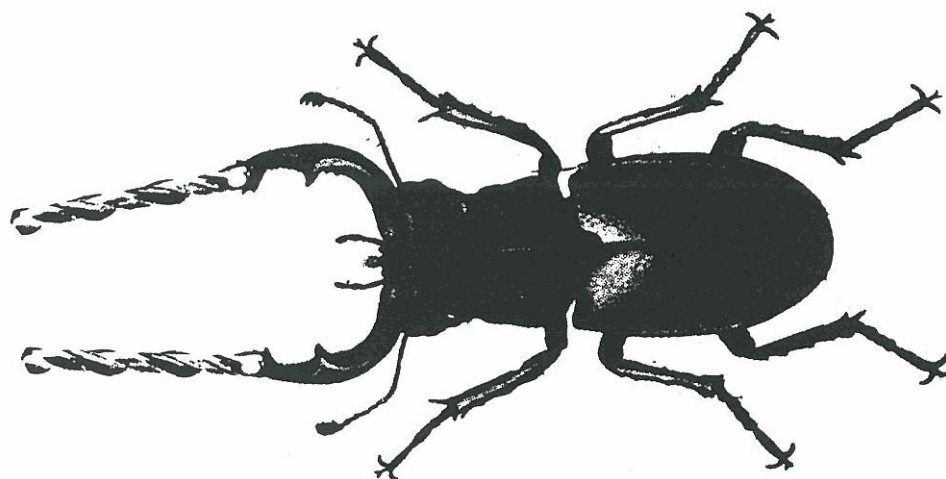


DETERMINACIÓN DEL DAÑO PRODUCIDO POR XILÓFAGOS EN PIEZAS DE MADERA POR EL MÉTODO TOMOGRÁFICO.

Por **René Petit Martínez**,
Ingeniero Técnico Forestal,
Director Adjunto de Servicio Técnico y Desarrollo
de XYLACEL, S.A.

TANTO EN EL CAMPO DE LA RESTAURACIÓN COMO EN EL DE LA REHABILITACIÓN, ES NECESARIO CONOCER Y VALORAR LA EXTENSIÓN DE LOS DAÑOS OCASIONADOS POR LOS ORGANISMOS XILÓFAGOS EN EL INTERIOR DE LAS PIEZAS ATACADAS. DADO EL VALOR HISTÓRICO Y ARTÍSTICO QUE NORMALMENTE PRESENTAN ESTOS OBJETOS, NINGUNO DE LOS ENSAYOS DE INVESTIGACIÓN DEBEN SER DESTRUCTIVOS YA QUE CUALQUIER DAÑO PODRÍA OCASIONAR UN PERJUICIO IRREVERSIBLE.

56



DURANTE LOS ÚLTIMOS años se han utilizado técnicas de radiología convencional, que si bien es una metodología aceptada, presenta algunos inconvenientes basados principalmente en el volumen de ensayos realizados.

Actualmente existen investigaciones basadas en técnicas de ultrasonidos, aunque por el momento sin resultados concretos.

La tomografía es una técnica radiográfica que permite obtener imágenes radiológicas correspondientes a una fina capa de un objeto. De esta forma se eliminan los problemas que ocasiona el sistema de radiología convencional y nos permite tener imágenes nítidas de la sección seleccionada. Por otra parte la posibilidad de obtener una serie continuada de imágenes nos dará una idea de la evolución del ataque en el interior de la pieza.

Toda esta información, será de gran utilidad tanto para valorar el deterioro interno como para diseñar un modelo de

intervención, en el caso de que la pieza vaya a ser restaurada.

Por otra parte, también el sistema puede servir para comprobar el estado final de la pieza, cuando ésta haya sido consolidada.

Las imágenes tomográficas son obtenidas mediante un escáner cuyo funcionamiento se describe a continuación:

TOMOGRAFIA AXIAL COMPUTERIZADA

La tomografía axial computerizada (TAC), fue descrita y puesta en práctica por el doctor Godfrey Hounsfield en 1972.

Es la reconstrucción por medio de un computador de un plano tomográfico de un objeto. La imagen se consigue por medio de medidas de absorción de rayos X hechas alrededor del mismo. (Fig. 1). La fidelidad y calidad de la imagen dependerá de la naturaleza de los rayos X, de los detectores,

(la tomografía) Es la reconstrucción por medio de un computador de un plano tomográfico de un objeto. La imagen se consigue por medio de medidas de absorción de rayos X hechas alrededor del mismo.

La tomografía es una técnica radiográfica que permite obtener imágenes radiológicas correspondientes a una fina capa de un objeto. De esta forma se eliminan los problemas que ocasiona el sistema de radiología convencional y nos permite tener imágenes nítidas de la sección seleccionada. Por otra parte la posibilidad de obtener una serie continua de imágenes nos dará una idea de la evolución del ataque en el interior de la pieza.

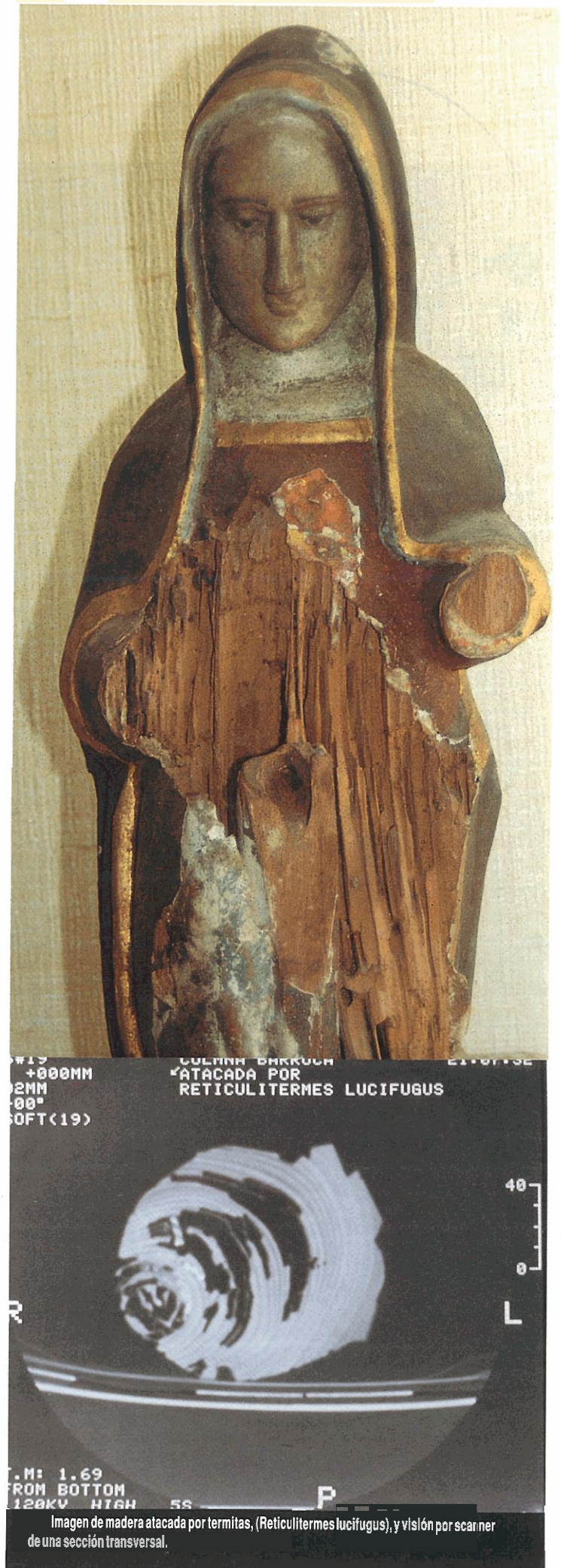


Imagen de madera atacada por termitas, (*Reticulitermes lucifugus*), y visión por scanner de una sección transversal.

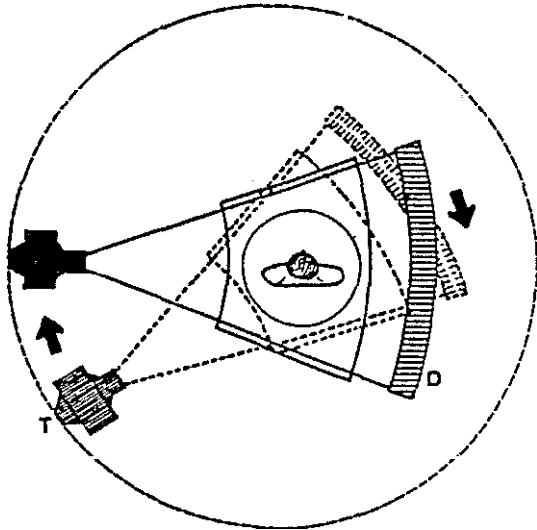


Fig. 1 - Esquema básico de un tomógrafo axial computerizado moderno. El tubo de rayos X (T) y la corona de detectores (D) giran alrededor del paciente tomando los valores de atenuación a lo largo de toda la circunferencia.

58

del número y la velocidad con la que se hacen las mediciones y de los algoritmos que van a utilizarse para la reconstrucción

Históricamente, se han hecho muchos intentos de utilizar el ordenador para analizar las imágenes. En el TAC, el ordenador se emplea para sintetizar imágenes. La unidad básica para esta síntesis es el volumen del elemento. Cada corte de TAC está compuesto por un número determinado de elementos volumétricos, cada uno de los cuales tiene una absorción característica, que se representa en la imagen de TV como una imagen bidimensional de cada uno de estos elementos (pixels). Aunque el pixel que aparece en la imagen de TV es bidimensional, en realidad representa el volumen, y por eso habría que considerarlo tridimensionalmente, porque cada unidad, además de su superficie, tiene su profundidad, a semejanza del grosor de un corte tomográfico. A esta unidad de volumen es a lo que se llama "voxel".

Los elementos básicos de un equipo de tomografía axial computerizada consisten en un soporte para el objeto, un dispositivo, denominado "gantry", que es un conjunto en el que se instala el tubo de rayos X y los detectores, los elementos electrónicos que van a conseguir la toma de datos, un generador de rayos X y un ordenador que sintetiza las imágenes y está conectado con las diferentes consolas, tanto de manejo como de diagnóstico.

ASPECTOS TÉCNICOS

Todos los escáner presentan un sistema para la recogida de datos, el sistema de procesamiento de los mismos y reconstrucción de la imagen, y un sistema de visualización de archivo.

1. SISTEMA DE RECOGIDA DE DATOS,

La energía se obtiene a través de un generador de alta tensión, similar a los utilizados en radiología, y un tubo de rayos X que produce la radiación necesaria. El haz de rayos, marcadamente colimado, produce un haz de energía primaria. Las estructuras que son atravesadas por este haz absorben una cantidad de radiación proporcional a su coeficiente de atenuación. La energía que emerge después de atravesar el cuerpo se llama "radiación atenuada". El coeficiente lineal de atenuación depende de la energía que es absorbida al chocar los fotones de rayos X con el cuerpo y, por tanto, está en relación con la densidad del objeto, con el número atómico del mismo y con el espesor.

Los detectores. Se han utilizado a lo largo de las diferentes generaciones. Recientemente, algunos escáners emplean detectores de escintilación de yoduro de cesio, siendo una ventaja importante de estos detectores sólidos el poder fabricarse de cualquier tamaño y configuración.

Cualquiera que sea el detector utilizado, su respuesta a la radiación está en relación directa con la energía incidente. La señal que transmite el detector se transforma electrónicamente, y se recoge por un tubo fotomultiplicador. Esta señal, que es proporcional a la radiación atenuada, por medio de un convertidor analógico-digital es transformada en valores digitales que pasarán posteriormente al ordenador, donde producirá el tratamiento y reconstrucción de la imagen.

2. TOMA DE DATOS POR EL EQUIPO,

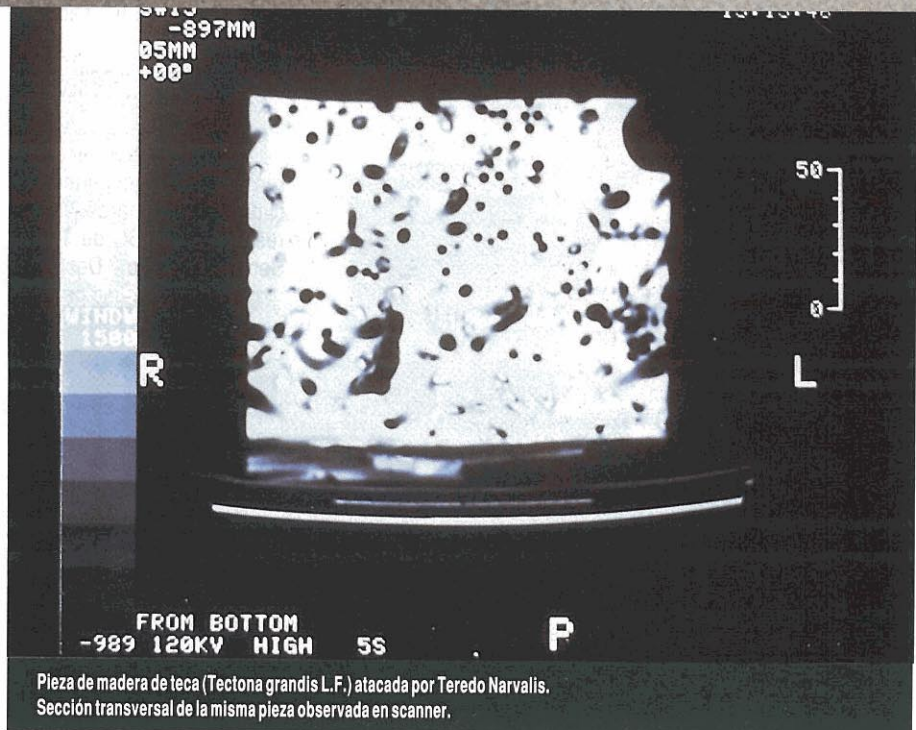
El sistema de adquisición de datos (DAS) constituye el mecanismo de interfase entre la producción de los rayos X y la unidad central que se encargará de la reconstrucción de las imágenes. Este DAS recibe la señal eléctrica que le envían los detectores, convierte esta señal en el formato digital necesario para el tratamiento por el ordenador y transmite la señal convertida a la unidad central.

El proceso por el que se consigue esto es completo. La señal eléctrica que envían los detectores debe amplificarse. Después de una amplificación logarítmica, la señal que proviene de los detectores se almacena en los circuitos de integración. La función de estos circuitos de integración es proporcionar una señal de salida que represente la suma de todas las señales de entrada recibidas en un periodo concreto de tiempo. La señal almacenada en estos circuitos de integración se transfiere entonces a un convertidor analógico-digital, cuya función es transformar esta señal en formato digital.

Para la reconstrucción de la imagen es necesario que el ordenador reciba múltiples señales después de explorar el objeto en diferentes ángulos. Cuanto mayor sea el número de barridos efectuados, mayor será el número de datos que se pueden llevar al ordenador.



59



Pieza de madera de teca (*Tectona grandis* L.F.) atacada por *Teredo Narvalis*.
Sección transversal de la misma pieza observada en scanner.

3. PROCESO DE DATOS.

La reconstrucción de la imagen se logra gracias a la potencia de los ordenadores, que lo consiguen en pocos segundos. El proceso de reconstrucción es matemático y se basa en una serie de procesos algorítmicos que se han ido perfeccionando en los últimos tiempos. Se han empleado tres métodos matemáticos para estas reconstrucciones, que son: la proyección posterior simple, la proyección posterior filtrada y los mecanismos iterativos de reconstrucción. La mayor parte de estos cálculos se basa en la llamada "transformada de Fourier", que permite un análisis matemático de alta velocidad.

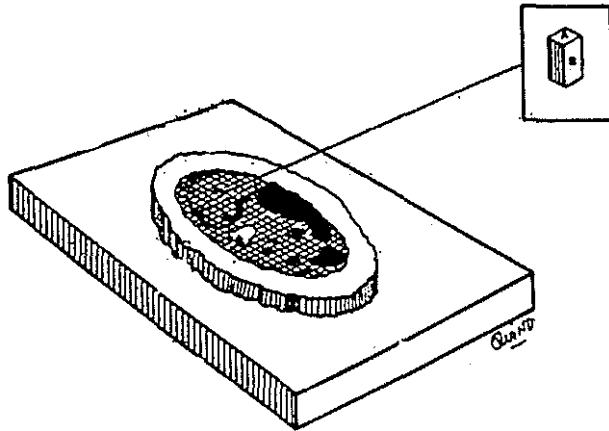


Fig. 2. Imagen digital de la tomografía axial computerizada. Cada unidad de información en superficie (A) corresponde a una unidad en profundidad (B). El valor del píxel y el valor del voxel determinan los factores de definición del equipo.

60

4. RECONSTRUCCIÓN DEL OBJETO.

El problema de la reconstrucción es la síntesis de los valores de atenuación para cada elemento volumétrico y la asignación a éste de un valor numérico, conocido como "número CT". Para cada unidad volumétrica el ordenador recibe una enorme cantidad de mediciones. La suma de todas estas medidas obtenidas durante el barrido permite al ordenador determinar los coeficientes de atenuación individuales para cada una de las unidades. Asumiendo que el grosor de estas unidades volumétricas es constante, cada uno de estos elementos puede representarse en una red bidimensional de píxeles, que se llama matriz, y que es como una cuadrícula dividida en pequeños elementos. El número de cuadrados o elementos en el interior es de 520×520 e incluso mayores. La resolución de la imagen mejora mucho al disminuir el tamaño de cada unidad o píxel.

5. RECONSTRUCCIÓN MULTIPLANAR.

El ordenador puede utilizarse para reconstruir, en una escala de grises, planos distintos del axial. De esta manera, a través de la información digital existente, se pueden conseguir imágenes en cortes sagital, coronal e incluso oblicuos.

EXPERIENCIAS REALIZADAS

Al objeto de comprobar los resultados del método se realizaron unas experiencias en la sección de radiología de la clínica de Fátima de Vigo, en colaboración con el taller de restauración CBC de Tuy (Pontevedra) y coordinado por el Servicio Técnico y Desarrollo de Xylacel, S.A.

- Se realizaron las pruebas sobre los siguientes objetos:
- Pieza de madera de Teca (Tectona gaudis LF, atacada por Tereado navalis.
 - Pieza de madera de pino atacada por hongos de pudrición parda.
 - Imagen de madera atacada por termitas (reticulitermes lucifugus).

CONCLUSIONES

Del resultado de las imágenes obtenidas podemos determinar que el método tomográfico puede ser una herramienta muy práctica para trabajos que requieran una investigación preliminar a su tratamiento. También puede ser útil para el cálculo de resistencia de las piezas al poder ser conocida con exactitud el volumen de la madera afectada, así como su distribución espacial