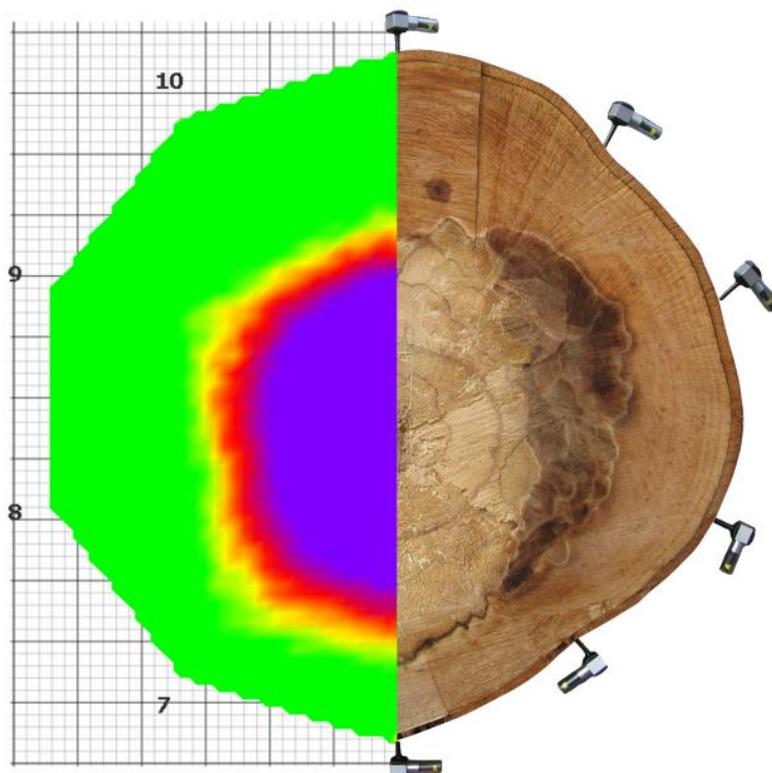


# ArborSonic 3D



*Manual del usuario*

*v5.1.30*

*mayo 6, 2015*



## ÍNDICE

<b>Introducción</b> .....	<b>3</b>
<b>Información del Fabricante</b> .....	<b>3</b>
<b>Principio de funcionamiento</b> .....	<b>3</b>
<b>Hardware- Partes del sistema</b> .....	<b>4</b>
<b>Hardware- Montaje</b> .....	<b>5</b>
<b>Hardware- Empleo de los sensores piezoeléctricos</b> .....	<b>6</b>
<b>Hardware- Amplificadores</b> .....	<b>7</b>
<b>Hardware- Batería</b> .....	<b>7</b>
<b>Hardware- Bluetooth y conexiones en serie</b> .....	<b>7</b>
<b>Software- Fundamentos</b> .....	<b>9</b>
<b>Software- Configuraciones de aplicación.</b> .....	<b>10</b>
<b>Software- Propiedades del árbol</b> .....	<b>12</b>
<b>Software- Geometría de los sensores- Fundamentos</b> .....	<b>13</b>
<b>Software – Geometría de los sensores – Circular, Elíptica e Irregular.</b> .....	<b>14</b>
<b>Software – Datos de Tiempos.</b> .....	<b>16</b>
<b>Software – Tomógrafo – Método de capa única</b> .....	<b>17</b>
<b>Software – Tomógrafo – Método Multicapa.</b> .....	<b>18</b>
<b>Software –Análisis estadístico.</b> .....	<b>19</b>
<b>Software –Archivo de imágenes.</b> .....	<b>22</b>
<b>Software – Elaboración de informes.</b> .....	<b>22</b>



## Introducción

Bienvenido al manual del usuario de ArborSonic 3D. ArborSonic 3D ha sido diseñado para detectar huecos no visibles, pudriciones o deterioro en el interior del tronco del árbol mediante técnicas acústicas no destructivas.

## Información del Fabricante:

ArborSonic 3D fabricado por:

Empresa: Fakopp Enterprise Bt.  
NIF en la UE: HU22207573

Dirección: Fenyo 26.  
Ciudad: Agfalva  
Código postal: 9423  
País: Hungría

Página Web: <http://www.fakopp.com>

E-mail: [office@fakopp.com](mailto:office@fakopp.com)

Teléfono: +36 99 510 996

Fax: +36 99 330 099

## Principio de funcionamiento:

- Se coloca un número variable de sensores alrededor del tronco del árbol, estos sensores se unen a la madera mediante unos clavos de acero.
- Cada uno de los sensores se golpea con un martillo.
- La unidad mide el tiempo de propagación de la onda sonora generada por el martillo en cada sensor.
- Si existe un hueco en el interior, las ondas sonoras lo rodearán, esto se traduce en un aumento del tiempo de recepción por los otros sensores.



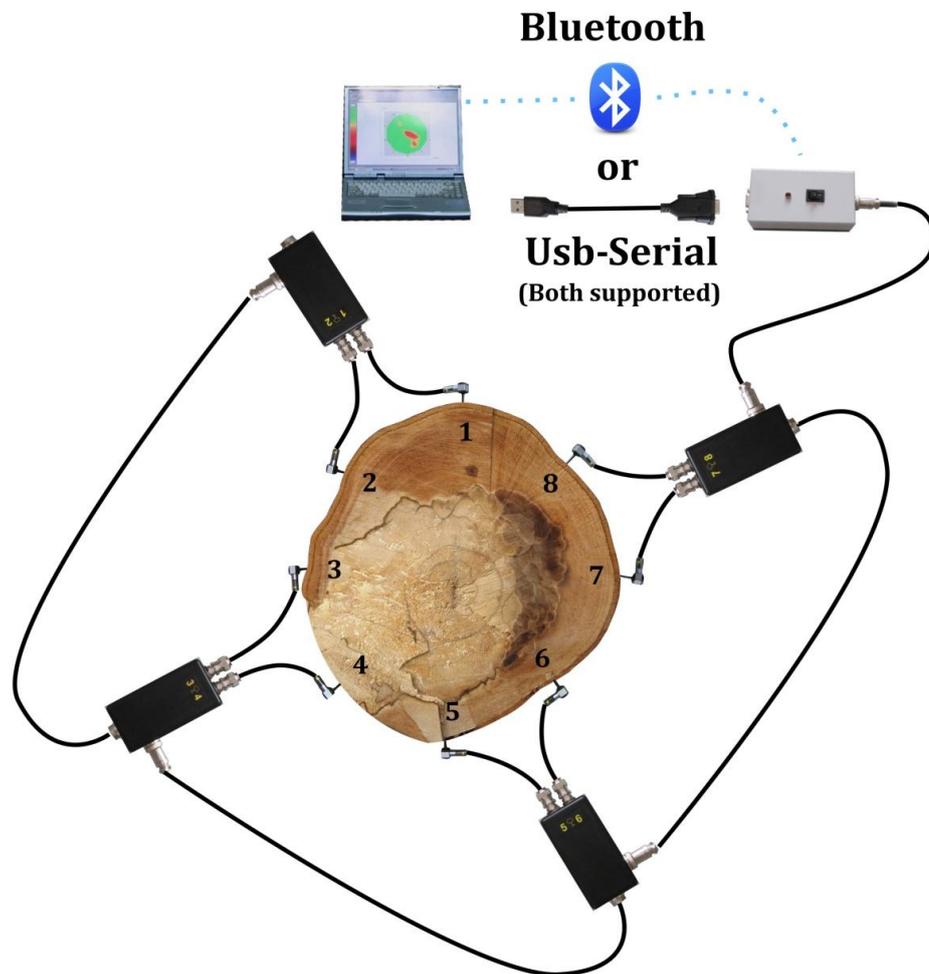


### Hardware- Partes del sistema:

Sensores piezoeléctricos	
Amplificadores (negros)	
Batería con conexión Bluetooth (gris)	
Cables	
Calibre	
Herramienta para sacar los sensores	
Cinta métrica	
Martillo de goma	
Martillo de acero	
Estuche	



## Hardware- Montaje



- Clavar los sensores en la corteza del árbol, estos están numerados y se colocan ordenados y en sentido anti horario según vista en planta.
- Conectar los sensores a las cajas amplificadoras.
- Los amplificadores se conectan en línea. Dos amplificadores consecutivos se conectan de forma que el conector lateral del primer amplificador quede unido al conector inferior del segundo y así sucesivamente.
- Conectar la batería al conector lateral del último amplificador de la línea.
- Establecer conexión de la batería y ordenador mediante cable o Bluetooth.



## Hardware- Empleo de los sensores piezoeléctricos

### Mantenimiento:

- Mantener el clavo y el cabezal de los sensores siempre limpios porque la suciedad puede afectar a la unión sensor-árbol.
- La numeración de los sensores es sólo indicativa, se pueden cambiar libremente (sin embargo la numeración de los amplificadores, sí es importante).

### Colocación

- Para fijar los sensores al árbol utilizar el martillo de goma
- Estos deben penetrar la corteza
- La unión entre clavo y madera es esencial, será correcta si el cabezal del sensor no se puede girar con tres dedos.
- Los sensores deben estar en contacto con madera intacta, sin deterioro.
- El valor de la profundidad de penetración (parámetro PD en la tabla de datos espaciales) del sensor se introduce en el software. Este parámetro es importante únicamente en el caso de árboles de pequeño diámetro, sin embargo para árboles de grandes diámetros éste pierde importancia.
- Es preferible que los clavos de los sensores estén orientados hacia el centro del árbol de esta forma se mejora la transmisión acústica entre sensores adyacentes.
- Los sensores deben colocarse en el mismo plano, no es necesario que este plano sea horizontal pero siempre perpendicular al eje del árbol.

### Medición:

- Golpear los cabezales de los sensores con el martillo de acero para registrar las lecturas de tiempos.
- Es importante retirar la cinta métrica antes de comenzar a golpear pues ésta puede actuar como inhibidor acústico.
- Se debe golpear siempre en el centro del cabezal y en la dirección del clavo. Si se ha golpeado accidentalmente de forma incorrecta se debe borrar el dato registrado y repetir la operación.
- El golpe con el martillo se debe hacer con una fuerza uniforme. En el caso de árboles de grandes dimensiones incrementar la fuerza. El valor de la fuerza no es decisivo.
- No golpear nunca en la parte de conexión del sensor.

### Retirada de los sensores

- Usar la herramienta diseñada para esta tarea siempre que sea posible.
- Si se retiran con la mano se debe girar primero y luego tirar, siempre en la dirección del clavo.
- Nunca tirar del cable.



- No usar ningún otro aparato para sacar los sensores porque pueden romper o doblar los clavos.

### Hardware- Amplificadores

- Para el montaje, primero se clavan los sensores, a continuación se colocan los amplificadores y por último los cables de conexión que los unen.
- Para desmontar el equipo, primero se desconectan los cables, luego los amplificadores y finalmente los sensores.
- Nunca se deben mover los sensores mientras permanezcan unidos a los amplificadores, esto, podría dañar los cables de conexión.
- Asegurarse de que la disposición de las conexiones amplificador-sensor es correcta.
- La numeración de los amplificadores es fundamental, el cruce de cables podría arruinar todas las mediciones.
- El conector inferior del amplificador debe ir unido mediante el cable al conector lateral del siguiente.



### Hardware- Batería

- Dispone de una batería de 9V y un transmisor Bluetooth
- Mantener la Batería apagada durante la conexión de los amplificadores.
- La batería puede conectarse a cualquier amplificador.
- Comprobar que la polaridad es correcta antes de cambiar la batería.
- Es válida cualquier batería normal o recargable de 9V.
- El LED situado en la caja parpadea durante 5 segundos antes de encenderse, este es el tiempo necesario para que se establezca la conexión Bluetooth con el ordenador.
- Si el LED parpadea de forma continuada sin detenerse, indica que el nivel de la batería es bajo.



### Hardware- Bluetooth y conexiones en serie

- La Batería se encarga de recoger y transmitir los datos al ordenador. Hay dos formas de establecer la conexión: mediante un adaptador USB o mediante un módulo Bluetooth.
- Existen dos pasos para establecer esta conexión. El primero es conectando el adaptador USB o el dispositivo Bluetooth a Windows, de las dos formas se debe asignar a la conexión un puerto COM o puerto serie mediante un código numérico específico. El segundo paso es introducir este código en el software. El propio software proporciona ayuda en los dos casos.



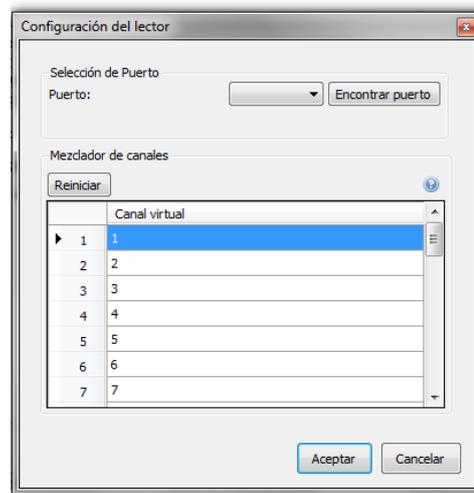
- Lo que se explica en el apartado siguiente corresponde con la conexión vía Bluetooth y no se aplica si ésta se ha establecido mediante adaptador USB. Se debe tener en cuenta que la máxima distancia que alcanza el Bluetooth es 6 metros. Para distancias mayores puede utilizarse un cable más largo que conecte Amplificador y Batería.

### Establecimiento de la conexión Bluetooth con la Batería

- En el caso de que el modo automático no esté funcionando, será necesario instalar el dispositivo de forma manual a través del Panel de Control. El objetivo de esta instalación es encontrar el puerto serie del dispositivo y iniciar el software después.
- Encender la Batería, empezar añadiendo el dispositivo Bluetooth de nombre ArborSonic 3D en el Panel de Control.
- Introducir el código PIN 1234.
- De esta forma WINDOWS debería haber instalado el dispositivo y haber detectado uno o dos puertos serie. Recordar el número del puerto serie instalado.
- Iniciar el software.

### Selección del puerto serie

- El siguiente paso será seleccionar en el software el puerto serie válido. Esto se realiza independientemente del dispositivo que se esté utilizando, tanto para Bluetooth como para cable USB.
- Iniciar el software, pinchar el icono  para abrir los ajustes, seleccionar la pestaña Dispositivo Lector. Después pinchar el icono  para abrir la ventana de configuración.
- Esperar hasta que se cargue la lista de puertos serie disponibles lo cual puede llevar hasta 1 minuto.
- Si se recuerda el número de identificación del puerto serie anteriormente instalado, seleccionarlo y cerrar la ventana pinchando ACEPTAR.
- Si por el contrario no se recuerda este número, existe una forma de obtenerlo; encender la batería y conectarla por lo menos a un amplificador que a su vez esté conectado a un sensor como mínimo, para ponerlo en marcha podemos utilizar cualquier pieza de madera y realizarlo desde la oficina sin necesidad de disponer de un árbol real.
- Pinchar el botón Buscar Puerto, aparecerán todos los puertos serie, disponibles y abiertos a cualquier señal que pueda ser recibida. Después golpear sobre cualquier sensor para generar datos.
- Se obtendrá una notificación del puerto serie que ha recibido la señal. A partir de este punto todo está listo para establecer la conexión y se puede pinchar ACEPTAR para





cerrar la ventana.

- Para comprobar que todo está funcionando correctamente, se reinicia el software y se crea una capa cualquiera con parámetros geométricos ficticios (lo más sencillo es escoger un círculo), ir a la página Datos de Tiempos. Si la conexión se ha realizado con éxito aparecerá el mensaje de color verde “Leyendo Dispositivo” y si se comienza a golpear los sensores, aparecerá en la tabla una fila de números con cada golpe de martillo.

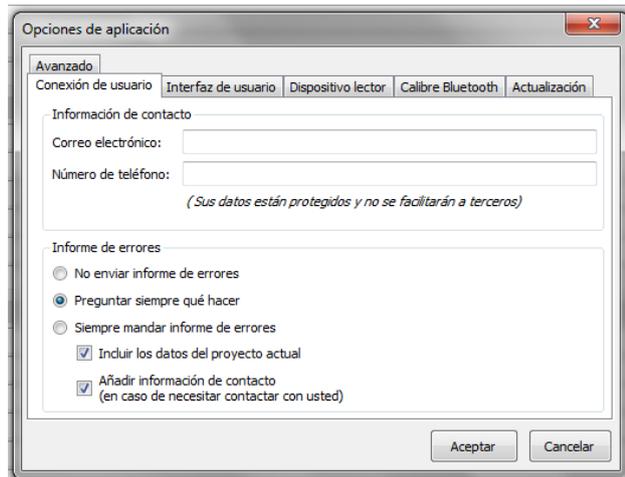
## Software- Fundamentos

- La última versión del software se puede descargar en <http://www.fakopp.com>
- El software se puede instalar en cualquier ordenador con Windows XP o más modernos.
- El software se encarga de:
  - Seleccionar los parámetros que definen el árbol (la especie, ...).
  - Escoger la geometría de los sensores.
  - Recopilar los datos de tiempo de ArborSonic 3D mediante Bluetooth.
  - Obtener el tomograma de la sección transversal interna del árbol.
  - Desarrollar los cálculos de estabilidad del árbol.
  - Generar un informe para los clientes.
  - Guardar y cargar proyectos anteriores.
- Los pasos que se deben seguir para realizar las mediciones son:
  1. Escoger una Capa de medición en el tronco.
  2. Iniciar el software y seleccionar la especie del árbol en cuestión.
  3. Indicar la geometría de los sensores de forma manual o con el calibre Bluetooth y colocarlos atendiendo a la misma.
  4. Recopilar los datos generados con el martilleo de los sensores.
  5. Si se requiere una medición a diferente altura, escoger una nueva Capa y repetir el proceso a partir del paso 2.
  6. Evaluar los gráficos de la sección transversal interna del árbol
  7. Desarrollar los cálculos de estabilidad.
  8. Guardar los cambios y exportar los datos al informe el cual se podrá imprimir más tarde.



## Software – Configuración de la aplicación.

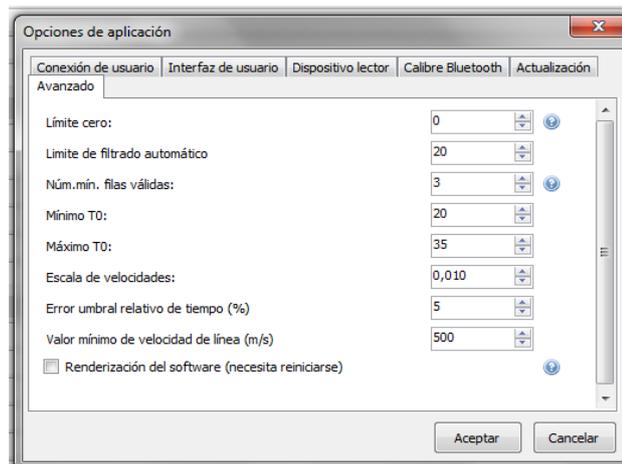
- Para acceder al menú de configuración de la aplicación, pinchar en . Este panel consta de diversas pestañas que permiten cambios en la configuración del software.
- En la pestaña *Conexión de usuario* es posible introducir los datos de contacto que serían utilizados para ponerse en contacto con el usuario únicamente en caso de producirse algún problema en el software. En caso de que se produjera un problema en el software se generaría un informe de fallo que sería enviado por correo electrónico a Fakopp Enterprises Bt.. Es posible seleccionar que el envío del correo sea automático o no y si se incluye la información de contacto así como los datos del proyecto en curso.
- En la pestaña *Interfaz de usuario* se puede seleccionar el idioma del software así como el sistema de medida a usar, Métrico o Americano (Estándar).
- La pestaña *Dispositivo de lectura* permite configurar el Bluetooth para la comunicación con el dispositivo Arborsonic 3D. La función del botón Empezar ya ha sido descrita anteriormente en el apartado “Establecimiento de la conexión Bluetooth con la Batería – Método Automático.”
- El botón “Configuración del lector”  abre la misma pantalla a la que se accede con el mismo botón desde la página de Software *Datos de tiempo*. Esta ventana permite seleccionar el puerto COM que ya ha sido descrito anteriormente en el apartado “Selección del puerto serie”. El valor de Timeout / Sensor controla el tiempo general de expiración de las comunicaciones, siendo su valor por defecto 30, adecuado en la mayoría de los casos. Pero si se presentan problemas con la conexión, como por ejemplo la pérdida de parte de los datos, tendría sentido incrementar este valor a 50 o incluso a 100, sin exceder este valor. La herramienta *Mezclador de canales* permite asignar una numeración diferente a la numeración de los canales físicos impresa en las Cajas Amplificadoras. Esto es de utilidad cuando se pierde una de las cajas, por ejemplo, la 5-6 pero se desea seguir realizando medidas con los 8 sensores utilizando las cajas 1-2, 3-4, 7-8, 9-10.
- El botón de diagnóstico del puerto  es una herramienta muy útil para monitorizar los datos, en bruto, recibidos del dispositivo. En realidad se trata de una aplicación simple de TELNET. Abre todos los puertos y accede a cualquier dato que se reciba. Utilizando el botón “Guardar” estos datos se pueden guardar en un fichero externo.
- En la pestaña *Calibre Bluetooth* es posible seleccionar el puerto COM del calibre Bluetooth.
- En la pestaña *Actualización* es posible habilitar o deshabilitar las actualizaciones automáticas del software vía Internet. Esta función está habilitada por defecto, por lo que se recibirán las actualizaciones automáticamente cada vez que se arranque el software.





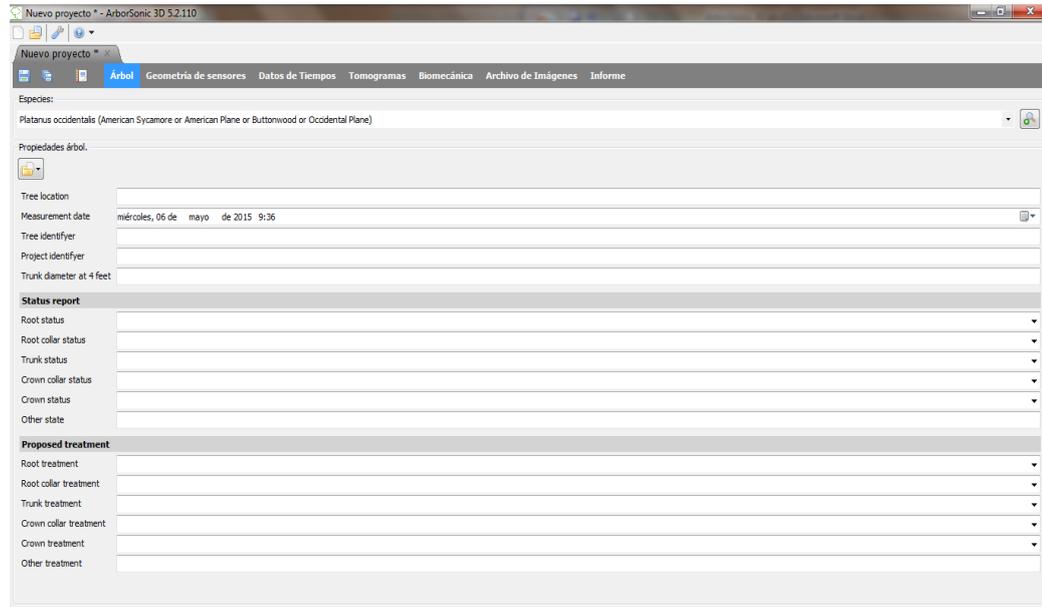
## ArborSonic 3D Manual del usuario

- En la pestaña *Avanzado*, Límite cero es el límite numérico por debajo del cual cualquier tiempo medido se considera cero. El valor por defecto y recomendado es 0 que de hecho deshabilita esta función.
- *Límite de filtrado* automático es la diferencia límite en tiempo, que si se alcanza conlleva el filtrado de la fila de tiempos medida. El valor por defecto es 20.
- *Núm. mín. filas válidas* es el número mínimo de medidas de tiempo buenas requeridas de cada sensor. El valor por defecto es 3.
- *Mínimo y Máximo T0* son parámetros de límites de corrección de tiempo internos que están fuera del ámbito de este manual. Sus valores por defecto son 20 y 35.
- *Escala de velocidades* controla el escalado del mapa 3D en el eje z.
- *Error umbral relativo de tiempo* controla el nivel por encima del cual los valores en la matriz de tiempos de la pantalla Datos de Tiempo se presentan en rojo si el error relativo es mayor que dicho nivel. El valor por defecto es 5 %.
- *Valor mínimo de velocidad de línea* es el valor mínimo interno para cualquier velocidad de línea medida, con valor por defecto de 500 metros / segundo.
- *Corrección de Tiempo para sensores largos* se deberá ajustar a -12. Este valor se debe utilizar únicamente con sensores largos.
- *Renderización de software* deberá utilizarse cuando se presenten problemas en la presentación de las imágenes tomográficas. El software deberá reiniciarse cuando se cambie este ajuste.

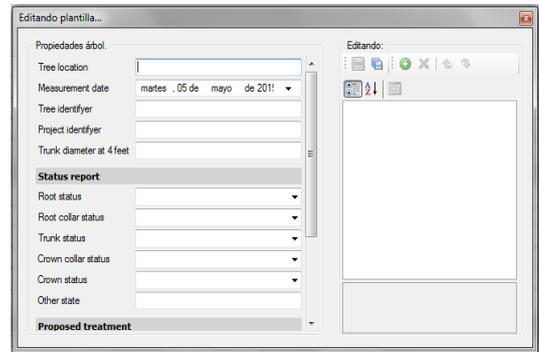




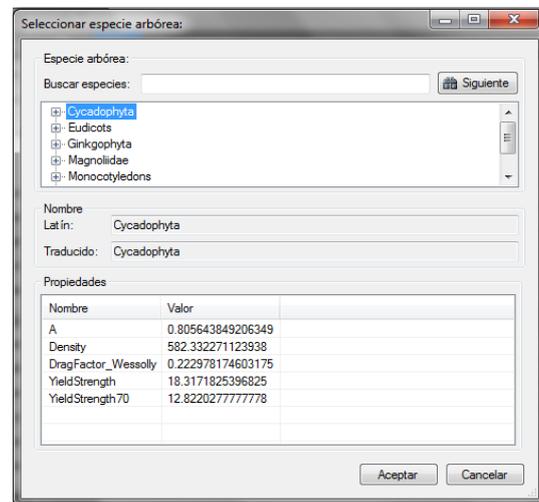
## Software- Propiedades del árbol



- La primera página que aparece cuando se abre el software contiene una ficha con las propiedades generales del árbol. ¡La especie del árbol que está siendo examinado se debe seleccionar antes de pasar a la siguiente página! Si desplegamos la pestaña del apartado “especies” aparece una lista de las 20 especies anteriormente empleadas. Si la especie que se busca no se encuentra en la lista, pinchando en  aparecerá una nueva ventana con un listado de más de 3000 especies. Para acelerar el proceso de búsqueda podemos escribir el nombre de la especie en latín o en inglés y seleccionarla cuando aparezca en la lista. Pinchamos en  or presionamos la tecla *Enter* para pasar a la siguiente especie. Una vez escogida la especie deseada, pinchamos ACEPTAR para cerrar la ventana.



- La página principal contiene otros campos para describir las propiedades del árbol. El software posee una plantilla con las propiedades del árbol que viene dada por defecto, sin embargo es posible crear una nueva y registrar nuevas propiedades. Esto es opcional, pero puede facilitar el trabajo. Si se han realizado modificaciones, estas aparecerán en el informe final.

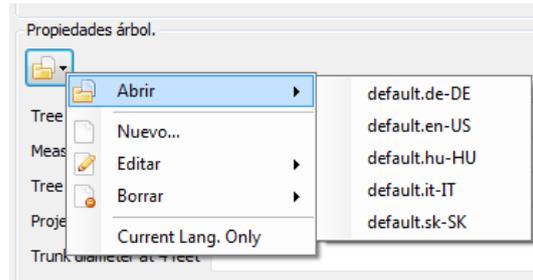


- Pinchar en  para abrir el menú de propiedades del árbol, seleccionar Abrir para escoger otra plantilla diferente, Nueva para

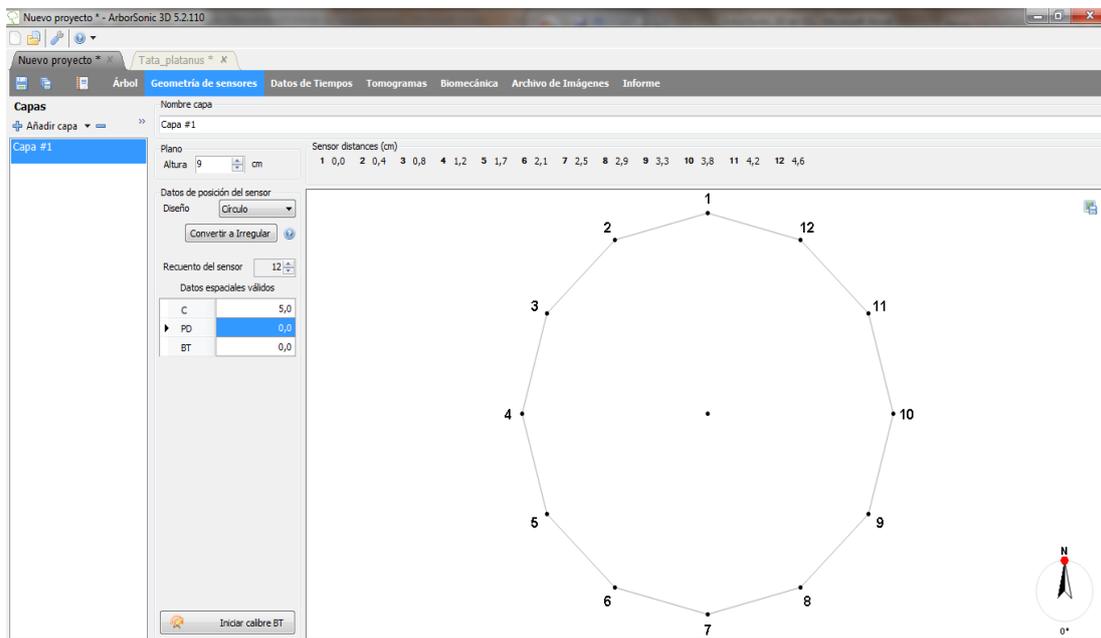


crear una, Editar para modificar una ya existente o Borrar para borrarla. La plantilla dada por defecto se puede editar o borrar.

- Cuando se elige la opción de Nueva o Editar, inmediatamente aparece el editor. En el lado izquierdo aparecen las propiedades sin modificar, en el lado derecho se pueden realizar las acciones de añadir, borrar o modificar los distintos campos de la plantilla.
- Pinchando en  se puede agregar un nuevo campo, se debe elegir el tipo de campo y la posición que tomará en relación con la presente plantilla. Pinchando ACEPTAR se guardan los cambios.
- Con los botones   se puede cambiar la posición del campo seleccionado y con  se borra. Los botones   se utilizan para guardar los cambios realizados en la plantilla o para cambiar su nombre. Tras lo cual la plantilla estará lista para su uso.



## Software- Geometría de los sensores- Fundamentos



- El software puede realizar mediciones a diferentes alturas, cada una de ellas corresponde con una Capa diferente. Los sensores se colocan en una capa cada vez. Para realizar una nueva medición, se crea una nueva capa y se mueven los sensores una vez que los datos hayan sido recogidos. Es importante desconectar todos los cables antes de trasladarse a una nueva capa, de otra forma podrían dañarse.
- Usar el icono  para añadir una nueva Capa y  para borrar una existente.
- Se puede cambiar el nombre de la capa en el campo *Nombre Capa*.



- La altura de una capa se determina desde el suelo y se introduce en el campo *Altura*
- Las unidades utilizadas (cm o pulgadas) se pueden cambiar en el campo *Medida en*: cm/pulgadas.
- El número de sensores utilizados para la medición se fija en el campo *Número de Sensores*. Lo normal es que se utilice el mismo número de sensores para cada capa de un mismo árbol, en ocasiones puede ocurrir que este número sea mayor o menor.
- En el campo *Diseño* se puede elegir entre cuatro figuras geométricas diferentes: circular, elíptica, irregular o rectangular.
- El parámetro *PD* indica la profundidad de penetración de los clavos, no es un parámetro crítico sobre todo en el caso de árboles de grandes dimensiones.
- El parámetro *BT* hace referencia al grosor de la corteza y no es un dato crítico en el caso de árboles de dimensiones normales aunque sí debe tenerse en cuenta para árboles pequeños.
- En los casos de figura *Circular*, *Elíptica* y *Rectangular*, el software indica la localización exacta de cada uno de los sensores.
- Para el caso de figura *Irregular*, primero se colocan los sensores y luego se indica su posición en el software.
- Cada capa puede tener un diseño diferente.
- Los sensores se colocan en sentido anti horario visto en planta, de esta forma los primeros se colocarán en la parte izquierda y los siguientes en la parte derecha.

## Software – Geometría de los sensores – Circular, Elíptica e Irregular y Rectangular

### Circular:

- Se utilizará cuando la forma del tronco sea circular.
- Colocar el sensor nº 1 en un punto cualquiera y usar el mismo como sujeción de la cinta métrica situada alrededor del tronco.
- Medir la circunferencia con la cinta métrica e introducir el valor en *C*.
- El resto de sensores se situarán alrededor del tronco en los puntos que nos indica el software de esta forma:



Sensor distances (cm)																							
1	0,0	2	54,0	3	108,0	4	162,0	5	216,0	6	270,0	7	324,0	8	378,0	9	432,0	10	486,0	11	540,0	12	594,0

- Introducir en la casilla *PD* el valor estimado de la profundidad de penetración de los clavos en el tronco.
- Introducir en la casilla *BT* el valor estimado del grosor de la corteza.



### Elíptica:

- Se utilizará cuando la forma del tronco sea una elipse.
- Colocar el sensor nº 1 al final del diámetro mayor de la elipse y usar el mismo como sujeción de la cinta métrica situada alrededor del tronco.
- Medir la longitud de la elipse con la cinta métrica e introducir el valor en la casilla *C*.
- Medir el diámetro mayor de la elipse con un calibre e introducir el valor en la casilla *D1*. Medir el diámetro menor e introducir el valor en *D2*.
- Colocar el resto de sensores en las posiciones que se muestran:

Sensor distances (cm)																							
1	0,0	2	0,3	3	0,7	4	1,2	5	1,8	6	2,2	7	2,5	8	2,8	9	3,2	10	3,7	11	4,3	12	4,7

- Introducir en la casilla *PD* el valor estimado de la profundidad de penetración de los clavos en el tronco.
- Introducir en la casilla *BT* el valor estimado del grosor de la corteza.

### Rectangular:

- Se utilizará cuando se analice una pieza de madera de forma rectangular
- *A* es la anchura del rectángulo y *B* es la altura.
- *ASC* y *BSC* son el número de sensores en la cara *A* y *B* respectivamente. El número total de sensores debe ser igual a  $2*(ASC+BSC)$ .
- *LeftPad*, *RightPad*, *TopPad*, *BottomPad* indican la distancia entre la esquina y el primer sensor en la dirección dada. Éstas deben ser menores que *A* y *B*.

### Irregular:

- Se utilizará si la forma del tronco es irregular.
- Colocar los sensores alrededor del tronco ordenados en sentido anti horario.
- Asegurarse de que los sensores están colocados en un único plano, para ello se puede utilizar la cinta métrica como guía.
- Después de colocar los sensores medir las distancias entre ellos con el calibre, por ejemplo, medir la distancia entre el sensor nº 1 y el sensor nº 2 e introducir el valor en el campo correspondiente.
- Otra opción es utilizar el calibre Bluetooth que registra los datos directamente en el ordenador, basta con encenderlo y medir las distancias correspondientes.
- Introducir en la casilla *PD* el valor estimado de la profundidad de penetración de los clavos en el tronco.
- Introducir en la casilla *BT* el valor estimado del grosor de la corteza.



## Software- Datos de tiempos

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	352	629	898	1226	2033	3050	2975	1510	896	572	296	
0	351	590	849	1077	1640	2285	2267	1221	838	538	324	
0	350	588	846	1070	1624	2260	2258	1214	834	535	322	
0	352	590	847	1071	1622	2258	2271	1215	836	538	324	
0	357	599	859	1092	1657	2302	2294	1237	851	546	328	
28	349	588	844	1068	1635	2254	2257	1212	832	534	322	
355	0	306	590	798	1214	1456	1875	1658	1067	728	507	
355	0	306	578	786	1210	1449	1872	2010	1237	726	586	
353	0	305	576	781	1206	1447	1862	1905	1058	724	582	
354	0	306	578	786	1209	1450	1869	1651	1064	726	584	
354	0	305	578	784	1209	1452	1870	1645	1066	726	584	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	35140%	58940%	84740%	107340%	162941%	226841%	226540%	121740%	83640%	53740%	32340%	
2	35440%	30640%	57940%	78640%	121140%	145340%	187140%	165140%	106640%	72740%	58540%	
3	58940%	30640%	34540%	57440%	88340%	108940%	156940%	246240%	168541%	91040%	78440%	
4	85040%	57840%	34740%	31740%	62440%	82640%	122140%	212040%	124940%	131140%	103940%	
5	108740%	78740%	57940%	31840%	38240%	58640%	81740%	154640%	241840%	164340%	136840%	
6	177140%	120840%	80840%	62540%	37840%	28940%	53540%	82340%	123441%	226340%	191240%	
7	227540%	145440%	109840%	82740%	58340%	29140%	34340%	63840%	91240%	176141%	225040%	
8	225440%	185240%	136440%	122940%	80240%	53540%	74140%	34640%	61140%	109140%	193641%	
9	121940%	162240%	245740%	211440%	146640%	82240%	63440%	34640%	25340%	61240%	95040%	
10	83940%	104140%	146240%	228140%	201940%	123640%	90940%	61540%	22840%	37340%	69240%	

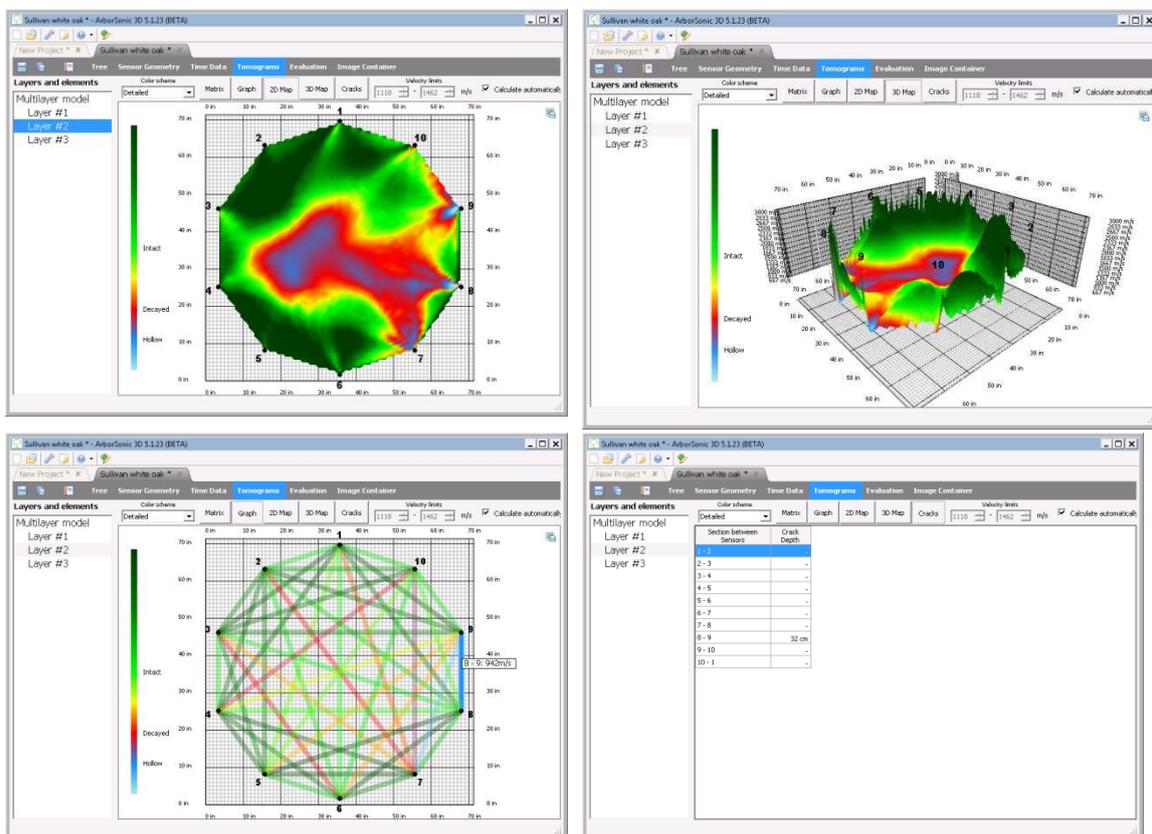
- Datos de Tiempos son los tiempos de propagación de las ondas de choque entre sensores medidas por ArborSonic 3D en microsegundos.
- Después de colocar los sensores y determinar su geometría, ir a las pestaña Datos de Tiempos. Si la conexión está bien configurada y la Batería encendida, aparecerá el mensaje Leyendo Dispositivo indicando que la conexión se ha realizado con éxito.
- Si no es así se necesitará configurar la conexión. Este proceso se ha descrito previamente en el apartado “Hardware- Bluetooth y conexión en serie”
- Asegurarse de elegir la Capa correcta en la parte de la izquierda, es decir, dónde los sensores están colocados. Cambiar esta selección cuando los sensores se muevan a otra Capa.
- Golpear cada sensor por lo menos 3 veces
- Los datos aparecerán en la tabla Filas de tiempos
- La fila de datos que aparece corresponde con las medidas del tiempo de propagación que va desde el sensor golpeado hasta cada uno de los restantes. El valor correspondiente al sensor golpeado es siempre 0
- Los números al lado de las etiquetas de las columnas representan el número de martilleos bien ejecutados para cada sensor. Si este número es inferior a 3, aparecerá en rojo **2** esto significa que la cantidad de martilleos no es suficiente, si por el contrario se ha completado, el color será verde **4**
- Los puntos pequeños en las columnas muestran si los datos de la fila son correctos, si este punto es de color verde los datos son correctos. No sería un problema si hubiera alguna columna incorrecta puesto que el software trabaja solo con filas de datos correctos.
- Es importante golpear siempre en el centro del cabezal del sensor con una fuerza más o menos uniforme. Si ésta fuerza es muy baja o por accidente se golpea en un lado del sensor los datos registrados serán incorrectos. Aunque el software ha elaborado un filtro para estos datos erróneos es preferible eliminarlos de forma manual con el icono

Borrar las filas incorrectas



- Si hay datos suficientes para cada sensor, en la sección tiempos procesados aparece la media del tiempo de propagación entre cada par de sensores. Gran parte de estos datos son únicamente utilizados para el seguimiento.
- Se muestra también la desviación estándar de la media de los tiempos medidos precedida de los signos  $\pm$  la desviación estándar puede venir dada en microsegundos o en valores relativos. Si existe un error relativo mayor al 5%, la celda correspondiente se mostrará en rojo e indicará que se deben revisar los datos registrados en Filas de tiempos, bien eliminando filas que se alejen mucho de la media o bien recogiendo más datos del sensor en cuestión.
- Los tiempos de propagación entre cada par de sensores están medidos de dos formas, en la dirección emisor-receptor del sensor golpeado y en la dirección opuesta. La tabla dif. simét. muestra la diferencia en microsegundos entre estas dos medidas.

### Software – Tomógrafo – Método de capa-única

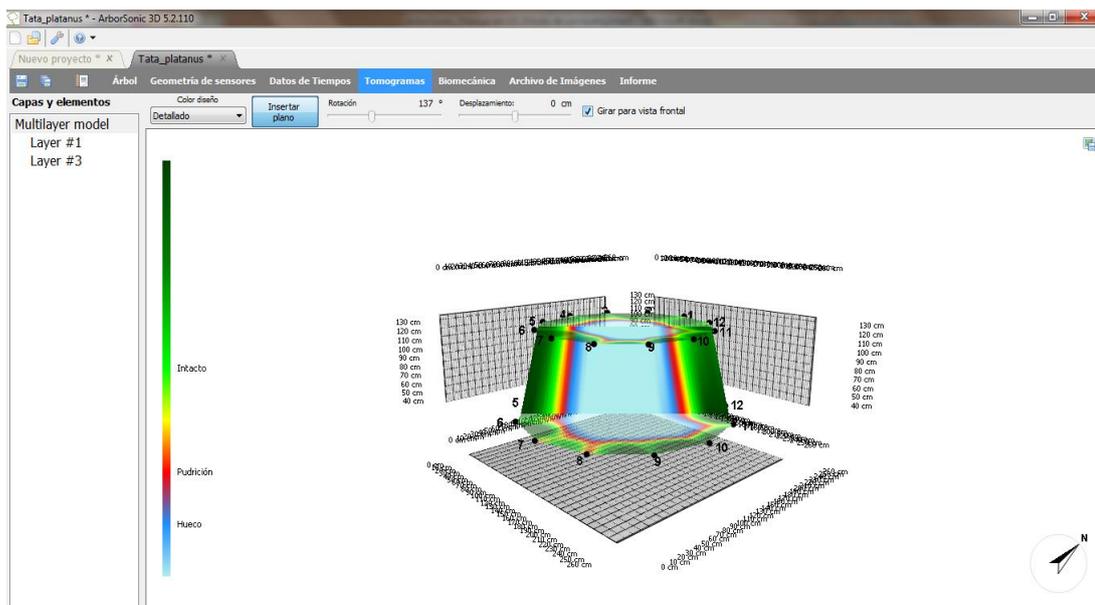


- Tras la determinación de la geometría y la recopilación de los tiempos necesarios, los tomogramas se hacen visibles en la pestaña *Tomogramas*.
- Se puede elegir un gráfico de color para representar el tomograma, el más recomendado es el gráfico *Detallado*. La leyenda y el significado se encuentran al lado izquierdo del gráfico. Para guardar el gráfico en el archivo de imágenes pinchar el icono  de la esquina superior derecha.



- Si seleccionamos una capa determinada de la lista aparece el tomograma correspondiente a esa Capa.
- Los límites de velocidad que determinan los colores, se calculan automáticamente si marcamos la casilla  **Calcular automáticamente** esta opción es la más recomendada, estos límites se pueden modificar de forma manual si desmarcamos la casilla.
- En el modo *Gráfico* las velocidades medias están representadas en el gráfico por líneas de distintos colores. Las velocidades medias se muestran pinchando en *Matriz*
- En el modo *Mapa 2D* se muestra el tomograma y moviendo el ratón sobre su superficie se pueden ver las distintas velocidades bajo el cursor.
- En el modo *Mapa 3D* el tomograma se representa en 3 Dimensiones.
- El modo *Grietas* hace una evaluación de la existencia de grietas que comienzan en la superficie. La estimación de la profundidad de la grieta entre cada sensor se muestra en la lista, sin embargo esta herramienta no tiene en cuenta grietas internas.

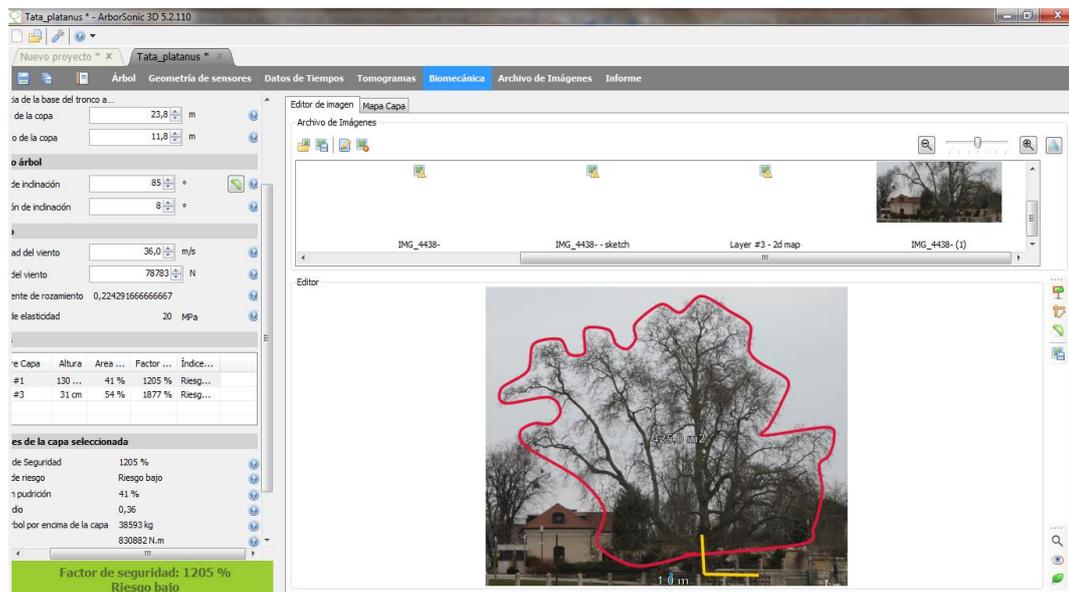
### Software – Tomógrafo – Método Multicapa



- Es posible la visualización de todos los tomogramas registrados de un mismo árbol en 3D siempre que existan al menos dos capas medidas, para ello seleccionamos *Multilayer model* en la parte izquierda.
- Se puede girar la figura con el botón izquierdo del ratón.
- Pinchar  para visualizar la proyección vertical entre dos capas.
- Marcando la casilla  **Girar para vista frontal** aparece la vista frontal del plano.
- El plano se puede girar y mover utilizando los controles de rotación y desplazamiento.



## Software – Análisis estadístico



- En la pestaña *Biomecánica* el software permite evaluar un coeficiente de seguridad del tronco del árbol a partir de los tomogramas de la sección transversal del tronco obtenidos para una fuerza del viento específica.
- El procedimiento proporciona una estimación de la estabilidad del árbol. Se debe tener en cuenta que para su estimación únicamente se utilizan los datos de los tomogramas obtenidos en cada Capa, por lo que los problemas fuera del área analizada no se verán reflejados.
- Es posible medir otros parámetros del árbol a partir de una fotografía, para ello, pinchar el botón  en la sección Archivo de Imágenes y cargar la foto del árbol. Es recomendable hacer la fotografía a una distancia igual o mayor a la altura del árbol, en el caso de que el árbol esté inclinado es recomendable hacer la foto desde un punto desde el cual la inclinación se pueda apreciar. Después de seleccionar y cargar la imagen, con el botón  se cierra el Archivo de Imágenes para ganar espacio en la pantalla. Estos parámetros también pueden ser medidos sin necesidad de una fotografía, aunque esta es la forma más conveniente.
- Con el botón  se marca la forma de la copa en la fotografía. Pinchar para fijar los puntos. Para terminar el marcado se pincha otra vez el botón anterior.
- La longitud de referencia se puede fijar con el botón . Un doble clic hace aparecer una línea azul con el texto “???”. Para introducir la longitud de referencia, pinchar en el texto. La línea azul debe hacer referencia a una persona o a un objeto en la fotografía localizado a una determinada distancia del árbol.
- Con el botón  se crea una línea amarilla formada por dos segmentos y definida por tres puntos, el punto central debe estar situado en la base del tronco, uno de los puntos extremos debe señalar la dirección del tronco y el otro la dirección horizontal.



Para terminar el trazado de la línea pinchar el mismo botón. Esta línea da información sobre la altura y el ángulo de inclinación del árbol.

- El primer parámetro a introducir es la superficie de la copa. Este dato puede ser calculado a partir de la fotografía, como se ha explicado anteriormente, puede introducirse de forma manual o usando el calculador de superficie de copa pinchando en  Para el uso de esta herramienta se necesitan los datos de anchura, altura y factor de forma de la copa, de forma que la superficie de copa será el producto de estos tres valores. Existen valores predeterminados de estos factores, para lo cual se debe suponer una forma determinada de la copa.
- Se deben proporcionar; la longitud que va desde la base del tronco hasta el centro y el ápice de la copa. Es posible hacerlo a partir de la fotografía si los trazados se han realizado correctamente.
- El siguiente parámetro a introducir es el ángulo de inclinación, también se puede obtener a partir la fotografía. Un ángulo de 90° indica un tronco totalmente vertical.
- La dirección de la inclinación no puede interpretarse a partir de una fotografía por lo que deberá introducirse manualmente en todos los casos, para indicarlo se introduce el número del sensor de la Capa inferior en cuya dirección el árbol se inclina
- La velocidad del viento se fija según velocidad de viento huracanado que es 33m/s o 75 mph (millas por hora).
- El factor de rozamiento, es el coeficiente de rozamiento de la copa recogido en la base de datos de los árboles por especie.
- La fuerza es el límite de elasticidad en el centro de la copa en función de la velocidad del viento y de las dimensiones de la copa.
- En la tabla aparecen todas las capas. La segunda columna es la altura de la capa, que se proporcionó en la sección Geometría, la tercera columna corresponde al Coeficiente de Seguridad y la cuarta al Índice de Riesgo del árbol.

<b>Factor de Seguridad</b>	Inferior al 50%	50% - 100%	100% - 150%	Superior al 150%
<b>Índice de Riesgo</b>	Riesgo alto	Riesgo medio	Riesgo moderado	Riesgo bajo

- La sección: *Detalles de la capa seleccionada*, muestra los detalles de la capa seleccionada. Área Deteriorada es un porcentaje que representa la proporción de superficie deteriorada frente a la superficie total de la sección transversal.
- T/R Medio (relación entre el grosor de la pared intacta y el radio) es el índice del espesor medio de la pared que se mantiene intacta. Algunos expertos fijan el valor mínimo de este índice en 0.3 para asegurar la estabilidad del árbol, sin embargo los Coeficientes de Seguridad no consideran este índice y su implementación es información suplementaria. La fórmula exacta es:

$$Avg \frac{T}{R} = 1 - \sqrt{\text{índice del área de pudrición}}$$

- El parámetro: *Peso del árbol sobre la capa*, es el peso estimado del árbol que queda por encima de la capa seleccionada.
- M es el momento resultante que depende del viento y de la fuerza de gravedad.



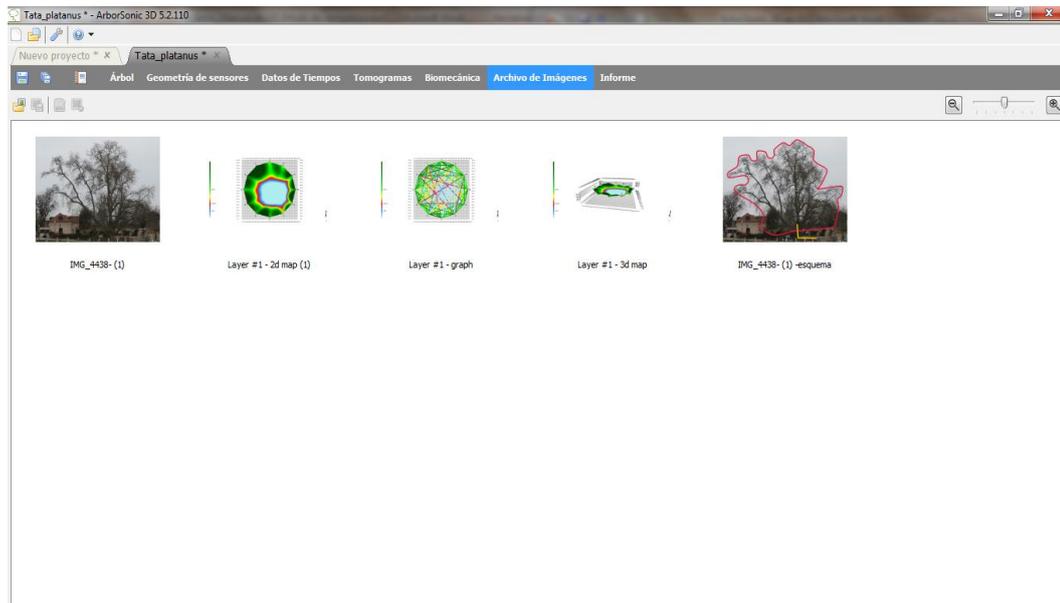
- La Carga Máxima es la máxima fuerza que el árbol puede soportar y depende de su masa y del momento calculado en función del tomograma.
- El Factor de Seguridad es función de la fuerza de la madera de una especie determinada que se muestra en la base de datos de los árboles por especie en el campo "Fuerza" y de la Carga Máxima, multiplicado por un factor de corrección igual al 70% según la fórmula:

$$FS = 0,7 \frac{Fuerza}{Carga Máx.}$$

- Esta aproximación que se obtiene a partir de todos los parámetros anteriores se utiliza para que el software pueda estimar el esfuerzo que se produce en la madera y si éste excede un valor límite se puede afirmar que el tronco se partirá.
- El software recoge el mínimo de todos los coeficientes de seguridad y los muestra en la parte inferior de la pantalla. Un árbol puede considerarse seguro si el coeficiente de seguridad es mayor de 150%, existe en este porcentaje un margen del 50% (sobreestimación). En este caso se podrá ver el texto en color verde, si el valor está situado en el intervalo 100-150% se dice que el árbol está en zona gris y el texto aparece en color amarillo claro, si el valor es inferior al 100% se puede considerar un árbol inseguro y el texto aparecerá en color rojo. La capa más frágil se mostrará en la lista correspondiendo con el valor más pequeño del Coeficiente de Seguridad.
- ¡AVISO! En cualquier caso se debe tener precaución. Aunque el software trata de sobreestimar los riesgos, el cálculo del Coeficiente de Seguridad incluye simplificaciones y los datos introducidos no siempre son correctos, pudiendo estar alterados. Con este Sistema se puede evaluar solamente una parte de lo que es necesario conocer para valorar el estado del árbol y otros aspectos biológicos de éste. Se debe tener en cuenta que el Sistema es una herramienta que junto con la experiencia y la práctica, puede dar una valoración aproximada del estado de estos seres vivos, pero no puede emplearse como única fuente de evaluación, puesto que cualquier hardware o software está sujeto a un margen de error instrumental y/o humano.



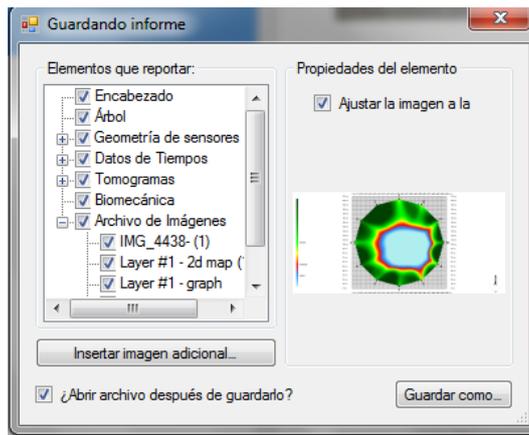
## Software – Archivo de Imágenes

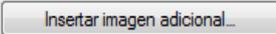
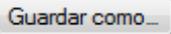


- En el archivo de imágenes es donde las fotografías y otras imágenes se almacenan, desde aquí se pueden exportar los tomogramas desde cualquier vista en el software con el botón  y más tarde podrá ser incluida en el informe final. También se puede acceder a este archivo desde la página de Evaluación.
- Se puede cargar una imagen externa con el botón  y exportar una imagen determinada a un archivo externo con el botón  el botón  sirve para borrar imágenes.
- Pinchando el nombre de la imagen, éstas se pueden modificar.

## Software – Elaboración de informes

- En esta sección se crean los informes para entregar al cliente de forma rápida y sencilla.
- Después del análisis y las mediciones correspondientes con el botón  se genera el informe.
- Este informe es un archivo de extensión.rtf, contiene todos los datos evaluados y se puede abrir con cualquier editor de texto para posibles modificaciones. El formato del archivo es RTF.
- Marcar las casillas en la ventana de la izquierda de la información que se quiera incluir en el informe.
- El encabezado incluye el nombre del documento y su fecha de creación.
- En Selección Especies aparecen las especies escogidas.



- En Geometría Sensores se incluyen todos los parámetros geométricos.
- En Datos de Tiempos se muestran los tiempos de propagación calculados.
- Se pueden añadir imágenes externas a los tomogramas de sección, para ello, primero hay que dirigirse a la página Tomogramas y guardar el archivo JPG con el icono  que hay en la esquina superior derecha. Después de guardar el archivo, con el botón  se carga la imagen añadiéndose al documento.
- Una vez revisado, pinchar en  para guardar el informe como un documento externo.