

# Protocolo para el Análisis de Estabilidad de Arbolado Mediterráneo

Por: Peter Sterken

## 1. Introducción

El protocolo de diagnóstico elaborado por el autor de estas líneas, ofrece un mejor entendimiento de cómo colapsa un árbol y cómo se previene.

El manuscrito, del cuál se ofrece el resumen presente, describe los principios en los que se basa el protocolo del autor: micología, biología, matemática, ingeniería eólica, comportamientos mecánicos, diagnóstico visual y sentido común.

Pero, sobre todo, aboga por la *integración* de métodos, criterios y conocimientos actuales.

El mensaje a transmitir es que, en la mayoría de los casos, los árboles se pueden diagnosticar perfectamente con la combinación de diagnóstico visual y el análisis de las fuerzas eólicas para la estimación de su estabilidad.

El protocolo y su línea de pensamiento son una primicia para la cuenca mediterránea, contemplando especies como por ejemplo *Eucalyptus* spp., *Celtis* spp., *Brachychiton populneus*., *Tipuana* spp., *Cercis siliquastrum*, *Cupressus sempervirens*, *Ficus* spp., *Pinus halepensis* y *P. pinea*.



## 2. El modelo V: Predicción de la velocidad crítica del viento

En las ciudades de Terrassa y Mataró (Cataluña), experimentos sobre palmeras y arbolado mediterráneo fueron llevados a cabo por el autor de estas líneas y apreciados colaboradores.

Las características registradas, como por ejemplo la forma de la copa y estabilidad radicular, fueron la base del “Modelo V” (© Sterken P. 2004).

*El objetivo de este modelo* computerizado es ayudar al especialista a apreciar mejor la interacción entre viento, geometría arbórea y propiedades de la madera viva.

*El objetivo del manuscrito* es ofrecer algunos criterios que sitúan los resultados de este modelo en el proceso del diagnóstico de arbolado, a la vez que atemperan los cálculos en los cuales este modelo y métodos similares (como por ejemplo “la estática de los árboles”) están basados.

Con este modelo matemático se puede predecir la *Velocidad Crítica del Viento* – “V”.

“V” es la velocidad del viento que causaría fractura - sea macroscópica o microscópica (en todas las direcciones anatómicas estudiadas) - de las fibras del tronco y ramas o vuelco (raíces de sostén). PELTOLA et al. (2000) describen una metodología similar, para arbolado forestal, donde se predice la velocidad crítica a la altura del dosel.

El modelo matemático predice automáticamente “V” al introducir los múltiples parámetros contemplados, incluyendo la extensión de la cavidad (siempre y cuando, por razones prácticas, este último factor sea incorporable). Cuando se determina que para un árbol y sus posibles colapsos, el resultado “V” es de 92km/h, se puede decidir ajustar “V” a las predicciones meteorológicas o los huracanes que puedan ocurrir con probabilidad. Concretamente, se puede introducir en el modelo una reducción de copa “virtual” que aumentaría instantáneamente “V” al nivel deseado, como por ejemplo 124km/h.

### **3. ¿Cuál es el espesor necesario de pared residual?**

La resistencia de árboles huecos ha sido siempre objeto de fascinación entre arboricultores y técnicos. Los criterios empleados han conllevado discusiones enconadas y públicas en Europa y especialmente en Alemania.

MATTHECK (2003) propone que el espesor de la pared residual no puede ser inferior a un tercio del radio del tronco ( $t/R= 0,3$ ), para prevenir el “colapso manguera” y el pandeo de la fina concha.

WESSOLLY (método SIA, 1998) por otro lado, publica la teoría opuesta, que muy a menudo llega a proponer y aceptar espesores infinitamente mínimos de pared residual. Para ello emplea la teoría de la flexión de un tubo hueco e idealizado.

En el manuscrito se ha incluido un estudio realizado sobre un *Eucalyptus camaldulensis* en Terrassa, Cataluña. Con el Modelo V y de acuerdo con la teoría de la flexión del tubo hueco, se calculó el diámetro y grosor de pared residual necesarios para diferentes alturas del árbol. Posteriormente, se contrastaron los resultados obtenidos con los criterios referentes al pandeo de Brazier, torsión y aplanamiento de la sección (el efecto “tubo de manguera”).

La literatura especializada sugiere que los diferentes colapsos de la pared residual de un árbol dependen principalmente del Módulo de Elasticidad y la resistencia a la compresión en distintas direcciones anatómicas, el diámetro y la forma del tronco y las distintas fuerzas. Lo cuál hace pensar que ratios  $t/R$  fijos y destinados al diagnóstico de estabilidad deberían ser tratados con cautela.

Y, por otro lado, se hace evidente que la pared residual *tampoco* puede ser tan fina como se predice matemáticamente con la teoría de la flexión de un tubo hueco e idealizado.

Lo expuesto en el manuscrito sugiere que la verdad estaría en un punto intermedio en vez de en los extremos.

### **4. Comportamientos de la estructura leñosa**

*¿Cuál es la verdadera razón por la que se rompen las cosas?*

El tronco de muchos árboles de elevada edad, puede ser mucho más seguro de lo que creemos para resistir un huracán. El tronco es grueso, la altura del árbol es relativamente baja y por distintas razones el empuje del viento en la copa es relativamente bajo.

La tensión en las fibras marginales del tronco, inducida por las rachas tormentosas, se quedaría muy por debajo de la resistencia a la compresión de dichas fibras.

Teóricamente, y de acuerdo con la teoría de la flexión de un tubo hueco, nuestro viejo árbol tan sólo necesitaría un grosor de pared residual mínimo (un ratio  $t/R$  bajo). Tanto la “estática de los árboles” (método SIA y test de tracción-Elastométodo, Wessolly 1998) como el Modelo V, se basan en éstos cálculos tradicionales para la predicción de fractura.

Sin embargo, varios autores científicos advierten que sólo se le puede conceder utilidad a dicha teoría *en el caso de circunstancias ideales* (GORDON, 1999; CODER, 2000; HORACEK, 2003).



La interpretación del tronco como si fuera un cilindro homogéneo y la contemplación de las acciones eólicas ejercidas en el árbol como si fueran un empuje simplificado, permiten el uso de matemáticas sencillas.

Pero los problemas estructurales muy comunes como las torsiones, delaminación, deslizamiento y concentraciones de tensiones pueden no obedecer a esta teoría y, por lo menos en un árbol, deberían ser tenidos en cuenta.

Al igual que el complejo comportamiento del viento.

## 5. Intervenciones destinadas a la conservación

*“...while remembering that the object is to retain the tree for as long as possible with the minimum risk.”* (MATTHECK y BRELOER, 1994)

Las posibilidades para conservar un árbol monumental o una palmera, con un nivel de riesgo aceptable, son prácticamente ilimitadas. Entre otros, el manuscrito describe los principios de la sustentación artificial no dañina y razonable.

## 6. Conclusión

En el manuscrito, el autor se limita a describir las bases del puzzle. Su idea personal del diagnóstico de estabilidad de arbolado, para él representa lo que sería “la piedra filosofal” para el alquimista.

Una idea que descifra la cuestión de la estabilidad.

El hecho es que el lenguaje corporal de un árbol, su expectativa de vida y valor monetario generalmente sólo requieren un diagnóstico visual experto.


Y la mayoría de los árboles caben en este protocolo.

Raras veces se precisa un diagnóstico instrumental.

Si el ejemplar tuviera un valor monetario extraordinario y si hubieran cuestiones sin resolver, cara a su estabilidad, se podría escoger entre la amplia oferta actual de métodos instrumentales exquisitos.

Y como fundamentan MATTHECK y BRELOER (1994): *“...no te fíes solamente de la tecnología – ya que ésta sólo puede medir lo que has visto.”*

Peter Sterken  
<http://www.sterken.be>  
 The V model: automatical prediction of the Critical Wind Speed



**INPUT**

Species = Cupressus sempervirens

Height =

Diameter 1 =

Diameter 2 =

Bark thickness =

t =

t/R =

Correction factor for cavities and other structural defects =

Calculate the Critical Wind Velocity -V- for this crown form, data and species

**RESULT**

Critical Wind Speed=

Breaking of the trunk=

Trunk at 1m height:

V =  km/h

With correction factor for cavities:

V =  km/h

Flexion of the shell:

V =  km/h

Example uprooting:

V =  km/h

**Autor:** Peter Sterken. Scharebrugstraat 132, Blankenberge (código postal: 8370), Bélgica. Residente en Madrid. e-mail: [peter@sterken.be](mailto:peter@sterken.be), página web: [www.sterken.be](http://www.sterken.be)

**Literatura consultada**

- (1) CODER, K.D. Tree Biomechanics Publication Series. University of Georgia Warnell School of Forest Resources, Athens, GA, USA. FOR00-13 through FOR00-32. 2000.
- (2) GORDON J.E.. Estructuras, o por qué las cosas no se caen. Celeste Ediciones. Madrid. 1999.
- (3) HORACEK P. Four Basic Arguments Against Mattheck's Axiom of Uniform Stress. 2003.
- (4) MATTHECK C., BRELOER H. The Body Language Of Trees. A handbook for failure analysis. Forschungszentrum Karlsruhe GmbH Technik und Umwelt. 1994.
- (5) MATTHECK, C., HÖTZEL, H. Baumkontrolle mit VTA. Rombach Verlag. 2003.
- (6) PELTOLA H., GARDINER B., KELLOMÄKI S. Comparison of Two Models for Predicting the Critical Wind Speeds Required to Damage Coniferous Trees. Ecological Modelling 129 (1-29). Elsevier Science B.V. 2000.
- (7) WESSOLLY L., ERB M. Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle. Patzer Verlag. 1998.