



Madera Plus Calidad Forestal S.L.

Parque Tecnológico de Galicia. Rúa de
Vigo 2

32901 San Cibrao das Viñas. Ourense

Tel: 988 049 360. Fax: 988 368 149

maderaplus@maderaplus.es

**INFORME PARCIAL DE RESULTADOS
SOLUCIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE
ALMACENAJE, SECADO Y PROCESADO DE
LA MADERA DE PEQUEÑO DIÁMETRO
PRODUCIDA EN LAS PLANTACIONES DE
BOSQUES NATURALES**

Cliente: Bosques Naturales S.A.

Datos contacto: Ignacio Urbán

Fecha: 27/12/2013

Nº páginas: 26

INDICE

Introducción.....	3
Fase 1 Recopilación de información.....	4
Limitaciones observadas sobre la madera en rollo almacenada	4
Limitaciones observadas sobre la madera aserrada	6
Tipo de producto y volumen de madera.....	9
Datos recopilados, ensayos a realizar y acciones necesarias	9
Fase 2 Análisis de posibles soluciones.....	10
Valoración de infraestructuras y maquinaria:.....	10
Esquema de la línea de procesado:.....	10
Comparativa de aserraderos portátiles de corte horizontal.....	11
Wood Mizer	11
Logosol.....	12
Sierra alternativa para obtención de tablilla fina	15
Ensayos de aserrado:	16
1. Aserrado en sierra alternativa wintersteiger	16
Conclusiones del ensayo de aserrado en sierra alternativa	18
2. Aserrado en sierra de cinta horizontal.....	19
Resultados de rendimiento en tiempo de aserrado	21
Otra maquinaria descartada.....	23
Ensayos de secado.....	23
Fase 3. Propuesta técnica de soluciones.....	24
Soluciones para almacenamiento de la madera en rollo:	24
Soluciones propuestas para aserrado de trozas.....	26

Introducción

A solicitud de la empresa Bosques Naturales, Madera plus desarrolla este estudio con el objetivo de optimizar el aprovechamiento de madera de pequeño diámetro, que se va a obtener de las plantaciones de cerezo y nogal fruto de una correcta gestión en el manejo de la competencia, para asegurar el crecimiento y calidad adecuada sobre los árboles de futuro con orientación a la producción de chapa.

El objetivo de este estudio es aportar las soluciones para resolver las fases de almacenamiento de la madera en rollo (exigencias, dónde, cómo y durante cuánto tiempo), de aserrado (tipo de sierra que más se adapta a la materia prima y al tipo de producto, dónde aserrar, precio de aserrado y sierras...) el proceso de secado (tipo de secadero, tiempo, dónde, presupuestos...), y almacenamiento de la tabla hasta ser procesada.

Se pretende obtener la solución técnica y económica más óptima, en rendimiento y calidad de madera, que permita gestionar el proceso de obtención de madera aserrada y seca lista para ser procesada y aplicable en todas las parcelas.

Este es un informe parcial que recoge los resultados en cuanto al almacenamiento de la madera, determinando los condicionantes tecnológicos que se deben controlar y recoge el avance de resultados en el estudio de aserrado, definición de producto y secado, que serán completados en los siguientes informes.

Según el cronograma previsto, el estado de avance de los trabajos es el siguiente:

Fase	Tareas	Avance
FASE 1	Agrupar y analizar toda la información y recoger la experiencia y conocimientos existentes hasta el momento sobre la madera almacenada y procesada.	100%
	Definir tipo de producto y volumen de madera	100%
	Definir posibles soluciones y fijar datos a recopilar, ensayos a realizar	100%
FASE 2	Visita a las instalaciones de las parcelas, búsqueda de la infraestructura y maquinaria necesaria, presupuestos	70%
	Búsqueda y visita de empresas para subcontratar el proceso. análisis de viabilidad y petición de presupuestos.	70%
	Ensayos piloto de aserrado con la maquinaria y empresas seleccionadas, con evaluación de tiempos y rendimientos con transporte de lote pequeño de trozas	50%
	Ensayos piloto de secado en secaderos de empresas de frondosas, con evaluación de curva de secado	15%
	Presentación a la empresa de resultados de viabilidad y adecuación de las diferentes soluciones técnicas posibles	50%
FASE 3:	Emisión de informe con propuesta técnica y económica de la solución más óptima	30%

La finalización de las tareas de aserrado y secado queda de algún modo supeditada a la definición de productos y secciones necesarias y a la disposición de madera en rollo recién cortada, para realizar los ensayos de secado.

Fase 1 Recopilación de información

Limitaciones observadas sobre la madera en rollo almacenada

Se ha muestreado la madera en rollo almacenada en la parcela de Cáceres. Se han tomado muestras de diferentes trozas de cerezo y nogal con más de tres años de almacenamiento y algunas trozas de nogal con apenas 8 meses de almacenamiento desde la corta.

Los datos obtenidos de la observación de este material han sido contrastados con la bibliografía existente y con una encuesta a empresas del sector que utilizan madera de frondosa.

La madera se evaluó en rollo, y posteriormente se aserró para valorar la calidad interna de la madera almacenada.



Figura 1: Aspecto general de la madera de nogal apilada directamente contra el suelo, impidiendo la correcta ventilación y circulación del aire y favoreciendo por tanto la aparición de hongos en las trozas en contacto con el suelo.

Contenido de humedad: Tras tres años de almacenamiento, los troncos presentan la madera totalmente seca, por debajo del 20% de humedad.

Trozas almacenadas sólo durante 8-10 meses mostraban niveles de humedad del 80%.

Fendas de secado:

La aparición de fendas en las testas (extremos) de la madera en rollo es uno de los primeros limitantes observados. Estas fendas aparecen por una pérdida muy rápida de humedad, son más frecuentes y de mayor profundidad en cerezo que en nogal. Algunas empresas encuestadas recomiendan el uso de productos que realicen un efecto de sellado y otros incluso recomiendan el aserrado inmediato.



Figura 2: Fendas de secado que aparecen en las testas de las trozas por una pérdida muy rápida de humedad de la madera en sentido longitudinal a las fibras.

Aparecen dos tipos de fendas de secado, fendas superficiales (apenas penetran unos cm en la madera) y fendas profundas, que llegan a producir rajaduras a lo largo de la troza y penetran entre 10 y 40cm. En cerezo aparecen inmediatamente después de la corta y son más profundas, en nogal no siempre aparecen pero cuando lo hacen son fendas delgadas pero abundantes y que profundizan de 8 a 10 cm.

La aparición de fendas afecta al rendimiento y la calidad de las tablas aserradas, dependiendo de la profundidad, y obliga a desechar la parte fendada.



Figura 3: Repercusión en la tabla de nogal de las fendas de secado producidas en las testas de trozas. Las fenda provocan un desperdicio de unos 10 cm sobre la tabla

Aparición de hongos:

Hongos de pudrición blanca:

Se han apreciado hongos de pudrición blanca en cerezo, sobre aquellas trozas que quedaron mucho tiempo a la intemperie. Son hongos que atacan a la lignina, con lo que la madera pierde su consistencia. Este hongo puede aparecer y dejar mancha desde los primeros meses.

Hongos cromógenos: se ha observado una ligera mancha azulada sobre algunas tablas obtenidas de las trozas de nogal almacenadas. Se trata de hongos generalmente del grupo Ascomicetes Crecen sobre la albura, y no sobre el duramen.

- Las condiciones óptimas de crecimiento se dan cuando la temperatura oscila entre los 20-27 °C y cuando la madera tiene una humedad dentro del rango °60%-80%.
- Estos hongos atacan el árbol inmediatamente una vez cortado.
- Son dispersados por insectos, aunque también se dispersan a través de gotas de lluvia en especial en condiciones de viento.

Presencia de carcoma:

Tanto en cerezo como en nogal, se observan galerías hasta una profundidad máxima de 1,5 cm desde la corteza, con lo que se deduce que probablemente penetró este último año. En base al grosor de las galerías y el tipo de serrín se trata de un ataque de carcoma mediana del grupo de los anóbidos.

Limitaciones observadas sobre la madera aserrada

Se analiza el estado de una pila de madera aserrada de cerezo, secada al aire. El aserrado se realizó en un aserradero local con unos costes elevados de transporte y aserrado. La época de aserrado fue principios de verano. Las trozas habían permanecido cuatro meses apiladas.



Figura 4: Aspecto de la pila de madera de cerezo aserrada y secada al aire



Figura 5: Aspecto de las cabezas de las tablas de cerezo secada al aire durante los meses de verano

Contenido de humedad: Tres meses después del aserrado, la tabla está al 16% de humedad.

Aparición de fendas: se observan fendas en las cabezas de las tablas de cerezo que llegan a profundizar de 30 a 40 cm.



Figura 6: Fenda de cabeza en tabla de cerezo, posiblemente ocasionada por una pérdida muy rápida de humedad

Deformaciones: No se han visto deformaciones excesivas en sentido longitudinal aunque sí combamientos y abarquillados, que haría necesario un procesado posterior para calibrarla, lo que implicaría una pérdida de madera por procesado posterior en calibradora para obtener la sección requerida. Esto puede ser debido a la época en la que se realizó el aserrado (verano),

que ocasionó que la tabla tuviera una pérdida demasiado rápida de humedad.

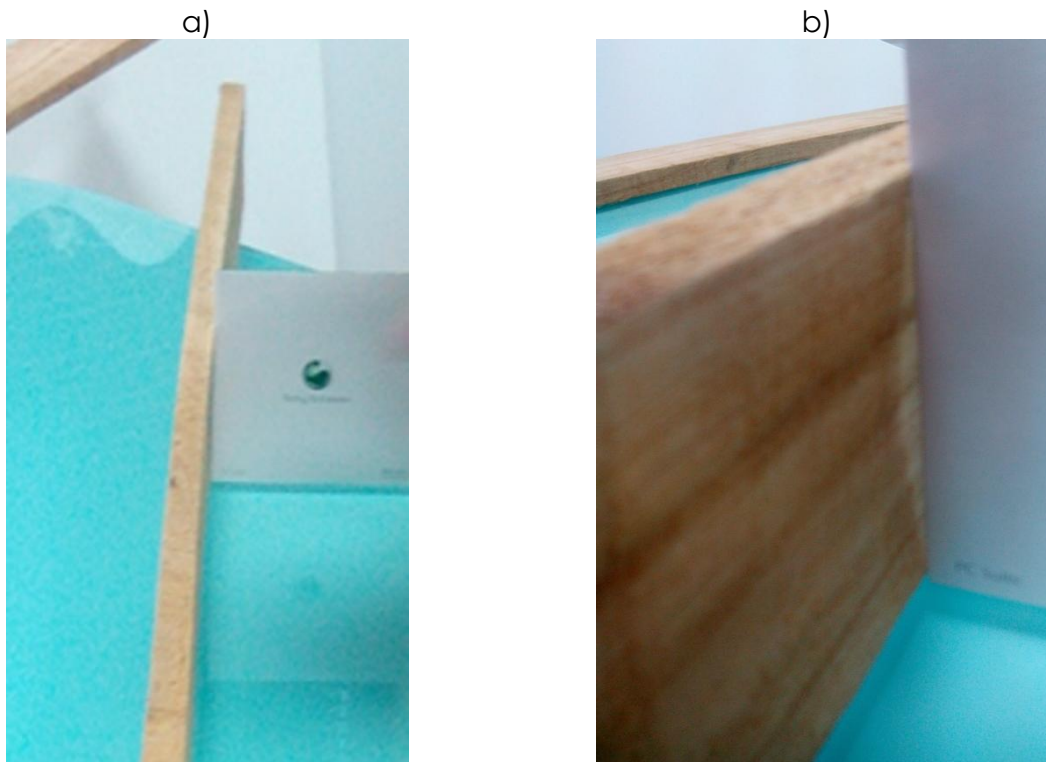


Figura 7: Muestra de combamiento (a) y abarquillado (b) observado en las tablas aserradas de cerezo, secadas al aire durante los meses de verano

Aparición de hongos: Se observa la presencia de hongos de pudrición blanca en las primeras etapas de degradación. En algunas ocasiones este tipo de hongos produce líneas oscuras y delgadas que se forman alrededor de las zonas afectadas.



Figura 8. Línea oscura de delimitación de zona de ataque del hongo de pudrición blanca en su primera fase de degradación

Tipo de producto y volumen de madera

Para ayudar a definir el tipo de producto, se obtuvieron tablas de distintas secciones y se aportó cepillada y con acabado natural (encerada) como una muestra variada de la materia prima de partida, como material de base para el diseño de productos. Dicho material fue también enseñado a alguna empresa del sector con el objetivo de prever una posible complementariedad para una nueva línea de producto.

Se barajan varias opciones a partir de tabla de diferente sección:

Productos a pequeña escala realizado con materia prima sólo de Bosques a partir de tabla gruesa (20-25mm) o tabla delgada (5-15mm) como carcasas de teléfono, joyería, utensilios cocina... (Liderado por a²)

Productos a gran escala:

Varios productos a considerar:

- Obtención de tablero alistonado a partir de tabla gruesa (BN Proyecto europeo)
- Venta directa de tabla gruesa previamente clasificada por calidad (Ernesto)
- Creación de un producto mixto que utilice madera de Bosques como elemento decorativo sobre otro tipo de madera (Frisos acústicos Mosaicos de losetas para suelo, ...). Es necesario buscar posibles empresas que pudieran estar interesadas. Se habló con Villapol y se barajó la posibilidad de hablar con Finsa (Madera+)

La definición de productos y de los requisitos de la materia prima de partida permitirá definir las secciones de interés para poder realizar el estudio de rendimiento de la madera en el aserrado y el tipo de maquinaria.

El volumen de madera estimado a extraer anualmente ronda los 15 m³ aunque con ligeras variaciones

Datos recopilados, ensayos a realizar y acciones necesarias

En base a la información recopilada y a los objetivos del estudio, se realiza una propuesta de almacenado de trozas, una propuesta de aserrado y se inician los ensayos de aserrado y los ensayos de secado al aire que deberán posteriormente completarse con ensayos en condiciones controladas.

Se realizó una exploración de la maquinaria de aserrado existente, adaptada a nuestras necesidades para la producción de madera de diferentes secciones y se inició el estudio de diferentes esquemas de corte para analizar

la pérdida por corte, el rendimiento de aserrado, el tiempo y personal necesario etc.

El material obtenido sirve además de materia prima para realizar las pruebas de secado y de obtención de productos .

Fase 2 Análisis de posibles soluciones

Valoración de infraestructuras y maquinaria:

A la vista de los elevados costes de aserrado requeridos para el aserrado externo de las trozas, unido a los costes asociados al transporte de la madera verde, se apuesta por implantar una línea móvil de aserrado que permita realizar el aserrado de la madera que se apee en las distintas fincas.

Las infraestructuras e instalaciones existentes en las diferentes fincas, permiten establecer una línea de aserrado de las trozas. El manejo posterior de la tabla seca, para un segundo procesado, podría centralizarse en una de las fincas, de cara a obtener los diferentes productos intermedios definidos.

Se han buscado máquinas que responden a las necesidades de aserrado, valorando las prestaciones y el precio para el procesado de primera transformación. Se ha buscado maquinaria en el mercado de segunda mano de cara a poder realizar una propuesta de línea de procesado de madera que pueda ser interesante para la empresa.

Se baraja una única metodología de corte (sierra de cinta con diferente espesor y ancho de diente, disco). Se descarta el aserrado con sierra de disco por la enorme pérdida de madera en el corte (por encima de 3,5mm), lo que implica por tanto se descarta el uso de la sierra múltiple tradicional pues implica un descenso muy elevado del rendimiento.

La sierra de cinta tiene una pérdida de madera en el corte inferior a 1,5mm. Las denominadas máquinas alternativas son máquinas que permiten realizar un aserrado múltiple con sierra de cinta estrecha y dientes con un triscado que obtiene un acabado es posible realizarlo.

Esquema de la línea de procesado:

El esquema del proceso de primera transformación de la madera implica la necesidad de contar con una sierra para la obtención de tabla o cuadradillo, una canteadora para escuadrar las tablas a un ancho determinado (opcional según el esquema de aserrado)) y una calibradora o lijadora para darle el acabado final una vez secas.

- 1) aserrado en tablas->canteado->secado y calibrado (o lijado)
- 2) aserrado de listón a 4 caras ->aserrado múltiple y calibrado

Comparativa de aserraderos portátiles de corte horizontal.

Se realiza la selección y comparativa de aserraderos portátiles existentes, principalmente con distribución en el mercado español, que se adapten en rendimiento y coste a las necesidades de aprovechamiento de la madera de pequeño diámetro producida por Bosques Naturales.

Modelos seleccionados

Las marcas y modelos de aserraderos portátiles sencillos, transportables y económicos seleccionadas han sido:

- Wood Mizer
- Pezzolato
- Mebor
- Logosol (incluida por propuesta de Bosques Naturales).

Las marcas Wood-Mizer y Logosol son las que mejor se adaptan a las necesidades de aserrado de trozas de pequeño diámetro, por tener modelos sencillos y económicos. Pezzolato y Mebor fabrican máquinas más robustas y automatizadas, diseñadas para troncos de gran diámetro y longitud, idóneas para una producción grande en volumen y un trabajo continuo, y por lo tanto con un precio muy elevado. (Mebor es eslovena, se ha contactado con ellos mediante correo electrónico pero no se ha obtenido respuesta).

Wood Mizer es una marca estadounidense, especialista en este tipo de aserraderos y con presencia mundial. En España tiene representación a través de la empresa de maquinaria para la madera Hersan situada en Albacete (www.hersancr.com).

De entre los modelos de aserradero, se han seleccionado los dos más sencillos, LT10 y LT15. Los modelos superiores, LT20, LT40 y LT70, sobrepasan las necesidades de aprovechamiento de trozas de pequeño diámetro, ya que son más productivos, de bancadas más robustas, mayor potencia de motores y opciones de automatización como carga y giro de la troza hidráulicos, pensados para trozas de diámetros y longitudes grandes.

LT10: Es el más sencillo, básicamente es una bancada de sujeción y la maquinaria. El movimiento de avance de la sierra se realiza empujándola y el control de la anchura de corte también es manual. Este modelo sólo se presenta con motor de gasolina.

LT15: Aporta ciertas mejoras con respecto al otro que hacen el trabajo del operario más cómodo y un mayor volumen de producción. Tanto el avance como el control de anchura de corte se realizan manualmente mediante manivela, con la opción de que sea eléctrico, ofreciendo más comodidad y precisión. Los motores son de mayor potencia y presenta la opción del motor eléctrico, que sería el más cómodo para trabajar en las instalaciones de Bosques Naturales.

Dadas las características técnicas, principalmente la posibilidad de motor eléctrico y opción de automatizar el avance y selección del grosor de corte, se recomienda el modelo LT15.

En Anexos se presentan especificaciones técnicas de ambos modelos, junto con fotos y el enlace a vídeos de las máquinas trabajando.

Logosol es una empresa sueca de maquinaria para carpintería, que distribuyen una gama para el procesamiento de madera a pequeña escala. Los aserraderos portátiles que oferta son de la empresa estadounidense Norwood, especialista en este tipo de maquinaria y con presencia en todo el mundo (www.norwoodsawmills.com). En España Logosol tiene oficina de distribución, y la venta se hace a través de su página web (www.logosol.es).

Oferta dos modelos, Logosol LumberMate LM29 y Logosol LumberPro HD36.

LumberMate LM29: Es el modelo más sencillo. El movimiento de avance es manual, empujándola, y la selección del grosor de corte también es manual. Se presenta con dos motores eléctricos, 4 y 8 kW, y uno de gasolina.

LumberPro HD36: Es el modelo superior, más robusto y mejorado para una mayor productividad. Se presenta con dos motores eléctricos, 8 y 12 kW, y uno de gasolina. El avance y altura de corte son manuales, con opción a que sean automáticos (aunque la selección automática de grosor de corte no lo deja muy claro en la información aportada). Presenta diversas mejoras opcionales como carga y giro del tronco hidráulicos, pensado para grandes trozas.

Comparativa

Al mismo nivel de prestaciones y productividad, el modelo LT15 de Wood Mizer se correspondería con el modelo LM29 de Logosol. Mientras que el modelo HD36 de Logosol estaría dentro del grupo superior de Wood Mizer, LT20 o LT40. Dado que el LT15 sería el modelo más adecuado para el aprovechamiento de trozas pequeñas, se ha realizado la comparativa entre este y los dos modelos de la marca Logosol (Tablas 1 y 2). La comparativa se ha llevado a cabo sobre aquellos aspectos que más pueden influir en el rendimiento de la operación. Se han incluido los elementos opcionales que ayudan al aumento de este rendimiento y eficiencia de corte. Se ha incluido el precio del modelo y de los elementos opcionales que puedan ser interesantes para el proceso.

En cuanto a los sistemas mecánicos, todos los modelos de ambas marcas tienen sistema de autolubricación, guías de hojas de sierra ajustables con bloqueo, y un sencillo sistema manual de cambio y tensado de la hoja de sierra.

Los motores que montan los 3 modelos son de la marca Kohler con encendido eléctrico. La Wood Mizer lleva un motor con algo menos de potencia, 7,5 kW frente a 8 kW de los modelos Logosol, según marcan las especificaciones, aunque la potencia de los motores eléctricos es más que suficiente para las necesidades de aserrado de Bosques Naturales.

La rigidez y consistencia de los modelos es muy buena, preparada para soportar grandes pesos de trozas de más 70 cm de diámetro. Dado el tamaño de las trozas a aserrar por Bosques Naturales, esta es un aspecto que no influye en la decisión.

La sierra de corte es la misma en los 3 modelos. Una sierra con pequeño grosor, 1,1 mm, que producirá un ancho de corte de 1,5 mm, dejando un buen acabado en la superficie con unas marcas de corte discretas, fácilmente eliminables mediante un lijado superficial.

Para los rangos de producción, las especificaciones marcan rendimientos mayores de 0,83 m³/h (350 board feet por hora) Puesto que llevan el mismo motor, sierra de corte y la velocidad de avance es la seleccionada por el operario, el rendimiento será el mismo en los 3 modelos.

Tabla 2. Comparativa Wood Mizer LT15 y Logosol LM29

Característica	Wood Mizer LT15			Logosol LM29		
	Serie	Opcional	Precio (€)	Serie	Opcional	Precio (€)
Motor Eléctrico	7,5 kw		5.900	8 kW		5.590
Grosor sierra	1,07 mm			1,1 mm		
Long max. corte	5,2 m			5,5 m		
Diam máx. troza	71 cm			73 cm		
Pérdida agarres						
Grueso tabla final	25 mm			25 mm		
Sistema avance	Manual	Automático	1.119	Manual		
Sistema carga	Manual	Rampas	169	Manual	Rampas y cable	1.262,5
Sistema selección altura corte	Manual	Automático	674	Manual		
Giro troza	Manual			Manual		
Transporte		Trailer	2.024		Trailer	2.390
Incisor descort		Ud	888			
Peso (desde...)	544 kg			400 kg		
		TOTAL (€)	10.774		TOTAL (€)	9.242,5

Tabla 3. Comparativa Wood Mizer LT15 y Logosol HD36

Característica	Wood Mizer LT15			Logosol HD36		
	Serie	Opcional	Precio (€)	Serie	Opcional	Precio (€)
Motor Eléctrico	7,5 kw		5.900	8 kW		5.590
Grosor sierra	1,07 mm			1,1 mm		
Long max. corte	5,2 m			5,1 m		
Diam máx. troza	71 cm			90 cm		
Pérdida agarres Grueso tabla final	25 mm			25 mm		
Sistema avance	Manual	Automático	1.119	Manual	Automático	1.290
Sistema carga	Manual	Rampas	169	Manual	Rampas y cable o Hidráulico	1.262,5
Sistema selección altura corte	Manual	Automático	674	Manual	Automático	4.225
Giro troza	Manual			Manual	Hidráulico	5.870
Transporte		Trailer	2.024		Trailer	1.920
Incisor descort		Ud	888			
Peso (desde...)	544 kg			600 kg		
	TOTAL (€) 10.774			TOTAL (€) 22.797,5		

En cuanto a los elementos opcionales que pueden incorporar los modelos, el LM29 de Logosol es el que menos opciones ofrece. Mientras que el HD36 de Logosol, es el que más opciones de mejora y facilidad de trabajo permite, ya que está diseñada para el procesado de trozas de mayor diámetro y mayor producción, por ejemplo, permite incorporar una instalación hidráulica para las operaciones de carga, posicionamiento y giro de las trozas.

Para el aserrado de trozas de pequeña escuadría, por su tamaño y peso, en principio no son necesarios más elementos que los estándar. Pero si sería interesante incorporar el avance automático, mejorando el rendimiento del operario, y el sistema de selección de la altura de corte automático, mejorando el rendimiento en tiempo y precisión del corte. Ambos son opcionales en los modelos Wood Mizer LT15 y Logosol HD36.

Una opción que distingue al modelo LT15 de los otros es la incorporación de un disco incisor descortezador, que actúa abriendo un corte previo por el lado de la entrada de la sierra de cinta, eliminando la corteza y restos minerales o de metales que pudiesen existir, lo cual retrasa el desafilado de la sierra y alarga su vida útil.

De forma general se ha visto que los 3 modelos son similares en prestaciones y que la elección de cualquiera de ellos sería válida para el aserrado de trozas de pequeño diámetro de Bosques Naturales.

Todos los **modelos** son **desmontables y empacables para su transporte**. La única referencia de tiempo de desmontado, empaquetado y montado que se tiene al respecto es de la Wood Mizer LT15, **llevando toda la operación medio día de trabajo**.

Incluyen la opción de transporte mediante un sistema de remolque, sistema más cómodo y rápido porque no es necesario desmontar y empaquetar la máquina. En este caso sería necesario poseer el permiso de conducir B+E, para llevar remolques pesados de más de 750 Kg.

Por precio, teniendo en cuenta que se incluyen las opciones de avance y selección de altura de corte automáticas y la opción de tráiler, la **Wood Mizer sería la opción más económica**, 10.605 € frente a 15.665 € de la Logosol HD36.

Sierra alternativa para obtención de tablilla fina

La máquina seleccionada como interesante para la obtención de tablilla fina es una sierra alternativa de hoja delgada denominada DGS Notum de la empresa austriaca Wintersteiger (www.wintersteiger.com). Es una máquina con unas prestaciones técnicas muy elevadas, pero excesivamente cara. Se está tanteando el precio en el mercado de segunda mano.

Esta máquina está especialmente diseñada para obtener tablilla fina, para productos como suelos, envases, carpintería, etc. La sierra alternativa tiene la ventaja de poder realizar cortes múltiples de una pasada utilizando sierras de cinta. La optimización en estos modelos viene dada por el uso de sierras de cinta muy delgadas, 0,9 mm de grosor.

Datos técnicos:

Voltaje	400-415 V/50Hz
Motor principal	11 kw
Velocidad de avance	0,3 a 1,7 m/min
Carrera del cabezal	210 mm
Carreras por minuto	Aprox. 450/min
Altura de corte	30 - 266 mm
Ancho de corte con guía lateral	60 a 162 mm
Ancho de corte con guía central	2 x 25 a 70 mm
Diferencia en altura de los bloques	max. +/- 0.5 mm
Longitud del bloque	min. 300 mm
Espesor de la lámina	min. 1.5 mm
Precisión de corte	+/-0.2 mm
Espesor de corte	0.9-1.4 mm

Datos de contacto: Ibon Uriarte representante de la casa en España

Precio aproximado de la máquina nueva: 80000 euros

Existen dos en Galicia en dos empresas (EGALSA e INNMACU). Se contacto con ambas empresas. En una de estas empresas (EGALSA) se realizó una prueba de aserrado. La otra empresa, INNMACU, cerró el año pasado y ha vendido dicha máquina dentro de un lote mucho más amplio a Maderas Besteiro. Se tantea con ellos la posibilidad de una compra de segunda mano, sin respuesta de momento.

Ensayos de aserrado:

Esta parte del estudio está desarrollada en un 70% siendo necesario completar los ensayos ajustando la sección a los productos hacia los que va dirigida la madera.

Hasta el momento, se han realizado pruebas de aserrado en dos tipos de máquina:

1. Aserrado en sierra alternativa wintersteiger

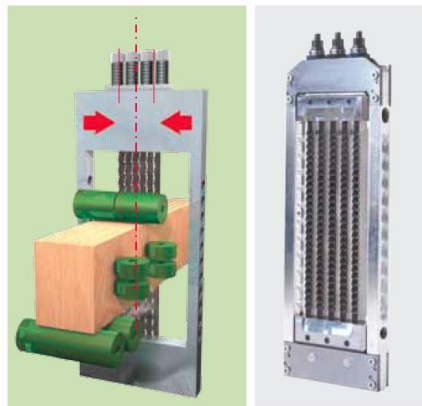
Las máquinas alternativas de aserrado múltiple parten de una pieza previamente escuadrada.

A partir de trozas de nogal y cerezo procedentes de las fincas de Cáceres y Arzúa se obtuvieron listones de sección cuadrada de tres dimensiones (100x100, 80x80 y 60x60 mm). Se minimizó a 3 el número de secciones a obtener, sin considerar el máximo rendimiento de la troza y para evitar excesivos cambios de guías por cambio de sección en la DGS Notum y reducir el tiempo de preparación y ajuste de la máquina. El reparto de secciones ha sido el siguiente (Tabla 2):

Maquinaria

La máquina probada ha sido el modelo DGS Notum de la empresa austriaca Wintersteiger (www.wintersteiger.com). Este es uno de los 3 modelos de sierra alternativa de hoja delgada que tiene la empresa en catálogo.

Figura 9 . Esquema de corte y bastidor donde se montan las sierras.



Grosor de aserrado

El grosor de la tabla a obtener se estableció en 3,5 y 5 mm, siendo 3,5 el grosor mínimo que admite la máquina. Durante el aserrado de las piezas se varió la velocidad de avance, comprobando que posibles desviaciones en el grosor nominal y acabado de las piezas. De esta forma, y por ejemplo, la primera mitad de una pieza se cortó a una velocidad de avance de 05 m/min, y la otra mitad a 1 m/min.

La posible desviación del grosor con respecto al nominal establecido se ha comprobado sobre varias tablas de cada pieza midiéndolo con un calibre en la zona próxima a ambos extremos de la tabla.

Hay que destacar que el perfil de las sierras de la máquina era para coníferas y madera blandas, ya que Egalsa la utiliza para cortar pino pinaster. Los perfiles para maderas duras y frondosas tienen un paso de diente (separación entre dientes), ángulo de ataque y proyección lateral del diente menores.

Calidad del aserrado

- **Anclaje de la pieza.** La disposición de los rodillos de apriete de la pieza, uno lateral y otro por arriba, obliga a que la pieza tenga las 4 caras planas, para que no haya movimientos durante el corte.
- **Desviación del grosor nominal.** Las desviaciones observadas se encontraban entorno a $\pm 0,1$ mm. Desviación prácticamente despreciable. En los cambios de velocidad de avance no se han encontrado desviaciones mayores entre ambos extremos.
- **Textura y acabado de la superficie.** El corte con sierra de cinta delgada produce un acabado en la superficie de la tabla fino y suave al tacto en las tablas secas. Dependiendo de la aplicación final no necesitaría de un lijado posterior. En las tablas húmedas la textura es un poco más rugosa y con mayor repelo, considerando que si sería necesario el lijado posterior. En la superficie se notan ligeramente las marcas verticales del corte de la sierra. No se ha concretado la causa, aunque seguramente pueda ser porque la sierra utilizada no es para maderas duras. Estas marcas obligarían a un lijado posterior para preparar y acabar la superficie.
- **Deformaciones.** Sólo se han detectado deformaciones justo después del corte en las tablas húmedas de cerezo y espesor 3 mm. Las deformaciones muy leves, consistían en un abarquillamiento y curvatura de la tabla.
- **Calidad del corte y acabado de las tablas.** El acabado es muy bueno, aunque seguramente no es evitable un lijado o calibrado posterior para preparar la superficie.

Rendimiento en volumen

El rendimiento en volumen de las piezas, teniendo en cuenta que el espesor de corte es de 1,25 mm, se ha situado en torno al 80%.

Velocidad de avance.

La velocidad de avance es variable. Se ha comprobado que la desviación del grueso de tabla es despreciable para velocidades de hasta 1,7 m/min.

Observaciones

- Flexibilidad de trabajo. El mayor rendimiento de esta máquina se consigue trabajando con la misma sección y grosor de corte. Cualquier variación de ambos obliga a realizar modificaciones. Si la sección varía sólo en el ancho, manteniendo la altura, el posicionamiento de la pieza se realiza fácil y rápidamente mediante manivela hasta colocarla en la posición adecuada con las sierras. Si la sección varía en altura, se hace necesario cambiar la guía y regular la altura de los rodillos de presión laterales, proceso que ha llevado un tiempo aproximado de 8 min. Para variar el grosor de corte hay que cambiar el bastidor de las sierras. El cambio es rápido y fácilmente ajustable, con un tiempo aproximado de 5 min.
- Preparación del bastidor de sierras con la disposición de corte. La preparación del consiste en colocar las sierras en número y separación deseable sobre el bastidor y llevar a cabo su tensado. El tiempo estimado es de 30 min, si las sierras ya están afiladas y de 2 horas si es necesario afilar las sierras.
- La duración de las sierras afiladas, según la experiencia de operador, es de unas 40 horas para madera blandas y de 25 horas para maderas duras. Tras ese tiempo es necesario sustituir el bastidor por otro con sierras afiladas. Durante estas horas de trabajo no hay ningún problema de destensado de las hojas de sierra. Se recomienda y es casi obligado tener también el equipo de afilado diseñado para estas sierras, así se agiliza mucho el proceso.

Conclusiones del ensayo de aserrado en sierra alternativa

Referente al corte y acabado de las tablas. El acabado es muy bueno, aunque seguramente no es evitable un lijado o calibrado posterior para preparar la superficie.

Referente al rendimiento. El rendimiento en volumen es muy alto, ya que el espesor de corte es mínimo. Hay que tener en cuenta que este es calculado sobre la pieza escuadrada, sin tener en cuenta la pérdida en la troza. La obligación de tener que preparar una pieza con las 4 caras planas, deberá realizarse siguiendo un esquema de aserrado que optimice la obtención de la pieza.

Referente al precio: Dado el alto coste de la máquina y su especificidad sólo para obtención de tablilla fina, no se considera de interés la compra de esta máquina sino que se considera más interesante realizar la subcontratación de la obtención de tablilla.

2. Aserrado en sierra de cinta horizontal

Aserrado con sierra de cinta horizontal con un único esquema de corte al hilo con corteza y para estudio de adecuación y estimación de rendimientos y tiempos asociados utilizando parte de las trozas de pequeño diámetro almacenadas. Los ensayos se hicieron en una sierra de cinta vertical y en la sierra horizontal transportable, seleccionada como de interés para poder ser adquirida por la empresa, para realizar el aserrado de las trozas que apea.

Los rendimientos se analizan para la sierra seleccionada y a partir de diferentes esquemas de corte.

Sierra:

Sierra de grupo de cabeza: Wood-Mizer LT15
Grosor de corte: 1,5 mm
Velocidad de avance: 8 m/min
Velocidad retroceso: 15 m/min
Grosor mínimo tabla por sujeción: 25 mm

Materia prima:

Diámetro en punta delgada: 15 cm
Longitud de la troza: 2,1 m

Rendimiento en volumen y producción:

Para establecer el grueso de corte de la tabla en verde se han tenido en cuenta los coeficientes de contracción radial y tangencial para calcular la pérdida de sección por secado y poder obtener la sección nominal de la tabla establecida en seco. Estos coeficientes se aplicaron sobre el ancho o grueso de la tabla en función de si esta era radial o tangencial.

También se ha tenido en cuenta la pérdida de grosor por el calibrado para dejar la superficie lista para el producto final. Dado que la sierra deja un corte bastante fino y no muy marcado, se ha estimado una pérdida de entorno 1 mm de grosor en esta operación.

Esquemas de corte

Se han planteado 4 esquemas de corte para un diámetro en punta delgada de 15 cm:

Esquema 1. Corte al hilo.

Este sistema consiste en la aplicación de cortes paralelos sucesivos. Es el sistema de corte más sencillo. El ancho de la tabla obtenida puede ser fijo o variar los anchos durante el aserrado.

Dado que las garras de sujeción de la troza obligan a obtener una tabla de 25 mm de grosor mínimo, esta ha localizado en el centro para reducir el desperdicio, aislar la médula y obtener una tabla completamente radial.

El proceso de corte consiste en realizar un primer corte a 5 mm, para conseguir una primera cara de 50 mm de ancho y realizar cortes paralelos sucesivos hasta la tabla central. Se gira el tronco sujetándolo por esa tabla central, y se vuelve a realizar la misma operación de cortes paralelos sucesivos.

Se han planteado alternativas de este esquema, variando los grosores de corte. En los 3, las tablas contiguas a la central se aprovechan para tabla de 20 mm de grueso. Y el resto variable para tablas de 10 y 5 mm.

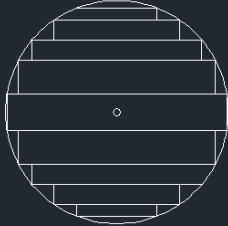
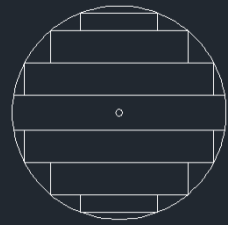
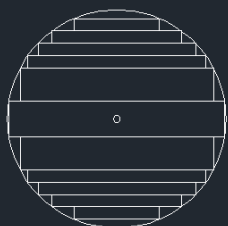
	<p>Esquema 1.1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 Tabla central radial de 25 mm - 2 Tablas semiradiales de 21 mm - 4 Tablas tangenciales de 12 mm - 2 Tablas tangenciales de 6,5 mm
	<p>Esquema 1.2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 Tabla central radial de 25 mm - 2 Tablas semiradiales de 21 mm - 2 Tablas tangenciales de 21 mm - 2 Tablas tangenciales de 11 mm
	<p>Esquema 1.3:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 Tabla central radial de 25 mm - 2 Tablas semiradiales de 21 mm - 8 Tablas tangenciales de 7 mm

Figura 10. Variaciones al esquema de corte 1. Corte al hilo.

Esquema 2. Corte para la obtención de un bloque.

El objetivo de este esquema es la obtención de un bloque central con las dimensiones adecuadas para su posterior procesado en una sierra múltiple. Las dimensiones de este bloque vendrán dadas por el grosor de las tablas a obtener en la sierra múltiple y por su optimización al maximizar su área.

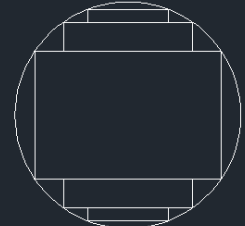
	<p>Esquema 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 bloque central de 123x83,5 mm para la obtención de tablas de 7 mm de grosor en sierra múltiple. - 2 tablas tangenciales de 85x17,5 mm - 2 tablas tangenciales de 53x7 mm
---	--

Figura 11. Esquema de corte 2.

El proceso de corte consiste en realizar un primer corte a 5 mm, para conseguir una primera cara de 50 mm de ancho y realizar cortes paralelos hasta el bloque central. Se gira el tronco sujetándolo por el bloque central, y se vuelve a realizar la misma operación de cortes paralelos sucesivos.

Resultados de rendimiento en tiempo de aserrado

La siguiente tabla muestra el tiempo de aserrado por troza de cada uno de los esquemas planteados, teniendo en cuenta los tiempos de carga, planeamiento, giro del tronco y avance y retroceso de la sierra.

Tabla 4. Tiempos por operación y total del proceso de aserrado de cada esquema.

Esquema	Nº cortes	Nº giros	T.giros (min)	T.carga (min)	T.corte (min)	T.Total (min)
1.1	10	1	0,58	1,5	4,03	6,1
1.2	8	1	0,58	1,5	3,22	5,3
1.3	12	1	0,58	1,5	4,83	6,9
2	8	3	1,74	1,5	3,22	6,5

Es evidente que un mayor número de cortes y giros aumenta el tiempo de procesado. Las diferencias entre tiempos por procesado de troza no son muy grandes entre los esquemas planteados, no llegando al minuto en casi todos.

Resultados en tiempo de producción

Para un volumen anual de 15 m³, con un número estimado de trozas de 404, la Tabla 5 muestra el tiempo en horas de producción total.

Tabla 5. Tiempo de producción para un volumen anual de 15 m³

Esquema	Tiempo (horas)
1.1	51,41
1.2	44,63
1.3	58,19
2	54,40

Rendimiento y volumen de producción

La tabla 6 muestra el volumen tabla y verde que se obtiene por troza y esquema aplicado.

Tabla 6. Volumen de tabla verde y seca por troza y esquema de aserrado

Esquema	m ³ tabla verde	m ³ tabla seca
1.1	0,0309	0,0282
1.2	0,0303	0,0279
1.3	0,0306	0,0272
2	0,0294	0,0276

Para un volumen anual de 15 m³, la producción anual y el rendimiento de aserrado serían los siguientes:

Tabla 7. Volumen anual de producción y rendimiento de aserrado por esquema

Esquema	1.1	1.2	1.3	2
m³ materia prima	15	15	15	15
m³ producto verde	12,51	12,26	12,35	11,88
m³ producto seco	11,38	11,27	10,98	11,14
Rendimiento aserrado	1,20	1,22	1,21	1,26

Rendimiento de aserrado expresado en m³ de troza/m³ tabla verde

El rendimiento de aserrado es bastante alto, teniendo en cuenta que el rendimiento del pino se encuentra en torno a 2, y similar entre los distintos esquemas de corte, siendo el esquema 1.1 el que mejor rendimiento presenta.

Volumen de desperdicios

Teniendo como desperdicios la corteza, el serrín y la leña, el volumen por troza de cada uno de ellos se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1. Volumen de corteza, serrín y leñas generados en cada esquema.

Esquema	1.1	1.2	1.3	2
m³ corteza	0,0078	0,0078	0,0078	0,0078
m³ serrín	0,0034	0,0027	0,0041	0,0016
m³ leñas	0,0028	0,0041	0,0024	0,0061
TOTAL	0,0140	0,0146	0,0143	0,0155

Para un volumen anual de 15 m³, el volumen total de desperdicios sería el siguiente:

Tabla 2. Volumen anual de producción de desperdicios.

Esquema	1.1	1.2	1.3	2
m³ corteza	3,15	3,15	3,15	3,15
m³ serrín	1,36	1,10	1,68	0,67
m³ leñas	1,13	1,65	0,97	2,45
TOTAL	5,64	5,89	5,80	6,27

Conclusiones del uso de la sierra horizontal transportable

Los resultados muestran la gran versatilidad de esta máquina para la obtención de tabla de distinto grosor con un rendimiento elevado.

En base a las previsiones anuales de volumen de madera a extraer de las parcelas sería posible realizar el aserrado en menos de dos semanas.

Faltaría valorar la compra o subcontratación de la canteadora una vez definido como desea venderse la madera y el proceso de segunda transformación a realizar asociado a productos concretos.

Otra maquinaria descartada

Marunaka:

Realiza el corte mediante cuchilla tras una cocción del tronco. El espesor máximo de la tablilla es de 6 mm. La prueba realizada en las instalaciones de Losán demostró la inviabilidad del uso de esta máquina pues la madera salía totalmente abarquillada.

Moldurera:

Realiza cortes múltiples con sierras de disco. La pérdida por aserrado es mayor de 3mm por corte por lo que se descarta el uso de la misma ya que implica demasiada pérdida.

Ensayos de secado

Se ha iniciado el control de la pérdida de humedad sobre tabla de distinta sección secada al aire. Este ensayo se está realizando con la madera obtenida de los ensayos de aserrado. Para ello, se ha realizado un apilado horizontal de la madera con un rastrelado muy denso, y dispuesto a cubierto en una zona muy bien ventilada, con una disposición de las tablas perpendiculares a la dirección de circulación del viento.

Figura12: ensayo de secado de madera al aire



La humedad inicial de la madera recién cortada fue del 80%. Los resultados preliminares muestran una pérdida de humedad por debajo del punto de saturación de la fibra (28%) en una semana, en las tablas de menos sección, y

un gradiente de menos a más humedad de la parte superior a inferior de la pila respectivamente.

La humedad se está controlando semanalmente de cara a obtener un gráfico de pérdida de humedad de la madera, por secado al aire, que pueda ser posteriormente contrastado.

En cuanto a la estabilidad, se observa gran estabilidad de la madera aserrada de nogal obtenidas de trozas previamente almacenadas durante un año. El comportamiento de la madera de cerezo es algo menos estable.



Figura 13: aspecto inicial de las tablas de sección 5mm de nogal y cerezo sobre las que se va a realizar el seguimiento del proceso de secado al aire.

Fase 3. Propuesta técnica de soluciones

Soluciones para almacenamiento de la madera en rollo:

En base a los datos recogidos se dan unas pautas de buenas prácticas:

Época de apeo: Se recomienda apear la madera en invierno, antes de la subida de savia para asegurar un menor porcentaje de humedad en la madera y facilitar el proceso posterior de secado, sin una pérdida muy rápida de humedad.

Lugar de almacenamiento: el almacenamiento deberá ser a cubierto, en una zona ventilada, con las trozas orientadas perpendicularmente a la dirección de la corriente de aire, separadas del suelo unos 20 cm y sin exponer las testas directamente ni al sol ni al viento. El sitio de almacenamiento, no deberá tener

ningún foco cerca de madera afectada por carcoma (pilas de leñas, madera vieja almacenada....etc) y se recomienda no almacenar la madera más de dos años.

Longitud de las trozas: Cuanto menor sea la longitud de troza, el secado será más rápido, por eso la longitud de las trozas deberá ser lo mínima que exija el tipo de producto al que va a ir dirigida.

Aplicación de productos selladores en las testas: Se recomienda aplicar un producto sellador en la cabeza de las trozas (testas) para evitar la pérdida rápida de humedad y la aparición de fendas. La cantidad de producto no debe ser excesiva, pues podrían aparecer manchas de grasa en la madera.

Los productos propuestos son :

Anchorseal producto de base parafina, producido en Estados Unidos y específico para el sellado de testas de frondosas. Tras contactar con el productor nos manda una muestra con la que se ha realizado una aplicación a trozas de cerezo recién cortadas.

Descripción del producto: emulsión de agua y cera muy estable, NO toxica ni peligrosa.

Rendimiento: 1 litro/2.5m² , para trozas de 15 cm :70 trozas /litro

Coste: 23,5 euros/galón. 6 euros/litro (1 galón=2.79 litros)

Contacto: Norm Murray, norm@uccoatings.com; ventas@uccoatings.com

Compra mínima: 5 galones

ANCHORSEAL debe ser almacenado en lugares con temperatura controlada mayor a 10 grados C.

Contamos con una muestra gratuita de 4 galones suficiente para realizar el ensayo sobre 700 trozas

Parafina: Producto recomendado por algunas empresas de muebles como Timbercom, Maximiliano del Río y recomendaron el uso de parafina líquida con base en agua y a través de ellos se contactó con la empresa química que lo suministra.

Descripción del producto: Emulsión de 50% parafina/50% agua

Empresa suministradora: Proquinat S.L. Tel 931855500.

info@proquinat.com

Compra mínima 190 kg

Rendimiento: El rendimiento en ambos productos es similar

Precio: 2,55 euros/kg aprox. con portes incluidos (sin porte 2,4 euros/kg)

Precio total: 484,5 euros

Posibles contraindicaciones: el aporte de gran cantidad de producto puede llegar a dejar mancha de grasa en la madera (!)

Soluciones propuestas para aserrado de trozas

Aserrado de la madera en las instalaciones de la empresa:

Dada las características del aprovechamiento de la madera de pequeño diámetro, entre 15-18 cm, con un volumen anual estimado en 15 m³ de madera en rollo y el alto precio asociado al transporte y aserrado de madera en rollo, se propone la compra del aserradero de cinta horizontal portátil seleccionado anteriormente para llevar a cabo el aserrado de las trozas en las fincas de la empresa.

Tipo de Sierra: Como selección de compra se recomienda la **Wood Mizer LT15**, descrita anteriormente, por sencillez, incorporación de elementos opcionales deseables y precio. Como elementos opcionales se recomiendan el avance y sistema de selección de altura de corte automáticos.

En cuanto a la opción de tráiler remolque, sería una opción a valorar por Bosques Naturales, debido a la necesidad del permiso B+E del conductor, de tener un vehículo preparado para remolque, de las grandes distancias que existen entre las fincas y del tiempo que se prevea que se sitúe la sierra en cada finca. Como alternativa estaría el transporte de la sierra empaquetada mediante transporte ordinario.

Coste de la sierra: 10774

Época de aserrado: Se recomienda realizar el aserrado en invierno (enero-febrero) de forma que se asegure un proceso lento de secado al aire, para evitar al máximo la aparición de fendas y alabeos.

Sería posible realizar una primera fase de almacenado de trozas desde el apeo hasta octubre- noviembre y posteriormente realizar el aserrado y la primera fase de secado al aire durante los meses de invierno, de cara a evitar al máximos las distorsiones por alabeo observadas en la tabla aserrado y secada en época más cálida.

En el caso de realizar tablas de más de 20 de sección se recomienda aplicar el producto sellador en la cabeza de las tablas, para evitar una pérdida excesiva de humedad por los extremos y la aparición de fendas.

Esquema de aserrado

Deberá seleccionarse de entre los esquemas propuestos en función del tipo de producto