigidez general del árbol y reducir la capacidad del árbol para hacer frente a las cargas dinámicas, debido a la disminución de la amortiguación de la masa. Por lo tanto, hay que prestar especial atención a la instalación del cableado estático en los árboles que están comprometidos mecánicamente en la base del tronco y/o en el sistema radicular.

3.5.10 Los sistemas de cableado estático son:

- cableado perforado (cable de acero fijado a pernos introducidos a través del tronco mediante perforación);
- sistemas de cable y listones para asegurar el cable alrededor del tronco;
- correas conectadas con cuerda estática (acero, sintética) o cadena.

- 3.5.11 Principales ventajas:
- conservación de la forma de la copa;
  - sin pérdida de volumen de la copa;
  - inmovilización de los troncos o ramas susceptibles de fallar;
  - no se requiere poda o se requiere una poda mínima.
- 3.5.12 Principales desventajas:
- impacto en la dinámica natural de la copa;
  - daños locales en el árbol al perforar;
- si se utilizan correas o un sistema de cable y listones, posibles problemas de incrustación de éstos debido al crecimiento;
  - sistema artificial en el árbol;
  - se requiere una inspección y un mantenimiento regulares;
  - posibilidad limitada de instalación en troncos o ramas con descomposición fúngica activa.

## 3,6 Refuerzo estático (varillas)

- 3.6.1 Este refuerzo estático consiste en varillas de acero colocadas a través del árbol en la base de los troncos o ramas o directamente a través de una horquilla.
- 3.6.2 Este método se utiliza para estabilizar rígidamente los troncos o ramas que muestran signos de que podrían fallar en el futuro (horquillas rotas, desgarros, etc.).
- 3.6.3 Este tipo de estabilización no se recomienda cuando la parte del árbol en la que se aplicará contiene madera descompuesta o cavidades, ya que la instalación conlleva el riesgo de dañar las zonas de barrera interna o de reacción, y la posibilidad de que se produzcan daños mecánicos en el árbol en el caso de que la pared residual sea fina.
- 3.6.4 Principales ventajas:
- puede utilizarse para las ramas que crecen muy cerca unas de otras;
- 3.6.5 Principales desventajas:
- requiere de un bajo nivel de mantenimiento;
  - no necesita reinstalación;
  - proporciona un refuerzo muy fuerte y seguro;
  - no se requiere poda o se requiere una poda mínima.
  - impacto potencial en la dinámica de la copa;
  - sistema artificial en el árbol;
  - daña el duramen o la *ripewood* (madera central más vieja en especies en las que la albura envejece gradualmente sin convertirse en duramen) y puede facilitar la disfunción interna;
  - una vez instalado, es difícil modificarlo o ajustarlo;
  - posibilidad limitada de instalación en los troncos o ramas con descomposición fúngica activa.

## 3,7 Apuntalamiento

- 3.7.1 Apuntalamiento se refiere a todos los métodos con base en el suelo para sostener un árbol o una rama y evitar que se caiga.
- 3.7.2 Los puntales pueden ser una estructura de madera o metal, sencilla o compleja. Se fijan al tronco o la rama y no permiten que la parte asegurada se mueva.
- 3.7.3 El diseño de un puntal debe ser realizado por especialistas, teniendo en cuenta las cargas previstas, incluidos los efectos de la carga lateral y la influencia del viento. La colaboración de expertos en el diseño y la supervisión de un arbolista experimentado durante la instalación son esenciales<sup>4</sup>.
- 3.7.4 Los factores a tener en cuenta a la hora de diseñar un puntal son:
- material a utilizar;
  - vida útil prevista;
  - contacto del puntal con la parte asegurada;
  - cómo se fijará el puntal al suelo;
  - ubicación del puntal;
  - posibilidad de adaptar el puntal al crecimiento del árbol;
- posibilidad de una futura sustitución;
  - influencia estética en el árbol y su entorno.
- La instalación de un puntal debe estar diseñada específicamente para el árbol en cuestión.
- 3.7.5 Principales ventajas:
- protección de los troncos o ramas susceptibles de fallar;
  - no se requiere poda o se requiere una poda mínima.
- 3.7.6 Principales desventajas:
- sistema artificial muy visible en el árbol;
  - requiere un mantenimiento futuro;
  - posible interferencia con el sistema radicular;
  - impacto en la dinámica del árbol;
  - requiere una inspección y un mantenimiento regulares;
  - riesgo de daños por vandalismo.

 <sup>4</sup> Muchos países tienen leyes que exigen un cálculo de la capacidad de carga del sistema de apuntalamiento.

## 3,8 Sistemas de estabilización de árboles menos comunes o históricos

3.8.0 En el caso de árboles muy valiosos (veteranos) con estructuras biomecánicas complejas, los sistemas de estabilización estándar descritos anteriormente podrían no ser suficientes para estabilizar completamente el árbol o reducir el riesgo a un nivel aceptable. En estos casos, puede ser necesario recurrir a sistemas de estabilización de árboles menos comunes. Algunos de los sistemas utilizados en el pasado han sido abandonados por su impacto negativo en la fisiología de los árboles. En raras ocasiones, como último recurso para salvar árboles valiosos, estas técnicas menos comunes o históricas podrían seguir siendo aplicables.

### 3.8.1 Correas de compresión

3.8.1.1 Las correas de compresión suelen ser correas metálicas instaladas alrededor del tronco, sobre todo en árboles viejos (veteranos). La intención es mantener el tronco unido y evitar el pandeo. A veces, este trabajo se ha realizado para evitar que un hábitat importante (como la madera descompuesta) se desprenda del árbol.

3.8.1.2 Aunque en el pasado se instalaron correas metálicas de compresión, esta técnica no se utiliza actualmente de forma generalizada, ya que la instalación afecta al comportamiento estático y dinámico del árbol y a su fisiología: el cámbium puede ser aplastado o suprimido y la descomposición por compresión puede desencadenarse al morir las unidades funcionales del árbol.

3.8.1.3 La instalación debe ser evaluada cuidadosamente por el consultor que diseñe el sistema, caso por caso, teniendo en cuenta no sólo la gestión de riesgos sino también el respeto a la función fisiológica del árbol.

3.8.1.4 Una correa de compresión puede ser una correa metálica hecha a medida que se atornilla, una correa de trinquete (similar a las que utilizan los camioneros) o un cable de acero que pasa por pernos.

3.8.1.5 En el caso de las correas metálicas o de trinquete, las funciones fisiológicas del árbol se ven afectadas porque las bandas limitan el crecimiento radial. Puede ser necesario un control y un ajuste regulares.

3.8.1.6 Principales desventajas:

- sistema artificial muy visible en el árbol;
- requiere un mantenimiento futuro debido al continuo crecimiento que causa la incrustación de las correas en el tronco;
- riesgo de daños por vandalismo.

### 3.8.2 Amarre/cuerdas de sujeción

3.8.2.1 El amarre consiste en fijar con cuerdas de sujeción un árbol a otro árbol o a un punto de anclaje en el suelo, para evitar que caiga en una dirección en la que pueda causar daños

a una diana no móvil, o para reducir el riesgo del árbol a un nivel aceptable.

3.8.2.2 Por regla general, se extienden una o varias cuerdas desde la copa hasta el suelo. Las cuerdas se fijan al suelo mediante un punto de anclaje estable.

3.8.2.3 Para ello se utilizan cables de acero, cuerdas sintéticas de alta resistencia (baja elasticidad) o una combinación de ambos.

3.8.2.4 Cuando se instalan cuerdas de sujeción, el enfoque debe adaptarse al árbol en cuestión. Deben tenerse en cuenta las siguientes cuestiones:

- efecto de la carga lateral (viento);
- capacidad de carga del sistema;
- estado del árbol en el punto de fijación;
- fuerza del punto de anclaje.

3.8.2.5 Si hay riesgo de vandalismo, debe tenerse en cuenta en el diseño general del sistema.

3.8.2.6 Principales ventajas:

- prevención de fallos de árboles o daños a las dianas;
- posibilidad de estabilizar árboles con problemas de estabilidad radicular;
- se requiere una poda mínima.

3.8.2.7 Principales desventajas:

- sistema artificial muy visible en el árbol;
- requiere un mantenimiento futuro debido al continuo crecimiento que causa la incrustación de las correas en el tronco;
- riesgo de fallo del tronco o rama por encima del punto de instalación;
- riesgo de daños por vandalismo.

### 3.8.3 Árboles interconectados

3.8.3.1 La interconexión de las copas de los árboles vecinos mediante sistemas estáticos o dinámicos es una solución poco frecuente al problema de la estabilización de un árbol muy dañado.

3.8.3.2 Este tipo de estabilización sólo puede diseñarse e instalarse tras un estudio detallado del estado de los árboles que servirán de anclaje, para determinar su resistencia tanto a la rotura como al desarraigo.

3.8.3.3 La instalación de un sistema de estabilización de árboles interconectados depende de su tipo, pero en principio no difiere de la instalación de un tipo determinado de anclaje dentro de la copa de un árbol.

3.8.3.4 Principales ventajas:

- prevención de fallos de árboles o daños a las dianas;
- posibilidad de estabilizar árboles con problemas de estabilidad radicular.

3.8.3.5 Principales desventajas:

- posible influencia en los árboles que servirán de anclaje.

## 4. Métodos de estabilización

### 4,1 Introducción

4.1.1 Los cables de la copa enlazan las partes de la copa en riesgo de fallo estructural. Las partes de la copa a las que se fijan los cables deben ser capaces de soportar las cargas adicionales.

### 4,2 Geometría de las conexiones (horizontal)

4.2.1 Las opciones para la geometría del cableado incluyen:

- conexión directa;
- configuración triangular;
- configuración en forma de anillo (flotante).

4.2.2 Una **conexión directa** se instala entre dos ramas o troncos y sólo se ocupa de la carga en la dirección de las uniones (cuerdas o cables). No se elimina la oscilación lateral de las partes de la copa aseguradas. Una rama desestabilizada debe apoyarse en una rama (o tronco) estable del mismo o mayor diámetro.

4.2.3 **La configuración triangular** puede ofrecer soporte para la parte asegurada de la copa en más de una dirección. Un sistema de uno o más triángulos está diseñado para formar una red de conexiones que reduce la oscilación en varias direcciones. Este método de instalación también sirve para disipar la energía del viento en varias partes de la copa a través de las cuerdas o cables.

4.2.4 **La conexión en forma de anillo (flotante)** sólo se ocupa de las fuerzas de oscilación lateral. Este tipo de diseño poco frecuente ofrece la oportunidad de evitar una poda excesiva, especialmente en las copas secundarias, y asegurar la brotación de respuesta que se produce después del descopado.



Figura 1: Ejemplo de conexión directa

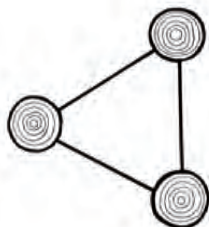


Figura 2: Ejemplo de conexión triangular

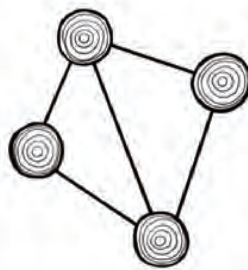


Figura 3: Ejemplo de conexión triangular combinada

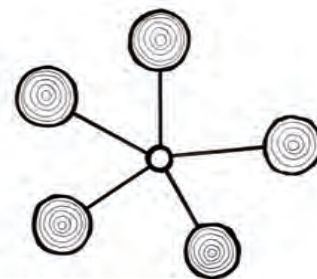


Figura 4: Ejemplo de conexión en forma de anillo (vista general)

## 4,3 Altura de la instalación

- 4.3.1 En general, los sistemas dinámicos se instalan todos en el mismo plano.
- 4.3.2 Los sistemas dinámicos deben instalarse preferentemente en la parte apical (dinámica) de la copa, o al menos en la mitad superior medida desde la ubicación de la horquilla.
- 4.3.3 Si un sistema dinámico no está combinado (multinivel), debe colocarse preferentemente a  $\frac{2}{3}$  de la longitud de la rama o tronco (medida desde la horquilla). Hay que tener en cuenta la estabilidad del punto de anclaje y los objetivos de la estabilización.
- 4.3.4 Ajustando la altura de instalación (y la holgura adecuada en el sistema, la adición de un amortiguador, etc.), un sistema puede hacerse más o menos dinámico (semidinámico/semiestático).
- 4.3.5 Los sistemas estáticos deben instalarse en el  $\frac{1}{3}$  inferior de la copa (medido desde la horquilla), preferiblemente lo más cerca posible de la unión.
- 4.3.6 Todas las fuerzas procedentes de la copa se concentran en el nivel en el que se instala un sistema estático (precargado) y todos los demás sistemas de estabilización por debajo de él pueden volverse mecánicamente menos funcionales.
- 4.3.7 Los sistemas estáticos pueden combinarse con los dinámicos e instalarse más arriba en la copa para aliviar las cargas mecánicas en las partes estabilizadas. Los sistemas dinámicos pueden ser provisionales, ya que se instalan para que el árbol se adapte al nuevo sistema de estabilización estática.
- 4.3.8 En un sistema de estabilización creado a medida para una situación específica, el diseño debe tener en cuenta la dinámica de la copa establecida en la Figura 5. Obsérvese que la elasticidad de los árboles jóvenes es mucho mayor que la de un ejemplar más viejo.
- 4.3.9 **Los sistemas de estabilización multinivel** deben considerarse en los siguientes casos:
- combinación de sistemas estáticos y dinámicos, especialmente en el caso de los árboles altos;
  - árboles muy ramificados o con largas ramas horizontales;
  - cuando las ramas o troncos desestabilizados se encuentran justo encima de una diana.

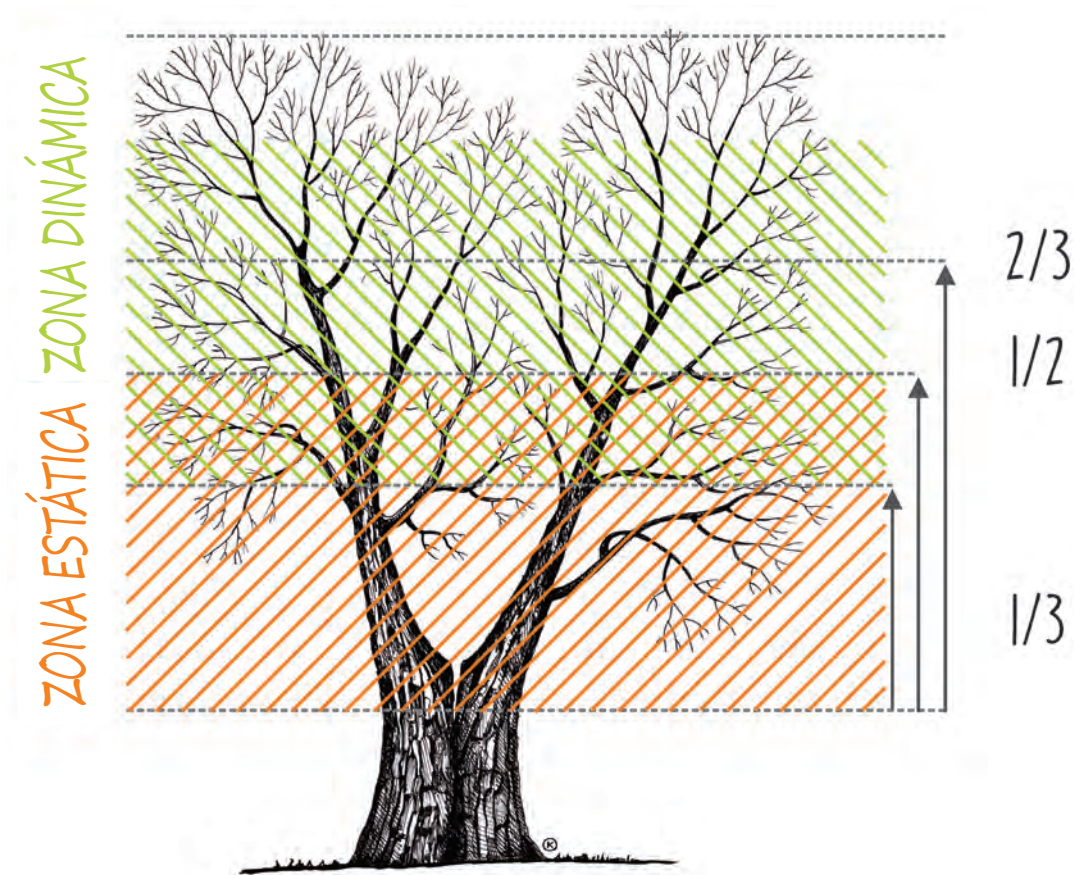


Figura 5: Altura de la instalación

4.3.10 La **longitud de las cuerdas o cables** y su ubicación deben diseñarse de forma que, en caso de fallo de la rama, la parte asegurada quede retenida. Si la parte estabilizada falla, el daño a la diana puede minimizarse con un sistema de estabilización correctamente instalado.

4.3.11 Para estabilizar una **rama horizontal**, tanto su base como su extremo deben asegurarse con cuerdas separadas para reducir el riesgo de daño. Considere las dimensiones y la posición de ambas cuerdas con respecto a su ángulo.



Figura 6: Asegurar una rama horizontal para evitar daños en caso de fallo

## 4,4 Ángulo de las cuerdas

4.4.1 Las fuerzas que actúan sobre las cuerdas y sus puntos de anclaje cambian con el ángulo de instalación de las cuerdas en relación con la dirección de la carga. La diferencia entre un ángulo de 90 grados y uno

de 30 grados puede aumentar la carga en un 100%. Por lo tanto, es necesario considerar el aumento de la especificación de carga para las cuerdas y puntos de anclaje en los casos en que se instalen con carga oblicua.

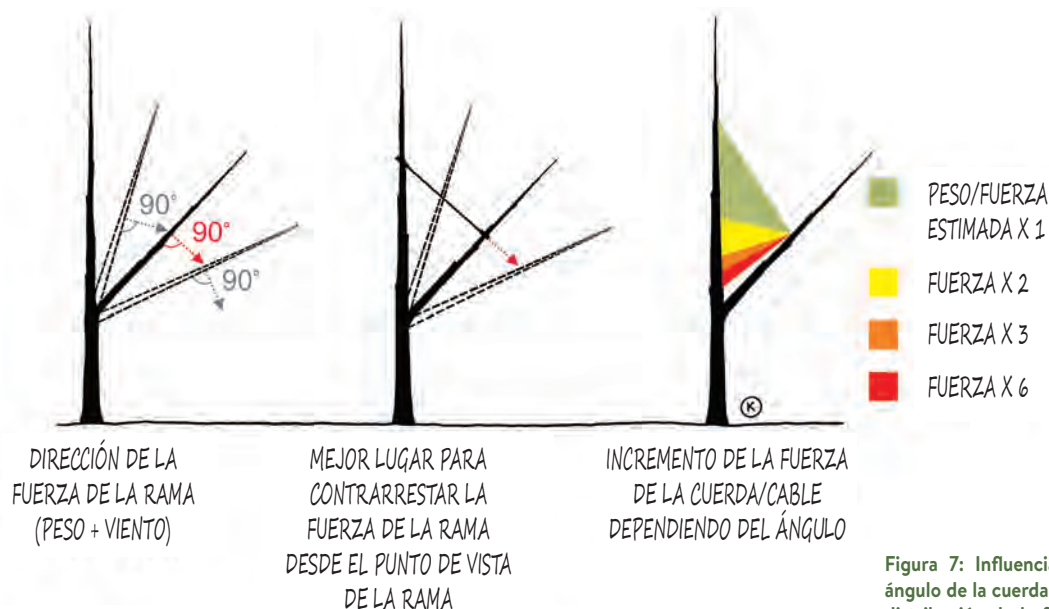


Figura 7: Influencia del ángulo de la cuerda en la distribución de la fuerza

## 4,5 Sistemas dinámicos de estabilización de la copa

4.5.1 Utilice únicamente sistemas suministrados con instrucciones detalladas por el productor/fabricante. La información requerida incluye:

- resistencia mínima a la rotura de todo el sistema;
- procedimiento de instalación (manual);
- régimen de control prescrito (por ejemplo, inspección básica o detallada) y calendario (por ejemplo, inspección anual);
- máxima vida útil en el árbol<sup>5</sup>.

4.5.2 Los sistemas dinámicos requieren una supervisión y un ajuste regular (de acuerdo con las instrucciones del fabricante).

4.5.3 Los sistemas dinámicos deben instalarse en la parte dinámica de la copa y deben ser proporcionales a los movimientos del árbol en ese lugar. Deben instalarse con holgura en la cuerda, teniendo en cuenta el crecimiento futuro de los árboles y los cambios estacionales (véase 4.5.12).

4.5.4 Hay que tener en cuenta que los sistemas de cableado dinámico pueden sufrir daños, por ejemplo, a causa de la fricción o de algunos animales.

4.5.5 Para evitar daños por fricción, las cuerdas de la copa no deben tocarse entre sí ni entrar en contacto con las ramas (incluso las más pequeñas).

4.5.6 Se debe instalar una funda alrededor de la cuerda si no se puede evitar.

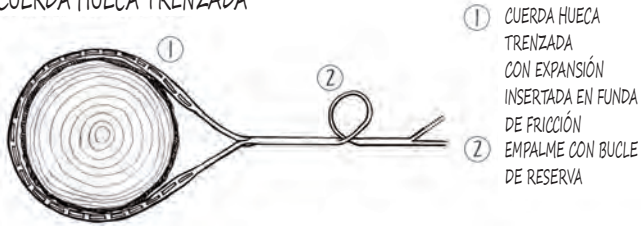
Algunos sistemas de cableado dinámico se entregan con una correa de posicionamiento, que se instala alrededor de los troncos. El uso de la correa de posicionamiento se describe en las instrucciones del fabricante.

4.5.7 Durante la instalación de los sistemas de cableado, deben seguirse las instrucciones del fabricante. Se recomienda que todas las piezas del sistema sean del mismo fabricante.

4.5.8 La cuerda que soporta la carga debe conectarse a la fijación del tronco de la siguiente manera:

<sup>5</sup> La vida útil mínima es de 8 años según el punto 3.1.8.

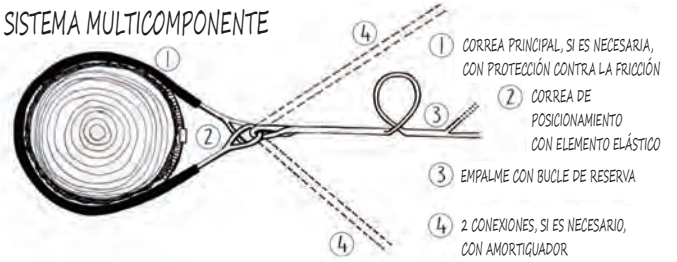
### CUERDA HUECA TRENZADA



- ① CUERDA HUECA TRENZADA CON EXPANSIÓN INSERTADA EN FUNDA DE FRICCIÓN
- ② EMPALME CON BUCLE DE RESERVA

Figura 8: Conexión de la cuerda trenzada hueca (la conexión de la cuerda puede variar según las instrucciones del fabricante)

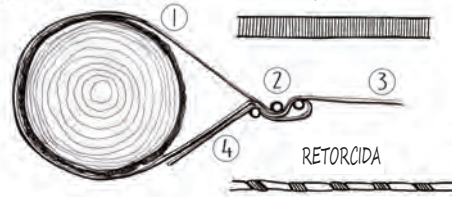
### SISTEMA MULTICOMPONENTE



- ① CORREA PRINCIPAL, SI ES NECESARIA, CON PROTECCIÓN CONTRA LA FRICCIÓN
- ② CORREA DE POSICIONAMIENTO CON ELEMENTO ELÁSTICO
- ③ EMPALME CON BUCLE DE RESERVA
- ④ 2 CONEXIONES, SI ES NECESARIO, CON AMORTIGUADOR

Figura 9: Conexión del sistema multicomponente

### FIJACIÓN DE LA CORREA



- ① BUCLE DE LA CORREA, SI ES NECESARIO, CON FUNDA DE FRICCIÓN
- ② HEBILLA DE FIJACIÓN
- ③ CORREA, PLANA O RETORCIDA
- ④ RESERVA DE REAJUSTE CON CLIP ADICIONAL

Figura 10: Conexión de la correa

4.5.9 La distancia entre la rama y el elemento de bloqueo debe ser de al menos  $0,5 \times$  el diámetro de la rama en el punto de instalación (Figura 11).

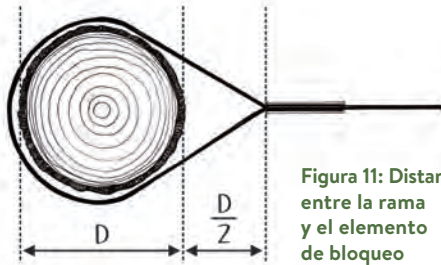


Figura 11: Distancia entre la rama y el elemento de bloqueo

4.5.10 El ojo del elemento de bloqueo (punto de fijación) debe estar recubierto (para evitar la fricción entre la cuerda y la rama).

4.5.11 El elemento de bloqueo debe fijarse según las instrucciones del fabricante.

4.5.12 Los sistemas de cableado dinámico deben instalarse con holgura (véase la Figura 12):

- para cuerdas de hasta 5 m de longitud, procure que haya un 10-15% de holgura;
- para las cuerdas más largas, procure que haya entre un 5 y un 10% de holgura.

También hay que tener en cuenta el movimiento previsto de las ramas aseguradas.

4.5.13 En algunos casos es aceptable una mayor o menor holgura, según la opinión de los expertos (véase también 4.5.21). La holgura debe calcularse para el período en que el árbol tiene hojas. En invierno, la holgura puede superar estos valores en las especies caducifolias.

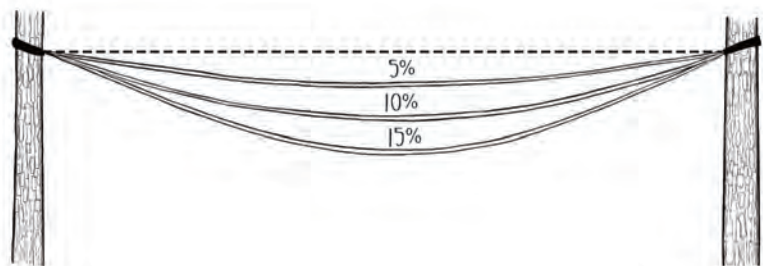


Figura 12: Demostración de la holgura en un sistema de cableado dinámico

- 4.5.14 Deberá haber una reserva suficiente de cuerda tras el elemento de bloqueo o en el bucle gradual para permitir que pueda liberarse el sistema durante las inspecciones detalladas.
- 4.5.15 Es posible utilizar más de un sistema de cableado en un árbol o una combinación de sistemas dinámicos y estáticos si es necesario, en función del alcance de la desesta-

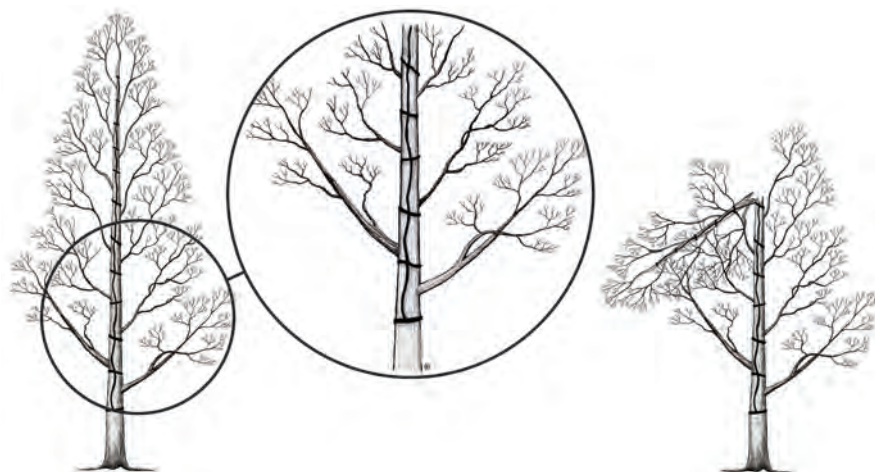
- bilización mecánica y del tamaño de la copa.
- 4.5.16 Hay que tener muy en cuenta la longitud de las ramas, el ángulo de la cuerda, la masa de las ramas, la altura de la instalación y la fuerza del viento. En algunos casos, es aconsejable un análisis de la carga más detallado.
- 4.5.17 Las resistencias mínimas sugeridas para los sistemas dinámicos<sup>6</sup> se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2: Resistencias mínimas sugeridas para los sistemas dinámicos**

Diámetro de los troncos/ramas en la base [mm]	Resistencia mínima a la rotura de la cuerda [KN]
hasta 400	20 (2 t)
400-600	40 (4 t)
600-800	80 (8 t)
más de 800	configuración a medida para cada caso individual

- 4.5.18 Un sistema sólo es verdaderamente dinámico si las fuerzas que se le aplican son lo suficientemente grandes como para deformar el material. Si un sistema está sobredimensionado (incluso con materiales elásticos), será de naturaleza estática porque las fuerzas que se le apliquen serán demasiado bajas para la deformación elástica del material.
- 4.5.19 Por lo tanto, la resistencia mínima a la rotura de los sistemas dinámicos no debe superar significativamente los valores indicados en la Tabla 2, para evitar el riesgo de cargas de choque inesperadas.
- 4.5.20 La resistencia a la rotura mínima declarada de todo el sistema debe mantenerse durante toda su vida útil en el árbol (hasta la fecha de expiración).
- 4.5.21 Hay varias formas de utilizar los sistemas dinámicos:
- **sistema de "prevención de rotura"**: instalación con holgura de acuerdo

- con el punto 4.5.12;
- **sistema de "prevención de daños"**: instalación con mayor holgura para permitir el movimiento natural y que sólo sirva para atrapar las ramas o troncos en caso de fallo. Hay que prestar atención a la resistencia a la rotura requerida de los materiales, ya que cabe esperar un factor de caída;
- **sistema "trenzado"** (véase la Figura 13) - para asegurar las copas de los árboles o las ramas y evitar que sus partes caigan al suelo, en los casos en que no haya un punto de anclaje suficiente (sistema de autorretención). Hay que prestar atención a la resistencia a la rotura requerida de los materiales, ya que es de esperar un factor de caída.



**Figura 13: Ejemplo de sistema "trenzado"**

<sup>6</sup> Fuente: ZTV Baumpflege.

## 4,6 Sistemas estáticos de estabilización de la copa

4.6.1 Los sistemas estáticos de estabilización pueden instalarse en varias configuraciones utilizando diversos materiales<sup>7</sup>. La Tabla 3 enumera los métodos utilizados

en los países europeos. Sin embargo, puede haber diferencias sustanciales entre los métodos preferidos en los distintos países/regiones (véase el anexo nacional):

Tabla 3a: Resumen de los sistemas estáticos de estabilización de la copa

Método	Técnica	Ventajas	Desventajas
Cuerda sintética.	La cuerda estática sintética está conectada a una correa sintética, que se ata alrededor de la rama o el tronco. Sólo debe utilizarse como sistema de estabilización temporal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil instalación.</li> <li>• Si se instala adecuadamente (tensión correcta/tubo protector, etc.), causa un daño mínimo al árbol en el momento de la instalación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La cuerda debe instalarse bajo tensión, lo que provoca una conexión firme entre la correa y la rama. Existe una alta probabilidad de que la correa sea rápidamente absorbida por el árbol/la rama y, por tanto, cause daños.</li> <li>• La cuerda es sensible a la fricción y puede dañarse (por vandalismo, animales, etc.).</li> </ul>

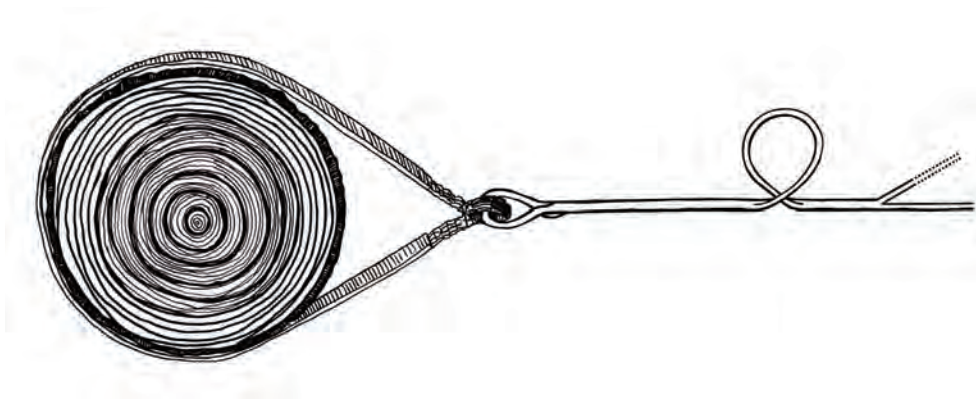


Figura 14: Conexión de un sistema estático con cuerda sintética

<sup>7</sup> Fuente: Hoja informativa de VETcert, editada.

Tabla 3b: Resumen de los sistemas estáticos de estabilización de la copa

Método	Técnica	Ventajas	Desventajas
Sistema de cable y listones alrededor de la rama o tronco.	El cable de acero conecta las ramas y se enrolla alrededor de los listones. Este sistema se recomienda en los casos en los que se espera la descomposición de la rama o el tronco en el lugar de instalación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se instala adecuadamente (tensión/forma correcta de los listones, etc.), causa un daño mínimo al árbol.</li> <li>• Puede utilizarse en ramas o troncos parcialmente descompuestos cuando el grosor de la pared residual es suficiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación exigente. Si no se instalan y controlan correctamente, los listones pueden causar daños en la rama, o pueden caerse.</li> <li>• En caso de viento extremo, el movimiento de las ramas puede liberar la tensión del sistema y la conexión entre la cuerda y los listones puede dañarse.</li> </ul>

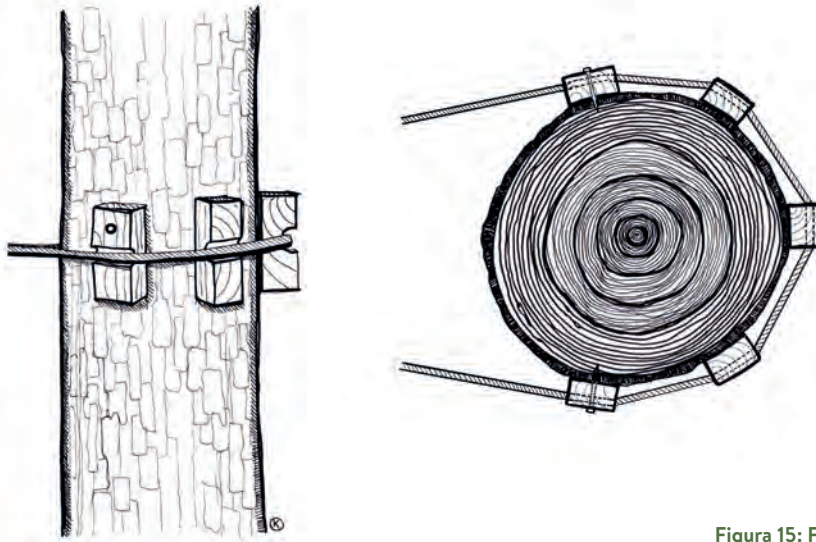


Figura 15: Fijación del sistema de cable y listones



Figura 16: Formas recomendadas de instalar el sistema de cable y listones

Tabla 3c: Resumen de los sistemas estáticos de estabilización de la copa

Método	Técnica	Ventajas	Desventajas
<p>Cable de acero conectado a pernos o varillas roscadas con tuercas de ojo, perforados a través del tronco.</p>	<p>Se perfora un orificio a través de la rama o tronco estrictamente en la línea del cable, a través del cual se instala una varilla roscada o un perno de ojo, asegurados por una arandela y una tuerca. Un cable de acero se fija al perno o a la tuerca de ojo. Los guardacabos evitan el aplastamiento del cable en el punto en el que se fija. Es una buena práctica taladrar un orificio del mismo diámetro (no mayor) que la varilla roscada/perno instalado y utilizar arandelas grandes, que deben estar en total contacto con la albura viva (retirar la corteza).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No es necesario reinstalar.</li> <li>• Posibilidad de integración en partes aseguradas por crecimiento radial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daña el duramen o la <i>ripewood</i> y puede provocar o acelerar el desarrollo de la descomposición.</li> <li>• Puede ser más exigente en cuanto a habilidades y experiencia cuando se instala en ramas o troncos de gran diámetro debido a la necesidad de perforar un orificio recto hasta el final.</li> <li>• No se puede instalar donde hay signos de descomposición fúngica y cavidades.</li> </ul>

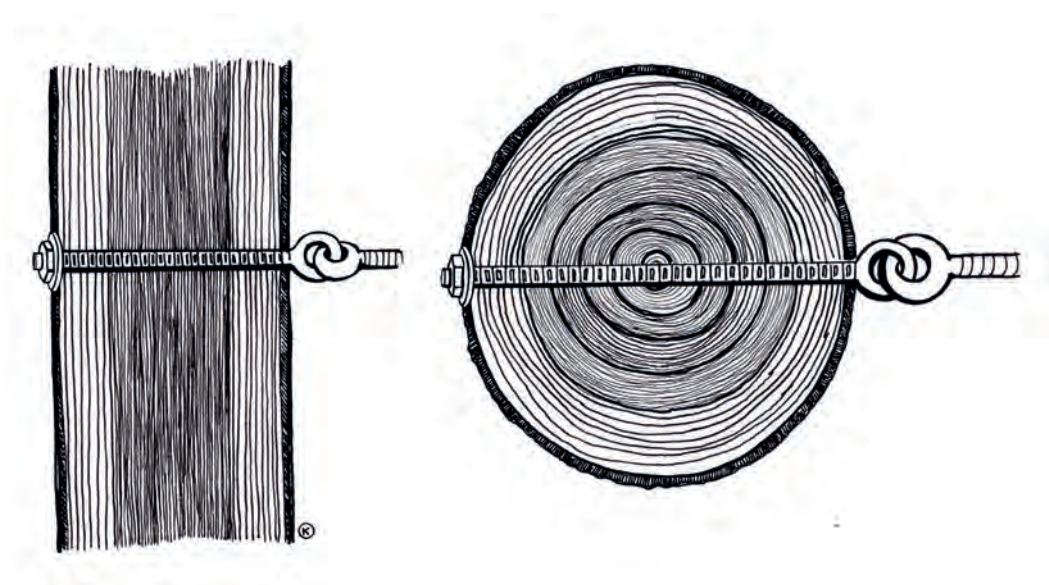


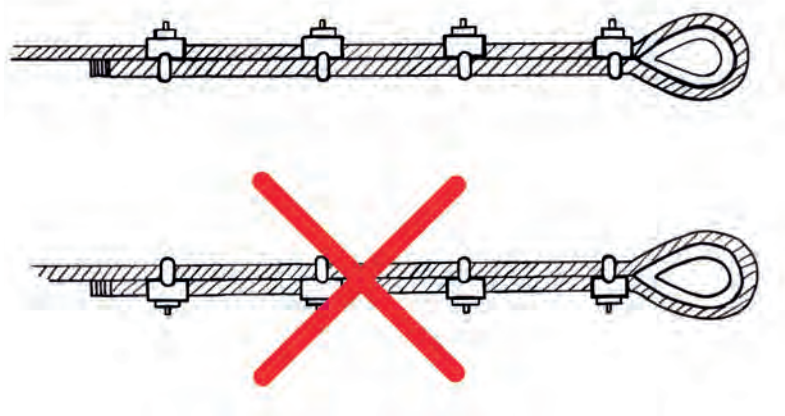
Figura 17: Detalle del sistema estático perforado

- 4.6.2 Todos los componentes que soportan cargas deben tener una resistencia mínima suficiente para durar toda la vida útil del sistema.
- 4.6.3 Las resistencias mínimas para los sistemas estáticos<sup>8</sup> se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 4: Resistencias mínimas sugeridas para los sistemas estáticos**

Diámetro de las ramas/troncos [mm]	Resistencia mínima a la rotura [kN/t]
hasta 400	40 kN (4 t)
400-600	80 kN (8 t)
600-800	160 kN (16 t)
más de 800	configuración a medida para cada caso individual

- 4.6.4 En algunos casos específicos (inusuales), es aconsejable un análisis de la carga más detallado.
- 4.6.5 Los propietarios o gestores de los árboles deben recibir un listado en el que se enumeran todos los materiales y componentes utilizados.
- 4.6.6 Los materiales y componentes metálicos deben ser resistentes a la corrosión (por ejemplo, recubiertos de zinc como mínimo). Todos los materiales y componentes metálicos deben ser del mismo tipo de metal (no se puede mezclar acero inoxidable/zinc/acero), de lo contrario se producirán problemas de corrosión electrolítica.
- 4.6.7 Los cables de acero de la copa no deben tocarse entre sí.
- 4.6.8 Cada cable de acero debe fijarse con el número adecuado de gazas en la disposición prescrita (perno en U de la gaza en el extremo muerto del cable y puente de la gaza en el extremo vivo, véase la Figura 18-19) y con el par de apriete prescrito, según lo definido por el fabricante. El par de apriete de las abrazaderas debe comprobarse con una llave dinamométrica. Deben utilizarse abrazaderas adecuadas.



**Figura 18: Posición de las gazas para fijar el cable (el número de gazas depende del diámetro del cable)**

<sup>8</sup> Fuente: ZTV Baumpflege.

Tabla 5: Número de gazas y distancia entre ellas en función del diámetro del cable.<sup>9</sup>

Diámetro del cable [mm]	Mín. recomendado número de gazas	Distancia recomendada entre gazas [mm]
6-7	2	120
8	3	133
9-10	3	165
11-12	3	178
13	3	292
14-15	3	305
16	3	305

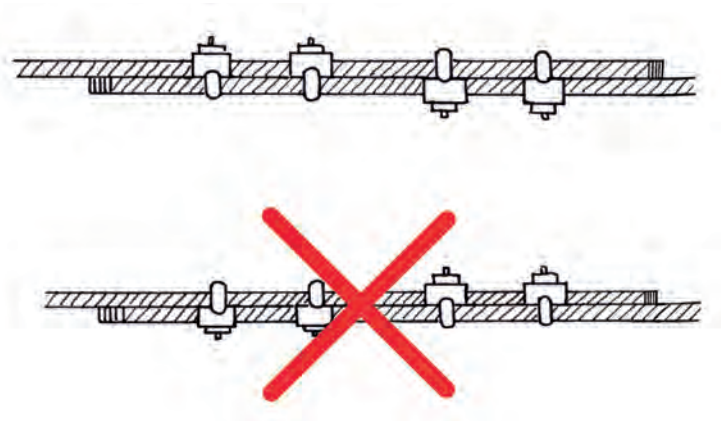


Figura 19: Posición de las gazas en la instalación de cables circulares (el número de gazas depende del diámetro del cable)

- 4.6.9 Cuando se conectan dos cables continuos independientes (instalación circular), se utilizan el doble de gazas de las recomendadas para una dimensión de cable determinada.
- 4.6.10 Si se utilizan grilletes, deben ser de calidad adecuada (resistencia a la rotura) y de configuración apropiada.
- 4.6.11 Las cuerdas sintéticas deben fijarse con el elemento de bloqueo recomendado por el fabricante.
- 4.6.12 El cable no debe tocar el árbol, ni ningún otro objeto, a menos que esté protegido de alguna manera, por ejemplo con un tubo, o conectado a una correa (con la excepción de los cables que pasan directamente por el tronco).
- 4.6.13 Para sistemas que se introducen a través del tronco mediante perforación:
- los agujeros perforados no deben atravesar los cuellos de las ramas;
  - se recomienda una distancia vertical de al menos 50 cm entre los agujeros perforados en la misma rama/tronco para evitar que se formen grietas entre ellos.
- 4.6.14 Para el sistema de cable y listones:
- el sistema debe instalarse bajo tensión para garantizar que las posiciones de los listones permanezcan fijas (para evitar que se aflojen con el viento);
  - se debe mantener una distancia de al menos 2 cm entre la cuerda y el tronco en el momento de la instalación;
  - se recomiendan listones de especies de madera dura; deben tener una anchura y longitud suficientes para evitar que el tronco crezca sobre ellos;
  - el espacio entre los listones debe ser mayor que su anchura (lo óptimo es 2 veces su anchura o más);
  - la forma y el diseño de los listones deben impedir que la cuerda se desplace y se caiga;
  - los listones que no están permanentemente bajo tensión, es decir, los exteriores, deben fijarse.

<sup>9</sup> Fuente: DIN EN 13411-5:2009-02: Terminaciones para cables de acero - Seguridad - Parte 5: Gazas con perno en U.

## 5,1 Introducción

- 5.1.1 Todo sistema de cableado debe ser inspeccionado regularmente a intervalos especificados por el fabricante. El calendario de las inspecciones y de los trabajos adicionales que deban realizarse deberá facilitarse al propietario o gestor de los árboles.

## 5,2 Mantenimiento de registros

- 5.2.1 Para facilitar las inspecciones periódicas de los sistemas de estabilización y controlar su vida útil máxima, se deben mantener registros de los árboles con sistemas de estabilización de la copa instalados.

- 5.2.2 Tras la instalación, el arbolista debe registrar la información sobre el sistema instalado y entregarla al propietario del árbol. Esta información debe cargarse en un sistema de información de gestión de árboles.

- 5.2.3 Los registros de los sistemas de estabilización deben incluir la siguiente información:
- ubicación (posición del árbol);
  - fecha de instalación;
  - motivo de la estabilización (característica biomecánica relevante);
  - datos de contacto del arbolista o de la empresa instaladora;
  - el intervalo o fecha de inspección propuestos;

- tipo de sistema de estabilización (dinámico, estático, etc.);
- altura (nivel) de la instalación;
- marca y modelo del sistema de estabilización (nombre comercial), si procede;
- capacidad de carga nominal (resistencia mínima a la rotura) del sistema de estabilización;
- número de cuerdas, cables, varillas, puntales, etc.;
- vida útil máxima del sistema.

- 5.2.4 Es aconsejable utilizar un sistema de información de gestión de árboles que permita registrar los controles e inspecciones rutinarios y que emita un aviso automático del fin de la vida útil del sistema de estabilización.

## 5,3 Inspección básica

- 5.3.1 En general, la inspección básica de un sistema de estabilización (y de un árbol estabilizado) se realiza al menos una vez al año. Debe considerarse la posibilidad de realizar una inspección adicional después de acontecimientos excepcionales (por ejemplo, condiciones meteorológicas adversas, terremotos, etc.). En algunos casos, pueden aplicarse períodos de inspección diferentes.

- 5.3.2 La inspección básica suele hacerse desde el suelo, con prismáticos, sin subir a la copa.

- 5.3.3 El momento óptimo para la inspección básica es durante el período de inactividad de los árboles (cuando están sin hojas).

- 5.3.4 Como mínimo, deben inspeccionarse los siguientes parámetros:
- ruptura de los sistemas de señalización de sobrecarga (si están presentes);
  - presencia de una holgura adecuada (en sistemas dinámicos);
  - estado del amortiguador (si se utiliza);

- ausencia de holgura o de otros signos de laxitud del sistema (en sistemas estáticos);
- grado de incrustación debida al crecimiento;
- estado actual del elemento bio-mecánico asegurado;
- en los sistemas dinámicos: confirmación de que el extremo del empalme sigue siendo visible, incluida la posibilidad de aflojar el sistema para adaptarse al crecimiento del árbol (sin tensión en el sistema, bucle gradual presente, etc.);
- ángulo agudo de la cuerda que entra en el empalme (si procede).

## 5,4 Inspección detallada

- 5.4.1 La inspección detallada del sistema de estabilización se realiza de acuerdo con las instrucciones del fabricante, al menos una vez cada 5 años (o en base a las instrucciones dadas por el instalador y/o el inspector, el intervalo que sea más corto). Además, se puede realizar una inspección detallada a petición, si se observan problemas.
- 5.4.2 La inspección detallada comprende un examen aéreo detallado del sistema in situ.
- 5.4.3 La inspección detallada incluye comprobar los parámetros enumerados en el apartado 5.3.4 y ajustar (reposicionamiento) o aflojar partes del sistema de estabilización, si es necesario, para adaptarse al crecimiento de los árboles.
- 5.4.4 La inspección detallada no incluye la sustitución de un sistema de estabilización o de sus piezas.
- 5.4.5 Es aconsejable combinar la inspección detallada de los sistemas de estabilización con cualquier mantenimiento de las copas (poda, etc.) de acuerdo con las especificaciones del plan de gestión de árboles.
- 5.4.6 La inspección detallada debe incluir la toma de fotografías de los principales elementos portantes del sistema de estabilización.

## 5,5 Sustitución

- 5.5.1 Los sistemas de cableado deben ser sustituidos:
- una vez alcanzada su vida útil máxima definida por el fabricante;
  - si hay daños en las partes portantes;
  - si el estado estructural del árbol ha cambiado significativamente;
  - tras el fallo de una parte importante del árbol;
  - tras la sobrecarga del sistema de cableado (algunos modelos incluyen un sistema de señalización de sobrecarga, como por ejemplo, un hilo de color con una menor resistencia a la rotura).
- 5.5.2 En caso de sustitución, debe adoptarse el mismo enfoque que con una nueva instalación, incluyendo una evaluación general del árbol.
- 5.5.3 Si se retira un sistema de estabilización que se ha incrustado en el árbol debido al crecimiento, hay que asegurarse de que no se dañe el árbol al retirar estas partes.
- 5.5.4 Si se requiere la sustitución de un sistema dinámico con holgura (no bajo tensión), debe llevarse a cabo en el siguiente orden:
- poda del árbol, si es necesaria;
  - instalar el nuevo sistema;
  - retirar el sistema antiguo.
- 5.5.5 Si se requiere la sustitución de un sistema dinámico bajo tensión, después de la evaluación de la distribución de la carga modificada, debe llevarse a cabo en el siguiente orden:
- poda del árbol, si es necesaria;
  - instalar un sistema de respaldo (conexión estática precargada temporalmente);
  - retirar el sistema antiguo;
  - liberar lentamente el sistema de respaldo con una cuidadosa comprobación del movimiento del defecto;
  - instalar el nuevo sistema.

5.5.6 Si hay que sustituir un sistema dinámico por uno estático, debe realizarse en el siguiente orden:

- poda del árbol, si es necesaria;
- instalar un sistema de respaldo (si está bajo tensión);
- instalar el nuevo sistema estático;
- retirar el sistema antiguo (dinámico);
- liberar el sistema de respaldo.

5.5.7 Si se requiere la sustitución de un sistema estático, debe realizarse en el siguiente orden:

- medir la tensión del cable que se va a sustituir con un tensiómetro para elegir el sistema de sustitución adecuado y conocer la fuerza necesaria para retirar el existente;
- poda del árbol, si es necesaria;
- decidir si es necesario un sistema dinámico adicional (aunque sea temporal) para reducir los efectos indirectos (concentración de tensión mecánica en nuevos puntos);

- instalar un sistema de respaldo;
- instalar el nuevo sistema estático.

Cuando se sustituyan los cables tensados, deben ser lo más parecidos al original, tanto en lo que respecta a su posición en el árbol como a la tensión ejercida. Un cambio repentino en la biomecánica del árbol puede provocar nuevas tensiones y un aumento, al menos temporal, de la probabilidad de fallo;

- retirar el sistema antiguo;
- liberar el sistema de respaldo.

5.5.8 No se recomienda sustituir o instalar sistemas adicionales de estabilización del árbol sin retirar los antiguos, a menos que se trate de una nueva debilidad biomecánica (emergente) del árbol.

## 6. Gestión del lugar de trabajo

### 6,1 Introducción

6.1.1 La estabilización de árboles es una operación muy especializada que debe planificarse y realizarse adecuadamente y supervisarse con regularidad. Este capítulo abarca las consideraciones adicionales de la estabilización de árboles, que pueden afectar al entorno y a los árboles vecinos.

### 6,2 Impacto en los suelos

6.2.1 Durante los trabajos de estabilización de árboles, el impacto en la calidad del suelo, que es esencial para la salud de los árboles, debe ser considerado a lo largo de toda la operación, incluyendo la gestión de los residuos.

6.2.2 Debe evitarse la compactación y degradación del suelo, o mitigarse si no pueden evitarse.

6.2.3 Para evitar la compactación y degradación del suelo, planifique cuidadosamente lo siguiente:

- acceso de entrada y salida del lugar de trabajo;
- ubicación de la estación de servicio (si procede);
- el estacionamiento/posicionamiento del equipo (camión, remolque, etc.) y, en particular, el posicionamiento de la PEMP, si procede.

6.2.4 Para evitar la compactación y degradación del suelo podría ser necesario cambiar el calendario de las operaciones (por ejemplo, fuera de la estación húmeda) o el plan de trabajo (por ejemplo, el tipo de PEMP utilizada).

### 6,3 Impacto en los árboles vecinos

6.3.1 Cuando se planifique cualquier trabajo en los árboles, debe tenerse en cuenta el impacto en los árboles vecinos. Otros árboles no deberían verse afectados negativamente por las medidas de estabilización, por ejemplo, por un cambio inaceptable en la distribución de la carga del viento.

6.3.2 Este efecto debe tenerse en cuenta especialmente en los casos en los que los árboles circundantes se utilizan para estabilizar el árbol en cuestión, o cuando se instalan sistemas de estabilización con cimentos subterráneos (por ejemplo, puntales).

6.3.3 Si no puede evitarse el impacto sobre los árboles vecinos, deben establecerse medidas de mitigación.

## REFERENCIAS

- Ball, J., Konda, T., 2000. Cobra: An Examination of an Alternative Tree Support System. *Tree Care Industry Magazine* (marzo): 8-16
- Bethge, K.C., Mattheck, C., Schröder, K., 1994. Dimensionierung von Kronensicherungssystemen ohne Windlastabschätzung. *Das Gartenamt* (4), 257-259
- Dahle, G., James, K., Kane, B., Grabosky, J., Detter, A., 2017: A review of factors that affect the static load-bearing capacity of urban trees. *Arboriculture and Urban Forestry*, 43(3), 89-106.
- DIN-German Institute for Standardization, 2009. DIN EN 13411-5: Terminations for steel wire ropes – Safety – Part 5: Sujetables con perno en U.
- James, K.R., 2002. An engineering study of tree cables. *Arborist News* (4), 35-39.
- Kane, B., Ryan, D., 2002. Discoloration and decay associated with hardware installations in trees. *Journal of Arboriculture*, 28(4), 187-193.
- Kolařík, J., et al., 2003. Péče o dřeviny rostoucí mimo les I., Český svaz ochránců přírody, Vlašim
- Kolařík, J., Ambros, A., Borský, J., Bulíř, P., Jašková, V., Ledvina, P., Praus, L., Růžička, P., Skotnica, J., Šarapatka, T., Vojáčková, B., 2019. Arboricultural Standard: "Crown Security System". Nature Conservation Agency of the Czech Republic.
- Lonsdale, D. 1999. Principles of Tree Hazard Assessment and Management. Arboricultural Association, ISBN: 9780900978579
- Reiland, Mark, Brian Kane, Yahya Modarres-Sadeghi y H. Dennis P Ryan. 2015. "The Effect of Cables and Leaves on the Dynamic Properties of Red Oak (*Quercus Rubra*) with Co-Dominant Stems." *Urban Forestry and Urban Greening* 14(4): 844–50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2015.08.010>.
- Schröder, K., 1998. Kronensicherung mit "Doppelgurtsystem Osnabrück" - Entwicklungen und Erfahrungen seit 1990. En *Jahrbuch der Baumpflege* 1998, 170-183.
- Schröder, K., 2002. Die Auffangsisicherung - integrales Element der Kronensicherung. *grünFORUM.LA* 9, S. 18-21.
- Shigo, A.L., 1991: *Modern Arboriculture: A Systems Approach to the Care of Trees and Their Associates*. Shigo and Trees. ISBN: 9780943563091
- Sinn, G., 2009. *Baumkronensicherungen*. Stuttgart : Ulmer
- Smiley, E.T., 2003: Does included bark reduce the strength of codominant stems? *Journal of Arboriculture* 29, 104-106.
- Smiley, E.T., Kane, B., 2006: The effects of pruning type on wind loading of *Acer rubrum*. *Arboric. Urban For.* 32, 33–40.
- Smiley, E.T., Lilly, S., 2007. *Best management practices: Tree support systems: Cabling, Bracing and Guying*. Champaign IL: International Society of Arboriculture.
- Stobbe, A., Dujesiefken, D., Schröder, K., 2000. Tree Crown Stabilization with the double-belt system Osnabrück. *Journal of Arboriculture* 26 (5): 270-274.
- Grupo de trabajo VETcert, 2019. Cable bracing, propping and related techniques – Hoja informativa disponible en <https://www.vetcert.eu/node/63>.
- Wessolly, L., Erb, M., 2014. *Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle*. Berlín; Hannover: Patzer.
- Wessolly, L., Vetter, H., 1998. Tips und Tricks bei der Kronensicherung von Bäumen. *Neue Landschaft* 43 (10): 747-750.
- ZTV-Baumpflege, 2017: Zusätzlich Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Baumpflege, 6. Ausgabe, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL), Bonn, 82 p., versión en inglés: *Additional Technical Terms of Contract and Guidelines for Tree Care*, 88 páginas.

## ABREVIATURAS

CE	Conformité Européenne (marcado administrativo que indica la conformidad con las normas de salud, seguridad y protección del medio ambiente para los productos vendidos en el Espacio Económico Europeo)
EAC	Consejo Europeo de Arboricultura
EAS	Estándares Europeos de Arboricultura
EN	Estándares Europeos
ETT	Técnico Europeo del Árbol
ETW	Trabajador Europeo del Árbol
UE	Unión Europea
RGPD	Reglamento General de Protección de Datos
ISA	Sociedad Internacional de Arboricultura
PEMP	Plataforma elevadora móvil de personal
EPI	Equipo de protección individual
TeST	Technical Standards in Treework (estándares técnicos del trabajo en árboles)
VETcert	Programa de Certificación de Especialistas en Árboles Veteranos

© Grupo de trabajo TeST – Technical Standards in Treework, 2022

	ČSOP Arboristická akademie	Sokolská 1095, 280 02 Kolín 2 República Checa	<a href="http://www.arboristicaakademie.cz">www.arboristicaakademie.cz</a>
	Natuurinvest	Havenlaan 88 bus 75 1000 Bruselas, Bélgica	<a href="http://www.inverde.be">www.inverde.be</a>
	Instytut Drzewa Sp. z o.o.	ul. Obozna 145, 52- 244 Wrocław Polonia	<a href="http://www.instytut-drzewa.pl">www.instytut-drzewa.pl</a>
	European Arboricultural Council e. V. (EAC)	Haus der Landschaft Alexander-von-Humboldt- -Str. 4 D-53604 Bad Honnef, Alemania	<a href="http://www.eac-arboriculture.com">www.eac-arboriculture.com</a>
	Silvatica s.a.s.	Via Solferino, 7 I - 31020 Villorba, Italia	<a href="http://www.silvatica.com">www.silvatica.com</a>
	Boomtotaalzorg B V	Lange Uitweg 27 3998 WD Schalkwijk Países Bajos	<a href="http://www.boomtotaalzorg.nl">www.boomtotaalzorg.nl</a>
	Doctorarbol	Carrer Solsones 4 Igualeda, Spain	<a href="http://www.doctorarbol.com">www.doctorarbol.com</a>
	SIA LABIE KOKI eksperti	"Annas koku skola", Klīves, Babītes pag., Babītes nov., LV-2107 Letonia	<a href="http://www.labiekoki.lv">www.labiekoki.lv</a>
	Lithuanian Arboricultural Center	M.K. Čiurlionio g. 110, LT-03100 Vilnius Lituania	<a href="http://www.arboristai.lt">www.arboristai.lt</a>
	ISA Slovensko	Brezová 2 921 77 Piešťany, República Eslovaca	<a href="http://www.isa-arbor.sk">www.isa-arbor.sk</a>
	Institut für Baumpflege	Brookkehre 60, D-21029 Hamburg, Alemania	<a href="http://www.institut-fuer-baumpflege.de">www.institut-fuer-baumpflege.de</a>
	Urbani šumari d.o.o.	Prudi 25a 10 000 Zagreb, Croacia	<a href="http://www.urbani-sumari.hr">www.urbani-sumari.hr</a>





Estándares  
Europeos  
de Arboricultura