

Las fuerzas sobre los anclajes durante la ascensión en SRT

Olivier Galai (Petzl) & Laurent Pierron (FTC)

Febrero 2019

RESUMEN

- **Introducción**
- **Lo que hay que recordar**
- **Más información:**
 1. Efecto polea
 - a. Teórico
 - b. Práctico
 2. Anclaje basal, impacto y diferencias de esfuerzo sobre los anclajes según la elongación de la cuerda
 3. Anclaje de la cuerda en la copa del árbol, esfuerzos sobre el anclaje según el tipo de bloqueo de la cuerda
 4. Síntesis y perspectivas

Introducción

El empleo de técnicas de acceso en srt con bloqueo de cuerda basal modifica la distribución de las cargas sobre los anclajes. Estas nuevas configuraciones de trabajo afectan a la aplicación real del efecto polea durante las fases de acceso.

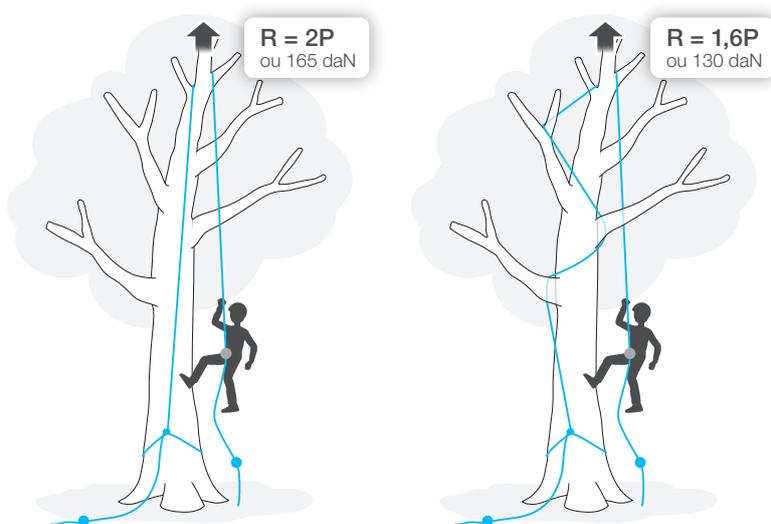
El objetivo de las pruebas realizadas es medir y comprender la distribución de las fuerzas en el sistema de acceso en función de los distintos parámetros (cuerda, anclaje, instalación).

Todas las pruebas se llevaron a cabo en laboratorio, tratando de acercarse lo mas posible a la realidad. Un trepador equipado con sensor de esfuerzo se desplazaría sobre la cuerda. Medimos los esfuerzos en diferentes puntos.

Lo que hay que recordar

• ¿Cuál es el impacto real del efecto polea sobre los anclajes según la fricción y/o los diferentes tipos de anclaje?

- El uso de una polea maximiza el esfuerzo sobre el anclaje superior (efecto polea).
- Una alta fricción sobre el anclaje superior (paso de la cuerda sobre una rama) reduce el esfuerzo sobre los anclajes superiores e inferiores.
- La fricción se puede producir tanto a nivel del anclaje superior como en el tramo que baja hasta el anclaje inferior aumentando los desvios naturales.
- La fricción aumenta sobre una rama, de gran diámetro, cubierta de corteza rugosa o al pasar por una bifurcación en "V".
- Si la cuerda pasa por muchas ramas creando cambios de ángulo, es posible reducir significativamente los esfuerzos sobre el anclaje inferior. En este caso, el esfuerzo sobre el anclaje superior será mínimo, es decir, de 1,6 a 2 veces el peso del escalador (ejemplo: $R=1,6 \cdot 80 \text{ daN} = 130 \text{ daN}$, donde R es el esfuerzo sobre el anclaje superior).



R=esfuerzo sobre el anclaje superior (en la rama superior)

• ¿Tiene la elongación (elasticidad) de la cuerda un papel importante en el esfuerzo ejercido sobre los puntos de anclaje?

En el caso de las cuerdas semiestáticas o "Dyneema", en condiciones normales de uso (sin caídas ni choques), la elongación de la cuerda tiene muy poco impacto en los esfuerzos ejercidos sobre los puntos de anclaje (alto/bajo/trepador). Este resultado es válido independientemente del modo de anclaje elegido (bloqueo superior o inferior).

En una cuerdas tipo "Dyneema", el esfuerzo sobre el punto de anclaje es ligeramente mayor que en una cuerda semiestática en uso normal.

-El esfuerzo en el punto de anclaje aumenta rápidamente cuando hay una sobrecarga dinámica, caída o choque, incluso de baja intensidad. Las cuerdas de "Dyneema" tienen una elongación muy baja y por lo tanto una capacidad de disipación muy baja.

-En caso de choque, casi no hay absorción en el sistema. Es el trepador quien absorbe el choque, por lo tanto hay un aumento real del riesgo de lesiones.

• ¿Cuáles son las verdaderas diferencias de esfuerzo a nivel del anclaje superior entre un bloqueo basal y un anclaje de cuerda en un punto elevado (cuerda fija)?

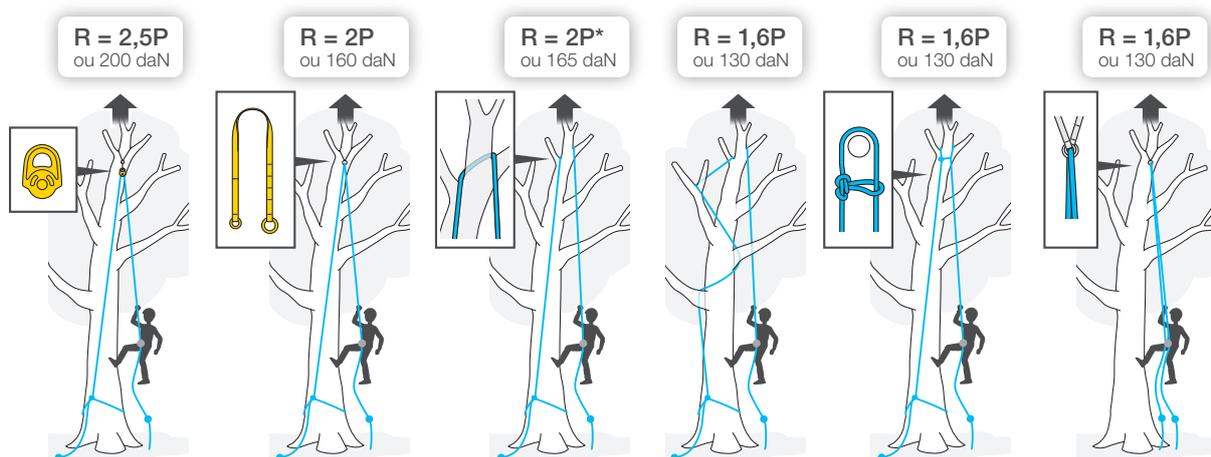
Con un bloqueo basal, los esfuerzos se distribuyen de forma uniforme (aprox. 2/3 en anclaje superior y 1/3 en anclaje inferior).

El esfuerzo a nivel del anclaje superior es:

- 2,5 veces el peso del trepador con una polea de alto rendimiento
- 1,6 veces el peso del trepador si hay mucha fricción en el sistema.

En el caso de bloqueo superior (cuerda fija), el esfuerzo a nivel del escalador es igual al esfuerzo del anclaje.

Los esfuerzos sobre el anclaje superior (R) son aproximadamente 1,6 veces el peso del escalador.



*El esfuerzo sobre el anclaje superior depende de la fricción ejercida, del diámetro, de la rugosidad de la corteza...

Para más información

Recordatorio

-¿Cómo se mide una fuerza o esfuerzo?

La fuerza se mide con un dinamómetro y se expresa en DecaNewton (daN).

Un decaNewton (daN) es equivalente a 1Kgf .

-Una masa de 80 kg suspendida de una cuerda ejerce una fuerza (el peso) de unas 10 veces su masa, es decir, una fuerza de 80 daN.

I. Efecto polea

1a. Teórico

P es la fuerza (o esfuerzo) generado por el escalador sobre la cuerda.

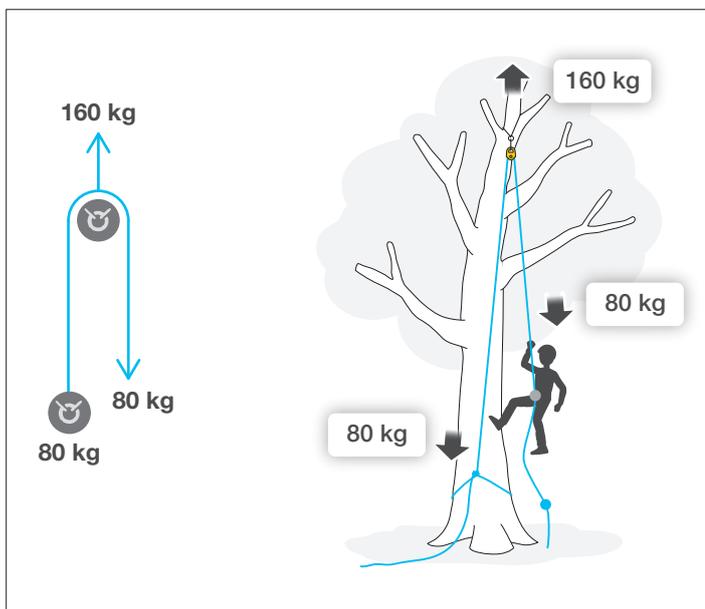
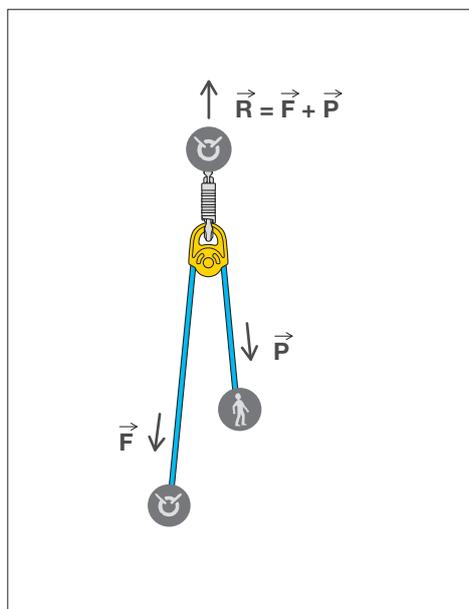
F es la fuerza generada sobre el anclaje inferior,

R es la fuerza generada sobre el anclaje superior.

En equilibrio, la reacción R del soporte es igual a la suma de las fuerzas P y F. Si tomamos el ejemplo de un bloqueo de cuerda basal, con una polea de rendimiento perfecto, en teoría deberíamos tener en suspensión:

Si $P=80\text{daN}$, P es la fuerza (o esfuerzo) generado por el escalador en la cuerda.

$F=80\text{daN}$ F es la fuerza generada sobre el anclaje inferior,
 $R=160\text{daN}$ R es la fuerza generada sobre el anclaje superior.



1b. Práctico

Hemos realizado una serie de pruebas para verificar cómo se aplica esta teoría a la práctica actual de poda (sin choques ni caídas).

En nuestro taller el trepador sube por la cuerda con bloqueadores mecánicos (Basic, Croll, Pantin pie derecho, Pantin pie izquierdo). El trepador asciende sin sacudidas.

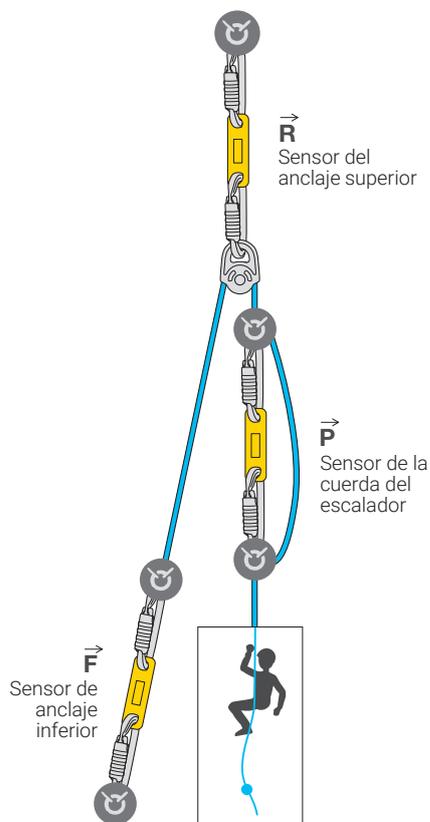
Protocolo de prueba

- Trepador + equipo 80kg
- Ascensión en cuerda (bloqueo al suelo), ángulo de la cuerda inferior a 30°
- Altura 10m y 20m
- Cuerda con una elongación del 4%
- Anclaje inferior, RIG PETZL
- Escalada normal, fluida y sin sacudidas

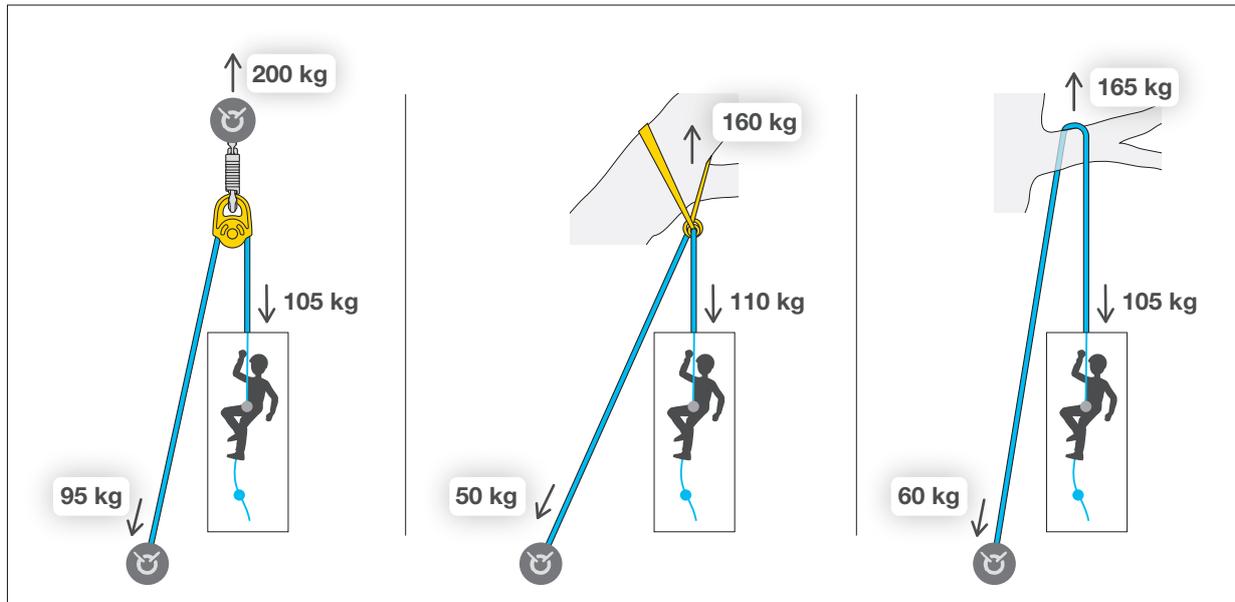
La variable es el tipo de anclaje superior. Hemos probado:

- Una polea de alto rendimiento (Rescue)
- Un salvacambio (Treesbee)
- Una rama (horquilla de 10 cm de diámetro), ángulo de apertura de 30° y corteza fina (sófora)

Tres sensores de esfuerzo en paralelo registran las mediciones del anclaje inferior, el anclaje superior y la cuerda del trepador. Para asegurar la repetibilidad de nuestro protocolo, cada prueba se repitió tres veces en cada altura y para cada configuración.



Para facilitar la comprensión, el valor utilizado es el valor máximo durante la fase de ascensión.



Cuerda 4% de elongación	R esfuerzo de anclaje superior	F esfuerzo de bloqueo basal	P esfuerzo sobre la cuerda del trepador*
Polea RESCUE PETZL	200	95	105
Salvacambium TREESBEE PETZL	160	50	110
Rama (horquilla)	165	60	105

*Los valores son valores registrados, en daN.

a) - En la polea, cabe señalar que la fuerza sobre el anclaje superior R es aproximadamente 2,5 veces el peso del trepador, durante una escalada normal sin sacudidas.
 $2,5 \times 80 \text{ daN} = 200 \text{ daN}$

- El esfuerzo sobre el anclaje inferior \approx al esfuerzo sobre la cuerda del escalador

> Con el uso de una polea sobre el anclaje superior, se comprueba el "efecto polea."

b) - Sobre un salvacambium, el radio de curvatura de la cuerda es cerrado.

- Sobre una rama, la fricción es elevada. Cuanto más grande sea la superficie, más fricción habrá.
 (Atención, el tipo de corteza afecta a esta fricción).

> Aumento del diámetro de la horquilla = disminución del esfuerzo sobre el anclaje superior.

En ambos casos, el anclaje superior está menos estresado que con una polea.

El bloqueo inferior F también está menos estresado, en un 35% aproximadamente, en comparación con el uso de una polea durante el ascenso del trepador.

En este caso el esfuerzo sobre el anclaje superior R es aproximadamente 2 veces el peso del trepador.
 $2 \times 80 \text{ daN} = 160 \text{ daN}$

Por lo tanto, el efecto teórico de la polea ($F + P = R$) no se aplica cuando se pasa la cuerda directamente alrededor de un eje del árbol o cuando se utiliza un salvacambium de anillas.

- > Es como si parte de los esfuerzos se perdiera por la fricción. El anclaje está menos estresado que con una polea.

Resulta interesante constatar que cuanto más fricción hay al nivel del anclaje (por ejemplo, mayor diámetro de rama), menor es el esfuerzo a nivel del anclaje superior (R).

- > Si la fricción sobre el tramo de cuerda comprendido entre anclaje basal y anclaje superior es demasiado elevada, nos acercaremos a los valores de una cuerda fija sobre el anclaje superior (bloqueando la cuerda en la parte superior), y el efecto polea desaparece. (Véase el punto 3)

Atención: Al instalar un sistema desembragable (por ejemplo, con fines de rescate), estos efectos de fricción pueden dificultar el descenso de la víctima. Pérdida de comodidad y fluidez.

2. Bloqueo de la cuerda en el suelo, impacto y diferencias de esfuerzo sobre los anclajes según la elongación de la cuerda.

Protocolo de prueba

- Trepador + equipo 80kg
- Ascensión en cuerda (bloqueo al suelo), ángulo de la cuerda inferior a 30°
- Altura 10m y 20m
- Una rama (horquilla de 10 cm de diámetro), corteza fina (sófora)
- Anclaje inferior, RIG PETZL
- Ascenso normal, fluido y sin sacudidas

La variable es el tipo de cuerda. Hemos probado:

- Cuerda de elongación inferior al 1,5%
- Cuerda de elongación entre el 1,5% y el 3,5%
- Cuerda de elongación 3%
- Cuerda de elongación 4%

Tres sensores de esfuerzo registran las mediciones en el anclaje inferior, el anclaje superior y la cuerda del trepador. Para asegurar la repetibilidad de nuestro protocolo, cada prueba se repitió tres veces en cada altura y para cada configuración



Descripción: Montaje para medir el esfuerzo en una horquilla.

Para facilitar la comprensión, el valor utilizado es el valor máximo durante la fase de ascensión.

Esfuerzo máximo	R esfuerzo de anclaje superior	F esfuerzo de anclaje inferior	P esfuerzo sobre cuerda trepadorador*
PARALLEL, Petzl EN 1891 Tipo A, elongación del 3% Poliamida	164	48	116
PLATINUM, Teufelberger EN 1891, Tipo A, elongación del 1,5%/3,5% Poliéster-Poliamida	167	55	112
RACER, Liros Elongación < 1,5% Camisa Polyester/Alma Dyneema	180	66	114
Cuerda de referencia EN 1891 Tipo A de elongación del 4%	165	60	105

*Los valores son valores registrados, en daN.

Los ensayos realizados no muestran diferencias significativas en la distribución de la carga entre las cuerdas de tipo A de la norma CE EN 1891, sea cual sea el tipo de anclaje (variable añadida durante el ensayo).

Se nota un aumento del esfuerzo sobre el anclaje de la cuerda de Dyneema.

Los valores de comparación utilizados en la tabla son los valores máximos durante la fase de ascensión, siendo los valores medios ligeramente inferiores a estos datos.

En el caso de uso normal, no hay una diferencia considerable en los esfuerzos sobre el anclaje.

Atención, los esfuerzos aumentan rápidamente en caso de choque y/o caída con un sistema rígido como una cuerda de dyneema.

3-Sistemas fijos: Diferencia de esfuerzos

¿Cuáles son los esfuerzos al acceder sobre cuerda fija? Configuración de bloqueo de cuerda con un nudo mariposa.

En 2014, un estudio realizado con la Federación Francesa de Espeleología y Petzl ha permitido cuantificar el esfuerzo al nivel del anclaje cuando un escalador progresa en el sistema SRT (cuerda fija), sobre una cuerda semiestática de 9 mm.

Protocolo de prueba

- Trepadores de 65, 74 y 81kgs
- Ascensión en cuerda fija (20m)
- Cuerda de 9mm CE EN1891, elongación del 3,6%
- Ascensos y descensos normales sin sacudidas,
- Ascensos y descensos bruscos (simulando la escalada de un principiante en la práctica o un reposicionamiento de los bloqueadores de manera "brusca")

- Variable: el peso del escalador

Un sensor de esfuerzo registra las mediciones sobre el anclaje superior de la cuerda fija. Para asegurar la repetibilidad de nuestro protocolo, cada prueba se repitió tres veces.

Diferentes configuraciones de escalada y descenso sobre cuerda de 20 m.

Trepador	R esfuerzo de anclaje superior	F esfuerzo de anclaje inferior	P esfuerzo sobre la cuerda del trepador*	
Escalada/ descenso "fluidos": cuerda de 9 mm				
1 (81 kg)	124	129	95	96
	133		96	
2 (65 kg)	89	90	78	78
	90		78	
3 (74 kg)	135	122	92	92
	108		92	
Escalada/ descenso "bruscos": cuerda de 9 mm				
1 (81 kg)	178	187	249	262
	195		275	
2 (65 kg)	126	131	220	223
	135		225	
3 (74 kg)	149	158	238	245
	167		252	

*Los valores son valores registrados, en daN

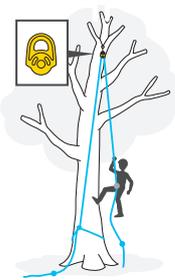
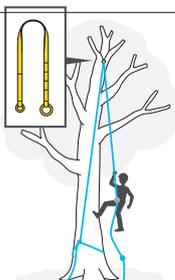
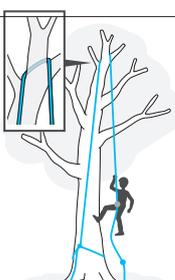
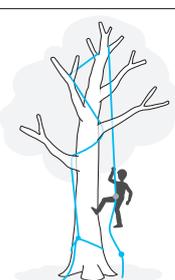
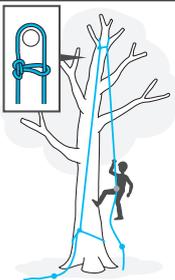
Cuando el escalador de 80 kg sube sobre su sistema fijo sin sacudidas, genera un esfuerzo de 130 daN. Eso es 1,6 veces su peso en escalada y 1,2 en descenso.

Para la misma escalada pero de forma brusca, el esfuerzo es de 186daN de media durante la fase de ascenso, es decir, 2,3 veces el peso del escalador, y en el descenso 261 daN de media, es decir, 3,2 veces el peso del escalador.

Podemos tener en cuenta que el esfuerzo sobre el anclaje superior es:

- 1,6 a 2 veces su peso en escalada, dependiendo de la fluidez
- 1,2 a 3 veces su peso en el descenso

4. Síntesis y perspectivas

	Ascenso y descenso fluidos	Ascenso y descenso bruscos	Rescate	Instalación
	2,5 X el peso del trepador sobre el anclaje superior	No probado	++++ Fácil y fluido	- Muy difícil de implementar
	2 X el peso del trepador sobre el anclaje superior	No probado	Posible instalando un sistema desembragable en el suelo, tenga cuidado, demasiada fricción podría	- Difícil de implementar
	2 X el peso del trepador sobre el anclaje superior	No probado	Posible instalando un sistema desembragable en el suelo, tenga cuidado, demasiada fricción podría	++ Muy fácil de implementar
	1,6 X peso del trepador sobre el anclaje	2 a 3 X peso del trepador sobre el anclaje	Limita la posibilidad de rescate en caso de problemas durante el acceso	= Fácil de implementar, pero un poco más largo en manipulaciones
	1,6 X peso del trepador sobre el anclaje	2 a 3 X peso del trepador sobre el anclaje	Limita la posibilidad de rescate en caso de problemas durante el acceso	= Fácil de implementar, pero un poco más largo en manipulaciones

Los resultados obtenidos no cambiarán las prácticas actuales. Ese no era el propósito de estas pruebas. Sólo queríamos entender ciertos puntos de nuestra actividad, en configuraciones normales de uso de nuestros sistemas.

Es interesante observar en un informe de prueba cuáles son las otras posibles aplicaciones de los resultados.

La fricción, por ejemplo, es un parámetro bien conocido en los árboles. Todos nosotros hemos tenido dificultades para recuperar una cuerda debido a una fricción importante.

Puede resultar interesante utilizar la fricción durante trabajos de tala para reducir las cargas sobre las poleas o al instalar la cuerda de acceso para reducir el esfuerzo en el anclaje superior durante la ascensión.

Esta última configuración nos lleva a plantearnos una pregunta importante:

¿Es necesario sistematizar y utilizar siempre sistemas de acceso desembragable?

- La fricción dificultará el uso de un sistema así.
- Si hay demasiadas ramas, el descenso de una persona herida al suelo será muy complejo de todos modos.

El uso de cuerda con un bajo porcentaje de elasticidad (tipo Dyneema) es una práctica relativamente corriente. Hemos observado que las diferencias en la elongación de las cuerdas tienen muy poco impacto en los esfuerzos sobre el anclaje, al menos en el uso "normal". Obviamente, no es el caso de los movimientos dinámicos (péndulo...), el choque o la caída. El cuerpo tiene capacidad de absorción pero sigue siendo limitada.

Por lo tanto, parece preferible trabajar con cuerdas con cierta capacidad de elongación. La dificultad consiste en obtener el compromiso adecuado entre la elasticidad, la comodidad de la trepada y la seguridad... Porque incluso si en nuestra práctica hay que evitar los choques o las caídas, la capacidad de elongación de la cuerda en estos casos extremos puede ayudar a limitar las consecuencias de una caída.

La comparativa entre el sistema fijo (bloqueo de la cuerda en la parte superior con un nudo mariposa y un anillo, por ejemplo) y el acceso sobre un sistema bloqueado en la parte inferior del árbol, muestra bastante bien que es muy fácil crear elevados esfuerzos sobre el anclaje de la parte superior sin ningún choque durante un ascenso fluido, cualquiera que sea el sistema de bloqueo establecido.

Por lo tanto, es muy importante no subestimar las dimensiones y la orientación del anclaje superior.

Cualquiera que sea el tipo de cuerda, fricción o tipo de anclaje, en situaciones normales de uso, durante un ascenso fluido el "anclaje" superior soportará por lo menos el equivalente a 1,6 veces el peso del trepador, en caso de circunstancias imprevistas (pequeño choque u otro), tendrá que soportar una carga mucho más elevada. Y en cualquier caso, es necesario tener en cuenta el rescate, lo que implica que el anclaje soporte la acción de dos trepadores.

Seleccione su anclaje con estas nociones en mente.

Cuídese. ¡¡¡¡Climb safe!!!!

