

Teorías sobre el Maquinado de la Madera: Conocimiento y Aplicabilidad⁽¹⁾

■ Mederico Rojas Rojas (*)
Ing. Tecnólogo. Elaboración Mecánica de la Madera

El maquinado es uno de los procesos en el que intervienen diferentes tipos de herramientas, que deben ofrecer siempre un máximo de rendimiento para asegurar agilidad y calidad. Sin embargo para asegurar ese buen funcionamiento existen otros aspectos relacionados con la misma madera, que es necesario conocer y considerar.



Foto: Catálogo Weeke

El proceso de maquinado es conocido como el proceso tecnológico al que se ve expuesta la madera para su transformación, a través de diferentes tipos de herramientas que se encargan de destruir las fibras que la componen, con el objetivo de obtener piezas con dimensiones y formas específicas.

Durante este proceso, además de la calidad de las herramientas, su capacidad y resistencia al trabajo (de acuerdo a los requerimientos de la empresa), su velocidad de giro y hasta su mismo mantenimiento; otros factores como las características y propiedades del material a trabajar (la madera), son decisivos para lograr buenos acabados.

En este sentido, debe considerarse que la madera es un material absorbente (higroscópico) ya que además del agua que contiene su propia constitución, ésta puede absorber la humedad del medio ambiente, haciendo que se contraiga o se expanda; hecho que define a su vez sus particularidades físicas como el volumen y la densidad. De ahí la clasificación de las maderas en blandas, semiblandas o duras⁽²⁾.

La madera siempre varía estas características pues ella está constantemente respondiendo a las diferentes condiciones de humedad, exposición solar o sombra; aún cuando haya sido sometida ya a procesos de transformación.

Igualmente, la madera es anisótropa, porque sus propiedades físicas y en especial sus propiedades mecánicas, dependen de la dirección del esfuerzo o trabajo de maquinado en relación con sus fibras: la axial (paralela al eje de crecimiento del árbol), la radial (cortando el eje del árbol) y la tangencial (horizontal al eje del árbol); siendo estas

HERRAMIENTAS

Tabla 1. Clasificación de las Maderas según su Porcentaje de Humedad.

Clasificación de la dureza	Especie Maderera
Duras	Cerezo, Roble, Fresno, Teca, Carreto, Granadillo, Sapán, Bálsamo, Roble, Algarrobo, Nazareno, Guayacán, Acacia, Comino real, Almendro, Abarco, Cedrillo, Guayacán amarillo, Perillo, Arenillo, Eucalipto, Bilibil, Cedro negro, Zapatillo, Leche perra, Magle duro, Chancho amarillo, Amargo.
Semiduras	Nogal, Castaño, Abedul, Carbonero, Lechero, Amarillo, Sande, Aceite, Sajo, Achapo, Ciprés, Caraño, Arenillo, Eucalipto, Melina, Chingale, Chocho, Aguamiel, Pino, Pino ocote, Pino colombiano, Cativo, Anime, Pate gallina, Camarón, Caoba, Fresno, Caraño, Virola, Sangretoro, Dormilón.
Blandas	Cedro, Aliso, Caracolí, Peine Mono, Ceiba, Tabaquillo, Cuangare, Velecuba, Mancharro, Balso, Alerce.

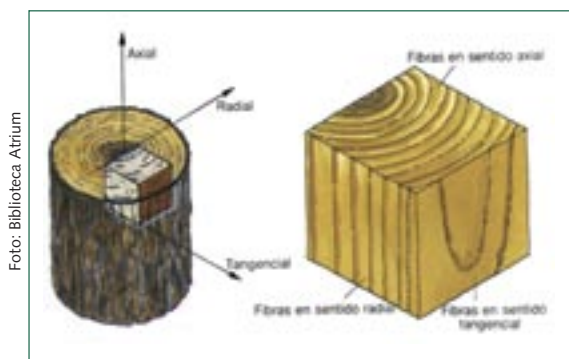


Foto: Biblioteca Atrium

mismas las que determinan los trabajos de maquinado que se efectúan sobre la madera.

Cabe resaltar que actualmente, existen también otros tipos de maquinado de alta tecnología como el rayo láser, los rayos electrónicos o el chorro fino de agua a alta presión; cuya particularidad es la de ofrecer cortes muy limpios que evitan el desperdicio de materia prima. (Ver destacado 1).

Variedad de Trabajos, Variedad de Herramientas

En el proceso de maquinado se diferencian dos tipos de trabajo: uno, en el que la herramienta entra a la superficie de la madera pero no la atraviesa, lo que evita la formación de viruta -como el corte de la



Foto: Catálogo Weeke

elaboración de chapas con cuchillas- y otro, en el que la herramienta separa la madera causando finas capas y partículas como la viruta, aserrín o astillas.

Estos trabajos de maquinado son:

- **Fresado:** Proceso de transformación de la madera en superficies y perfiles con cuchillas giratorias, perfiles, escopleaduras y orificios con fresas. Proceso con formación de viruta.
- **Barrenado:** Proceso de elaboración de orificios, en el que se emplean barrenos y brocas.
- **Torneado:** Es la elaboración de piezas cilíndricas con o sin perfiles. Aquí se emplean herramientas como los buriles de torno y las cuchillas de forma.

Destacado 1.

Cortes de Alta Tecnología

Los avances tecnológicos en materia de la creación de herramientas de corte, ha propuesto sistemas adicionales para la separación limpia (sin dejar residuos o virutas) de la madera, que a pesar de sus excelentes resultados, aún son herramientas desconocidas por la industria maderera en el país.

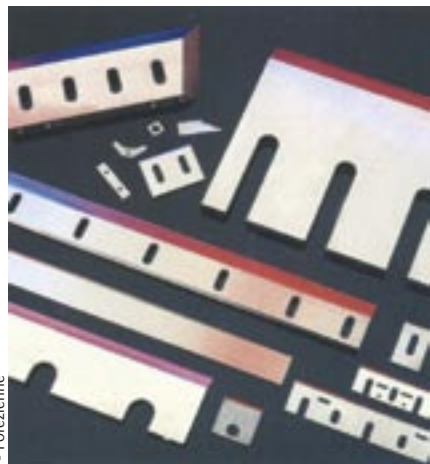
Entre estas propuestas se distingue el sistema de corte con rayo láser, una de las técnicas empleadas en la última década, especialmente por las grandes industrias transformadoras de madera en Estados Unidos y Europa. Para esta técnica, los útiles de corte son equipados con sensores de rayo láser, cuyo haz de láser llega al cabezal que posee un grupo óptico que se encarga de focalizar el haz sobre determinado punto de la superficie, permitiendo su corte.

El corte con rayo láser es ideal y recomendado para conseguir formas complejas (de corte, no de pulimento) o molduras con profundidades inferiores a 40 mm y sobre láminas y chapas de madera en general. Su ventaja principal es la optimización de la materia prima, pues se reduce el desperdicio.

Otras técnicas son el corte mediante chorro de agua de alta presión (1000 atmósferas) y cuyo diámetro (del chorro) no supera el diámetro de una aguja y el corte con rayos electrónicos de gran potencia (corte automático); ambos con buenos resultados en precisión y calidad.

Herramientas de Maquinado: Materiales y Características

Debido a las características de la madera y a las condiciones complejas de trabajo a las que son sometidas las herramientas de maquinado (tensión, fricción o altas temperaturas), éstas deben cumplir con ciertas exigencias para asegurar su calidad y vida útil, como: fortaleza para evitar su desgaste y garantizar su capacidad de trabajo (durante el corte), plasticidad³ que es la capacidad de la herramienta para adecuarse a determinado proceso, dureza que es la estabilidad del metal ante el desgaste y resistencia, ante los efectos corrosivos de la humedad sobre su superficie.



Fotos: HFSL - Forezienne

Estas características de dureza, tenacidad y resistencia, son otorgadas por los materiales en que son fabricadas, siendo los más usados los metales como los aceros al carbono (que contienen un 1 ó 1,2% de este elemento), los aceros de corte rápido (aleaciones de hierro con wolframio, cromo, vanadio o carbono), el carburo de tungsteno y los diamantes, que según sus propiedades se clasifican en la Tabla 2.

Las herramientas macizas como las fresas, brocas, discos de hojas de

sierras o cuchillas; se componen totalmente de un mismo material, que puede ser acero macizo, templado o rápido y pueden conformarse de un cuerpo base (elaborado con acero templado o mejorado) y de elementos de corte unidos por soldadura (fabricados con acero rápido o placas de metal duro).

Otras herramientas son compuestas, pues están elaboradas con un cuerpo base de acero templado, no templado, mejorado o aluminio, sujetos a la máquina mediante tornillos. Ejemplo

Tabla 2. Clasificación de Herramientas.

Material	Características
HL-SR	Acero para herramientas de alta aleación (más del 5% de aleación). Se utiliza en cuchillas y herramientas monoblock. Afilado con Borazón o Corindón.
HSS	Acero súper-rápido con aleación de cobalto, cromo, molibdeno y vanadio. Este material se aconseja para trabajar maderas blandas y semiduras, obteniéndose excelentes acabados superficiales. No debe utilizarse con maderas abrasivas ni con tableros aglomerados pues estos materiales pueden contener sales que dañan el filo de la herramienta. El HSS es recomendado para trabajos sobre maderas blandas y semiduras. Su afilado se realiza con muela de Borazón o Corindón.
TN (Tungsteno)	Es un material con un contenido de Cobalto entre el 45 y 50%. Sus características son intermedias entre el HSS y el HM, tiene la tenacidad del HSS y su dureza se acerca a la del HM. Es un material adecuado para maderas duras y semiduras. Se han observado excelentes resultados en cuanto a rendimiento y acabado superficial en maderas de roble y castaño. Debido a su alto contenido en Cobalto, se han observado también buenos resultados en herramientas para copadoras. Su afilado se realiza con muela de Borazón o Corindón.
HM (Metal duro o "Widia")	Es un material sinterizado (resultado de la mezcla de polvos metálicos y materias primas plásticas no fusibles) de elevada dureza con el que se pueden trabajar todo tipo de materiales debido a que, dentro del HM, existen varios tipos de durezas: <ul style="list-style-type: none"> • K-40 y K-30: Durezas adecuadas para trabajar maderas blandas y semiduras. • K-20 y K-10: Durezas adecuadas para trabajar maderas duras y aglomerados desnudos. • K-05 y K-01: Durezas adecuadas para trabajar aglomerados de alta densidad y todo tipo de materiales abrasivos.
DIA (Diamante policristalino DP)	Es el material de corte más utilizado actualmente para trabajar materiales abrasivos, aunque también se consiguen buenos resultados en madera maciza; siempre y cuando esté libre de nudos. El óptimo trabajo de la herramienta depende del tamaño de los granos del diamantes y del adhesivo que los une, pues de ellos depende el rendimiento a la hora del trabajo y la calidad en el acabado de las superficies, por lo cual se debe tener en cuenta el tipo de trabajo a realizar para seleccionar el DIA correspondiente.

Tabla de clasificación: Catálogo Zubiola

HERRAMIENTAS

de estas herramientas son los cabezales portacuchillas elaborados en acero rápido o aleación ligera.

Cabe decir, que estas herramientas traen grabado (en el mango de la herramienta o en el cuerpo) las velocidades de giro indicadas para su máximo y óptimo aprovechamiento al momento del trabajo, evitando así su desgaste y peligro para el operario. Aunque existen otros factores que influyen en este proceso como el tipo de madera a cortar, el diámetro exterior de la herramienta y el grado de acabado que se pretende lograr.

Según esto, las velocidades de maquinado más recomendadas se listan en las Tablas 3 y 4.

Velocidad de Avance y Calidad del Acabado

La velocidad de avance del material (número de metros de trabajo por minuto) es determinante para conseguir excelente calidad en los acabados. Para este proceso es necesario tener en cuenta el grueso medio de la viruta -determinado por la calidad de la su-

perficie a obtener, así las virutas finas son propias de superficies óptimas y las gruesas de superficies bastas o con alta rugosidad-, en función del número de cortes por minuto obtenido de la multiplicación de dientes por r.p.m.

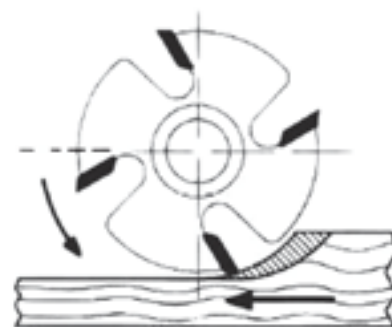
Sentido de giro del útil de corte respecto al avance

- Giro en contra del avance: Es el sistema más usado, donde la herramienta gira contra el avance (contrario a las manecillas del reloj) y se obtiene una viruta larga con espesor creciente. Es la única forma de trabajar con avance manual. El empleo de este giro permite una mayor durabilidad de



los filos, pero en el trabajo en contraveta puede astillar la madera.

- Giro a favor del avance: (A favor de las manecillas del reloj). Se utiliza cuando se desea obtener un acabado superficial fino, sin astillas. Sólo se puede utilizar con avance mecánico. En este giro, el avance es mayor ya que se realiza con menos esfuerzo, sin demeritar la calidad del acabado; pero provocando un mayor desgaste del filo (debido al mayor tiempo de contacto con el materia) por lo que se recomienda tener en cuenta los ángulos de corte que son superiores a los normales, a la hora de realizar el proceso.



Sobre el Desgaste y Pérdida del Filo

El desgaste de las herramientas que utilizamos en maquinado se debe a la pérdida de masa o de dimensiones que se presenta durante el proceso de trabajo, y que es proporcional al tiempo de trabajo de ésta, siendo el filo la parte más afectada pues sobre ella se ejerce la mayor fuerza.

La pérdida de filo está relacionada con el trabajo realizado sobre las maderas procesadas, pues la herramienta entra en contacto con la humedad, dureza, resinas y pegamentos de la madera; factores que limitan su capacidad de trabajo y aumentan el consumo energético de la máquina. Otras causas de la pérdida de filo, son la oxidación, el desgaste mecánico o el desgaste por el calor.

Tabla 3. Velocidades recomendadas para trabajar las maderas

Material a trabajar	Tipo de acero: m/s	
	HSS (ó acero rápido)	HM (con placas de metal duro ó tungsteno)
Madera blanda	55/60	60/90
Madera semidura	50/55	60/80
Madera dura		50/70
Tableros de virutas sin enchapar		60/80
Tableros contrachapados		40/70
Tableros enchapados		50/70

Tabla 4. Velocidades recomendadas por r.p.m.

SUPERFICIE ÓPTIMA GRUESO VIRUTA	(K) = 0,2 a 0,4 MM
Superficie buena	(K) = 0,6 a 0,8 mm
Superficie regular	(K) = 1.0 a 1,2 mm
Superficie basta	(K) = 1,4 a 1,6 mm

HERRAMIENTAS

Se considera que un filo en buen estado es el que posee un radio entre 5 y 10 micras (la pérdida de filo se da cuando éste filo alcanza las 100 micras), y al primer signo de desafilado, las herramientas deben ser afiladas para evitar así que el filo se redondee o se produzca fricción entre la herramienta y la madera.

Otras Recomendaciones

De mantenimiento

- Bajo ningún concepto ha de superarse la velocidad máxima indicada en el útil de corte o catálogo de la herramienta.
- Limpiar las cuchillas o dientes de las herramientas con soda cáustica para eliminar los excesos de resinas, abrasivos y pegantes.
- Afilan las herramientas de maquinado con frecuencia.
- La herramienta debe afilarse al primer signo de desafilado, ya que al redondearse los filos, la fricción aumenta y el desgaste es mucho mayor.

En la maquinaria

- El motor debe tener suficiente potencia en función del trabajo a realizar.
- Los platos o anillos de fijación de la herramienta deben tener las caras perfectamente paralelas y limpias.
- Para las sierras, el diámetro de los platos debe ser como mínimo 1/3 del diámetro exterior de la sierra.
- Las guías deben estar perfectamente paralelas a la herramienta y perfectamente perpendiculares al eje de la máquina.
- El eje de la máquina no debe tener vibraciones ni saltos.

De seguridad

- Usar el anillo de reducción (aro metálico) que se inserta en el diámetro interior de la herramienta, cuando ésta es mayor al diámetro del eje del equipo para asegurarlo. Cabe aclarar que los platos que sujetan la herramienta debe ser superior al anillo que se le coloca.
- No reparar con soldadura las herramientas que presentan daño.
- Nunca debe sobrepasarse la velocidad máxima permitida (n. máx.) marcada en la herramienta.
- Nunca se deben reparar ni usar herramientas que presenten grietas en el cuerpo.
- Los tornillos de sujeción se apretarán con las llaves suministradas, nunca a martillazos ni con extensión de llave.

- Nunca debe utilizarse una herramienta con holgura en el eje ni con diámetro del agujero superior al del eje.
- Nunca debe hacerse oscilar una herramienta para obtener un grueso mayor.
- En herramientas con avance manual, la velocidad de corte debe estar comprendida entre 40 y 70 m/s. A menor velocidad de 40 m/s aumenta mucho el retroceso con el consiguiente peligro.
- No se debe confundir la velocidad de giro máxima que viene marcada en la herramienta con la velocidad de trabajo, ya que esta señala el límite máximo por razones de seguridad.

Citas:

(1) Artículo tomado del folleto: "Teoría del Corte de la Madera". Autor: Mederico Rojas Rojas.

(2) Las propiedades físicas y mecánicas de la madera, para ser comparadas y evaluadas, estarán en función de un grado de humedad determinado que será del 12 por ciento según dictamen de la Conferencia Internacional de Ginebra.

(3) *Plasticidad: Es necesaria para la ejecución de una serie de operaciones en la preparación del útil de corte, por ejemplo, la traba. Esta es la inclinación a que se someten los dientes de las hojas de sierra convencionales, bandas sinfín, serruchos y útiles de corte similares, gracias a ello se puede realizar el corte. La traba se realiza de forma alterna entre los dientes, uno a la izquierda y el siguiente a la derecha.*

Fuentes:

(*) **Mederico Rojas Rojas.** Profesor Asistente Adjunto, Facultad Forestal de la Universidad de Pinar del Río. Cuba. **Correo electrónico:** elbaroja@infomed.sld.cu

- **Colaboración:** Daniel Álvarez Lazo, Doctor en Ciencias Forestales, Diana Hernández, Diseñadora Industrial y Diógenes Barrantes Quintero: Comafil Herramientas y Afilados Ltda.

- Catálogo Zubiola.

- **www.fao.org.** Documentos: *La Innovación tecnológica en el sector maderero.* Christian Sales y *La promesa de la tecnología II.* F.F.P. KOLLMANN.

www.grupos.unican.es. Documento: *La Madera: Composición, Alteraciones y Restauración.* Carmelo Fernández Ibáñez.

- **www.monografias.com.** Documento: *Procesos de Manufactura por Arranque de Viruta.* Ing. Iván Escalona.

- **www.maderasdecolombia.org**