

DESARROLLO EXPERIMENTAL DE UNA SIERRA CIRCULAR DOBLE PARA ASERRIO DE TROZAS DE DIAMETROS MENORES

S

e presenta el desarrollo, prueba y ajustes de una sierra circular doble, para el aserrío de trozas de diámetro menores (10-25 cm sin corteza).

Para el desarrollo de este equipo, se partió de técnicas y conceptos de aserrío aplicados en países con amplia experiencia en estos procesos. Además se fabricó un modelo en madera a escala natural, que sirvió de base para fabricar el prototipo en metal y así realizar las pruebas y ajustes iniciales.

Posteriormente se realizaron pruebas en diferentes especies para determinar datos básicos de rendimiento, y del desempeño en dichas especies. Esta experiencia permitió la fabricación de un modelo mejorado, que actualmente se utiliza a nivel industrial. En las pruebas realizadas se comprobó que este equipo puede ser empleado para el aserrío de trozas de diámetros menores para las principales especies de reforestación empleadas en Costa Rica. Además, se concluye que este equipo se puede fabricar localmente con materiales de fácil adquisición en el mercado y a un costo razonable para el ámbito nacional.

INTRODUCCION

El sector de aprovechamiento, transporte e industrialización de productos madereros en nuestro país, se ha desarrollado a partir de la explotación del bosque natural, explotación que es altamente selectiva, tanto en especies como en dimensiones de los árboles cortados y procesados, por lo que estos

subsectores no están preparados para trabajar eficientemente con materia prima de las especies, características y dimensiones que en el futuro se producirán en nuestros bosques (4).

En Costa Rica, desde 1979 se inició un proceso de reforestación importante, con el cual se han plantado más de 60 000 ha. Estas plantaciones en su mayoría bastante jóvenes y con especies principales como melina, laurel y eucalipto, entre otras, requieren ser raleadas. Dichas plantaciones, en general han recibido muy poco mantenimiento y es bastante dudoso que vayan a producir madera de suficiente calidad (5). Es por ello fundamental, desarrollar en el país la tecnología que permita racionalizar la explotación actual y aprovechar al máximo los productos de estos plantíos. Por esta razón, un grupo de profesionales y técnicos del ITCR y del Proyecto COSEFORMA (Cooperación en los sectores Forestal y Maderero GTZ-DGF) se dieron a la tarea de desarrollar una sierra circular doble para procesar las trozas de diámetros menores (10-25 cm sin corteza), generadas por los raleos de las áreas reforestadas.

Los aserraderos tradicionales (sierra cinta) están diseñados para aserrar trozas de diámetros que oscilan entre 35 - 150 cm, lo que los hace poco eficientes para industrializar la madera proveniente de plantaciones.

Es necesario entonces, establecer sistemas de transformación primaria de

* Proyecto desarrollado con el apoyo y patrocinio del Proyecto COSEFORMA (Convenio de Cooperación en los Sectores Forestal y Maderero, GTZ, DGF, INA, ITCR)

La tecnología de aserrío para trozas de diámetros menores es poco conocida en el país, y reúne algunas características especiales por el tipo de trozas que serán procesadas.

carácter industrial, con diferencias sustanciales con respecto a los sistemas tradicionales empleados para madera del bosque natural (4). Estos procesos en general son más especializados con el fin de compensar las diferencias (tamaño y calidad) de la materia prima y mediante el uso de tecnología adecuada del producto, maquinaria, proceso y control, que garanticen que se pueda entrar a competir favorablemente en el mercado. El hacerlo de otro modo, con procesos poco eficientes, posiblemente hará muy difícil el establecimiento de estas maderas en el mercado, lo que implica grandes riesgos a los esfuerzos realizados en esta actividad.

En general estos procesos deben considerar velocidades nominales más altas, cortes múltiples, una mecanización y automatización racional, flexibilidad para variar los patrones de corte, de acuerdo con las fluctuaciones del mercado, sistemas apropiados de separación y reutilización de los residuos industriales (principalmente para producción de energía).

Es posible que en las primeras etapas de desarrollo, sea necesario emplear tecnologías con principios modernos, pero simples y generadas localmente, sobre todo, por las limitaciones de inversión existentes en nuestro medio y además, por la necesidad de establecer los mercados. En etapas posteriores se pueden aplicar tecnologías más avanzadas.

Objetivos

- Desarrollar una sierra circular doble, como una alternativa para el aserrío de trozas de diámetros menores.
- Mejorar las posibilidades nacionales para el desarrollo y adaptación de tecnología, que permitan un adecuado aprovechamiento del recurso forestal, y especialmente de las maderas de plantación.

Objetivos específicos

1. Diseñar y fabricar un prototipo con materiales de fácil consecución en el mercado local.
2. Probar y optimizar el funcionamiento de la sierra circular doble.
3. Desarrollar un equipo apropiado a las características de las maderas de rápido crecimiento del bosque tropical, y acorde con las condiciones de disponibilidad de mano de obra y de inversión en el medio industrial costarricense.
4. Determinar el rendimiento logrado sobre la materia prima procesada mediante el uso de la sierra circular doble.
5. Realizar pruebas operativas a escala productiva industrialmente.

REVISION DE LITERATURA

Fueron los egipcios los primeros que emplearon herramientas manuales (sierras de bronce) para el aserrío de maderas. Los romanos mejoraron dicho proceso, al emplear sierras de hierro, con mayor rigidez y resistencia al desgaste (7). Actualmente, se sigue empleando este material (acero = hierro descarbonado) y según indican los especialistas en fabricación de herramientas dicho material seguirá siendo importante en los próximos 30 años (6).

De acuerdo con Fronius, K., 1989; el aserrío con fuerza hidráulica fue puesto en operación en Francia en el año 1235 (D.C.) y en Alemania en 1322. Ambos aserraderos eran del tipo sube y baja (Gang Saw). En 1592, en Holanda, se utilizó un molino de viento para operar dichos equipos. Es también en el siglo XVI, que se desarrolla la sierra múltiple alternativa del tipo sube y baja.

En 1877, el aserradero de sierra circular fue patentado en Inglaterra, y

Los países tropicales que inician la sustitución de los bosques naturales por maderas provenientes de plantaciones, deben comenzar un proceso de adaptación y desarrollo de tecnología que se ajuste a las nuevas condiciones.

desde entonces se ha utilizado para el aserrío de trozas pequeñas, medianas y grandes. En 1808, también en Inglaterra se utiliza por primera vez la Sierra de Cinta sin fin, la cual sigue teniendo gran popularidad hoy en día.

En la actualidad, existe una amplia gama de equipos de aserrío convencionales, de los cuales los más importantes se pueden clasificar de acuerdo con el elemento cortante como sigue (4):

- Los de sierras circulares
- Los de sierras de banda sin fin (cinta)
- Los de sierras alternativas

Dentro de cada una de ellos, existen varias subdivisiones y generalmente en todos los tipos existen tanto sierras principales como equipo complementario (reaserradores, desorilladoras, etc.).

En Costa Rica, las más conocidas son las sierras circulares y las sierras de cinta. En general, el procesamiento de trozas de diámetros menores se realiza principalmente por estos dos métodos (sierras cinta y circulares); las sierras de corte alternativo (múltiple), han ido perdiendo terreno, debido principalmente a su baja velocidad de avance (3-18 m/min) y porque se necesitan fundaciones especiales para su instalación.

Por su parte, las sierras circulares han ido ganando popularidad, sobre todo en aquellos procesos industriales de mayor capacidad de producción, pues ofrecen las mayores velocidades de avance manteniendo su precisión (hasta 50 m/min), además; son equipos más simples y por lo tanto generalmente de menor costo que las sierras cintas. Tienen la desventaja que producen mayor desperdicio por aserrín (espesor de corte de 4,5 a 7 mm). Sin embargo, esto se ve compensado por la precisión de corte lo cual permite disminuir las tolerancias y la sobremedida. En cuanto a la preparación y afilado en las sierras circulares, es generalmente más sencillo, y se realiza con equipo más económico. Toda esta tecnología ha sido diseñada y desarrollada principalmente en

países industrializados donde abundan las maderas de coníferas y se aplican en procesos industriales de gran escala.

El uso de la tecnología para el aserrío de trozas de diámetros pequeños tiene grandes limitaciones para el medio costarricense, principalmente por aspectos de índole económica. Hay que tener presente que los fabricantes de ese tipo de maquinaria están en Europa (Alemania, Suecia, Finlandia, Francia, España, etc.) y Estados Unidos, donde se fabrica generalmente equipo de alto volumen de producción con un valor de inversión sumamente elevado para la realidad de un país como Costa Rica.

Ante esta situación, bien vale la pena iniciar con equipo de procedencia latinoamericana. Afortunadamente, existen países como Brasil que ha desarrollado y adaptado tecnología congruente con los principios y requisitos para el procesamiento de maderas de plantación, que se pueden emplear en nuestro medio, de acuerdo con las condiciones y escalas requeridas, y además se ajustan en mejor forma tanto al recurso madera como al recurso humano (mano de obra) disponible en nuestro país.

La tecnología de aserrío para trozas de diámetros menores es poco conocida en el país, y reúne algunas características especiales por el tipo de trozas que serán procesadas.

En general, los países tropicales que inician la sustitución de los bosques naturales por maderas provenientes de plantaciones, deben comenzar un proceso de adaptación y desarrollo de tecnología que se ajuste a las nuevas condiciones.

La característica principal para el desarrollo de estas tecnologías es la necesidad de procesar trozas de diámetros pequeños (de 10 a 40 cm sin corteza) producto de maderas de crecimiento rápido con turnos de rotación finales de 10 a 25 años.

El diámetro de la troza influye sobre el volumen en forma exponencial (cuadrática). A manera de ejemplo, podemos mencionar que en un aserradero convencional de tamaño mediano en Costa

En aserraderos medianos y grandes, muchas veces las inversiones en equipo de manejo de materiales son similares o mayores que la inversión en maquinaria, y mucho de este equipo (transportadores de cadenas, rodillos, elevadores, etc.) es relativamente fácil de construir localmente.

Rica, se procesan alrededor de 20 m³ por día de madera en troza. Si se estuviera aserrando trozas de un diámetro medio de 60 cm y un largo de 3,40 m (4 varas), se aserrarían 21 trozas/día, o sea una longitud total de 71 m de troza. En un proceso de aserrío de trozas de diámetros menores (diam=15 cm, L=2,5 m) se tendrían que aserrar 453 trozas con una longitud de 1132 m de troza para el mismo consumo de 20 m³/día; incluso, existen aserraderos de alta producción que procesan de 1500-2500 trozas (Suecia) y de 3000 a 10000 trozas (Alemania) por turno de 8 horas.

Otro aspecto muy importante por considerar es la calidad de las trozas, lo cual afecta los resultados de producción; en nuestro caso (Costa Rica), la calidad se puede ver seriamente afectada debido a características como la conicidad, torceduras, achatamientos, médula migrante, ramas-nudos vivos o muertos, que aunado a las elevadas tensiones de crecimiento internas, imposibilita el procesar trozas largas lo cual a su vez aumenta aún más el número de trozas por m³ de materia prima. Posiblemente, una troza de 2,50 m (3 varas) o menos sea lo más indicado, con el fin de disminuir el efecto de algunas de estas características.

Todo el conjunto de aspectos mencionados hacen necesario el replantear las metas de los productores de madera en troza (especies, calidades, etc.), además del uso de técnicas nuevas, que sustituyen en gran parte a los métodos y equipos tradicionales. En forma muy resumida, se puede afirmar que los requisitos de las nuevas técnicas son (3):

- Elevada velocidad del procesamiento
- Cortes múltiples
- Flexibilidad y rapidez de variación de los patrones de corte
- Mecanización-automatización racional de los flujos de producción
- Separación y reutilización de residuos

También, vale la pena mencionar que algunas de las máquinas y equipos requeridos se pueden construir localmente

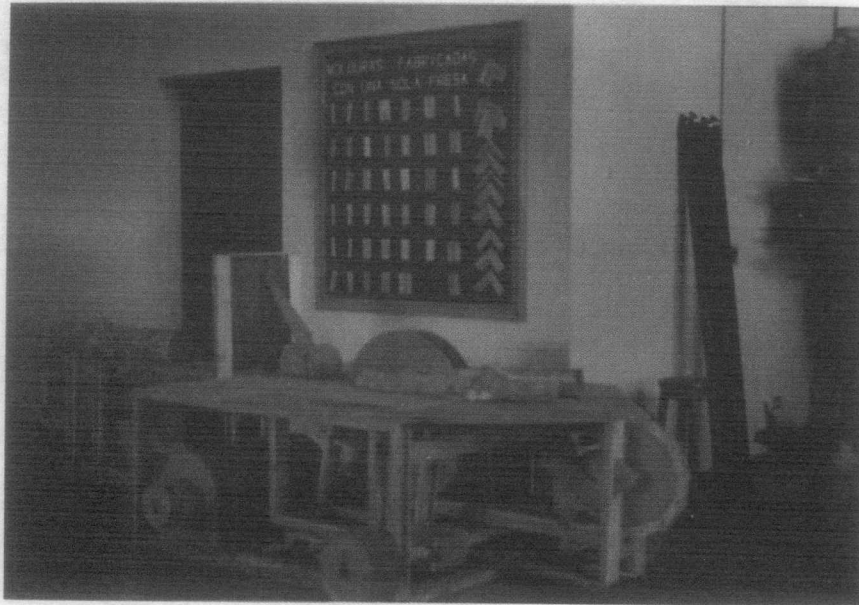
(sobre todo equipo de pequeña y mediana capacidad. En este sentido el presente proyecto ha aportado experiencias interesantes, que ojalá a corto y mediano plazo vengan a incidir positivamente en esta incipiente industria. Cabe mencionar además, que en aserraderos medianos y grandes, muchas veces las inversiones en equipo de manejo de materiales son similares o mayores que la inversión en maquinaria, y mucho de este equipo (transportadores de cadenas, rodillos, elevadores, etc.) es relativamente fácil de construir localmente.

Los aserraderos para trozas de diámetros menores en zonas tropicales, generalmente tienen dos entradas de trozas, es típica la existencia de una línea de proceso de alta productividad generalmente de sierras circulares dobles más reaserradora más despuntadora para las trozas más pequeñas (trozas de aprox. 10 a 20 cm de diámetro sin corteza) y otra línea de alto rendimiento, generalmente de sierras cinta más reaserradora más desorilladora más despuntadora, para las trozas medianas (trozas de aprox. 20 a 40 cm de diámetro sin corteza (4). Estas líneas de producción son complementarias y permiten un aprovechamiento racional de las maderas plantadas así como una mayor rentabilidad. Es por ello que la presente investigación para el desarrollo de una sierra circular doble, debe entenderse dentro de un proceso de producción con volúmenes de consumo mínimos y en general de carácter industrial.

Metodología

Para el desarrollo de esta máquina, se partió de conceptos de aserrío de este tipo de trozas, en países con experiencia (Alemania, Suecia, Brasil, España, etc.). Estos conceptos se llevaron a varios bosquejos preliminares, hasta llegar a definir un plano base, mediante el cual se fabricó un primer prototipo en madera en escala natural 1:1 (Figura 1). Esto permitió analizar aspectos de funcionalidad, mantenimiento, costos y otros sirvieron

FIGURA 1. Vista lateral del prototipo en madera. Año de fabricación: 1990.



para efectos de la fabricación del prototipo en la versión metálica. Este segundo prototipo fue fabricado en un taller local de Ciudad Quesada (Figuras 2 y 3). Dicha versión ha estado en pruebas para analizar su desempeño y sugerir ajustes, hasta optimizar su operación. Con base en estas experiencias se fabricó una sierra circular doble estacionaria que está operando en escala industrial.

Resultados y discusión

El principal resultado fue la fabricación de un equipo con materiales de fácil consecución en el mercado costarricense (ya que solamente las sierras fueron importadas). Se desarrolló un equipo apropiado a las características de las maderas de rápido crecimiento del bosque de reforestación del trópico, principalmente debido al tamaño, forma y las tensiones de crecimiento internas de las trozas y también acorde con las condiciones de disponibilidad de mano de obra y de inversión en el medio industrial costarricense. Se determinaron los datos

básicos de rendimiento logrado con dicho equipo. Se obtuvo un rendimiento en madera aserrada de 33% a 45%, lo que se considera normal para el tamaño de trozas evaluadas.

Adicionalmente se ha continuado con pruebas operativas en escala industrial. En el Cuadro 1 se presentan los resultados de rendimiento de una muestra de 64 trozas, de un tiraje de aproximadamente 1300 trozas.

Seguidamente se resumen las principales características técnicas de la sierra circular doble:

- Tipo: móvil mediante eje pendular
- Ancho mínimo de corte: 70 mm
- Ancho máximo de corte: 300 mm (abertura simétrica)
- Altura de corte máximo: 250 mm
- Largo de troza máximo: 3500 mm
- Diámetro de la sierra: 700 mm (dos sierras con ejes independientes)
- Espesor de la hoja 5,0 mm, espesor de corte 7,00 mm
- Sierra con mejor desempeño: 36 dientes de carburo de tungsteno con 6 espaciadores



FIGURA 2.
Prototipo en
metal, versión
móvil. Año de
fabricación 1991.

- Velocidad periférica apropiada: 58-70 m/s.
- Velocidad de avance variable: 3-20 m/min., cambiable mediante poleas
- Fuerza motriz. Motor gasolina Toyota modelo 3 k de 60 hp. En versión estacionaria se emplean motores eléctricos.

- Costo aproximado ¢3 000 000 (\$22 000)

Con base en esta experiencia, se fabricó otra máquina a la cual se le han agregado mejoras, encontrándose actualmente dicha maquina en operación industrial. En la Figura 4 se presenta un



FIGURA 3.
Versión
Estacionaria. Año
de fabricación
1992. Propiedad:
Los Nacientes
S.A.

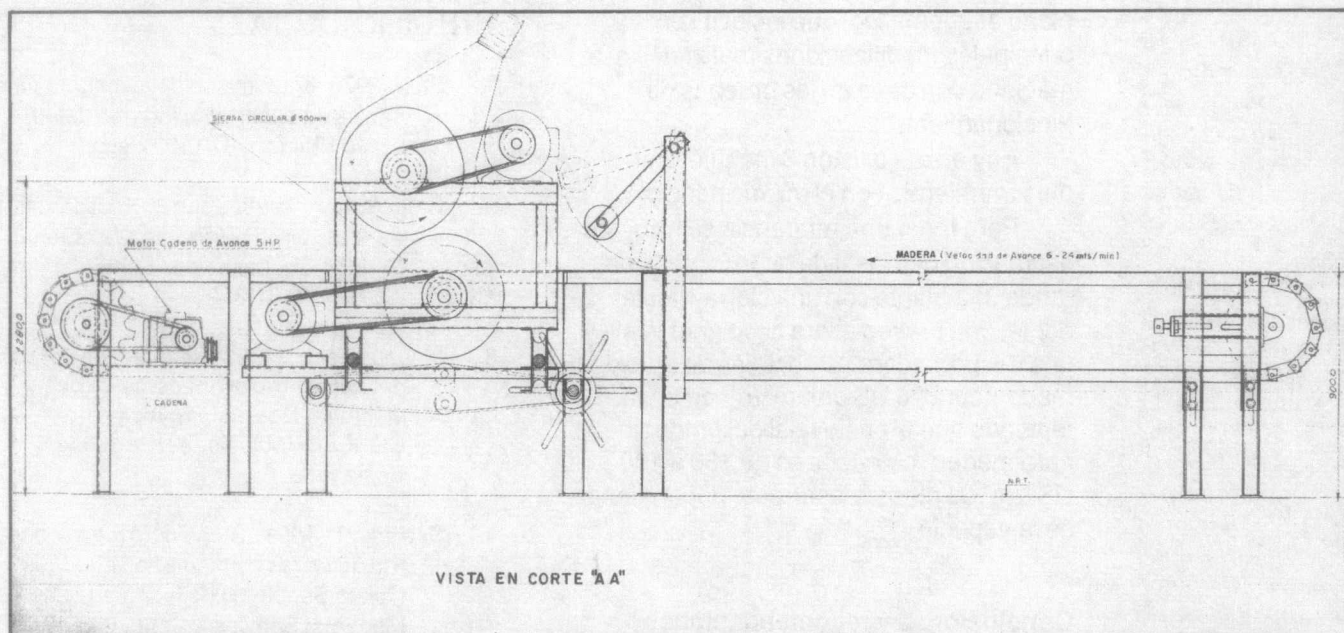


FIGURA 4. Vista lateral Sierra Circular Doble Móvil.

CUADRO 1. Resumen de rendimiento en aserrío para madera de raleos

Equipo usado: aserrío primario, sierra circular doble, reaserrío sierra circular de corte recto.			
Fecha: julio 1991			
FRM: factor de recuperación de la madera (rendimiento) (Madera aserrada versus volumen real en troza)			
Especie	Diámetro de promedio (cm)	No. de trozas	FRM (%)
Jaúl (Alnus acuminata)	13,69	53	33
Pino (Pinus oocarpa)	21,65	27	39
Melina (Gmelina arborea)	16,39	21	33
Ciprés (Cupresus lusitanica)	19,64	21	42
Ciprés (*) (Cupresus lusitanica)	15,00	64	45

(*) Muestra de un segundo raleo de 11 años, tiraje 1300 trozas.
Procedencia: Agua Caliente, Cartago, Finca Propiedad de INCSA, 1993.

En el desarrollo del presente proyecto, se contó con la participación específica de las siguientes personas:

Ing. Karl Heinz Stöeffler (Asesoría técnica y supervisión de la fabricación). Proyecto COSEFORMA, Convenio Alemán-Costarricense.

Ing. Jean Paul Laroche (Asesoría en diseño de mecanismos y partes). Departamento de Mantenimiento Industrial, ITCR.

Tec. Edgar Chacón (Dibujo técnico).

plano esquemático, que incluye las principales modificaciones realizadas a la máquina con base en las pruebas de funcionamiento.

Hoy en día existen 6 máquinas en el país trabajando con el mismo principio.

Para tener una referencia se hizo una estimación del costo de aserrío, considerando una planta con una sierra circular doble, una reaserradora circular múltiple y una despuntadora. El costo es de aproximadamente 16 US dólares/m³ de troza, teniendo que el costo final del producto para madera de raleos es de 130 a 190 US\$/m³ de madera aserrada, dependiendo de la especie.

Conclusiones y recomendaciones

Después del proceso de desarrollo, prueba y ajuste del prototipo de la Sierra Circular Doble, se ha demostrado que equipos como estos, se pueden construir localmente a un costo razonable, lo que permite el uso de tecnología apropiada, para el adecuado procesamiento de la madera generada por los proyectos de reforestación en nuestro país. Esto conlleva una serie de ventajas para el fortalecimiento del desarrollo tecnológico nacional, por lo que se considera importante promover iniciativas como la presente, que aunque compleja de ejecutar y desarrollar, demuestra excelentes logros.

BIBLIOGRAFIA

1. FAO. 1975. Elaboración de la madera para países en desarrollo, Informe de un Curso Práctico. ID/180, Viena.
2. Fronius, Karl, 1989. Spaner, Kreissageh, Bandsagen DRW-Verlag Weinbrener Gmbtt & Co. Leinfelder-Echterdingen/ ISBN 3-87181-332.
3. Moosmayer H., 1993. Recomendaciones para el aserrío de maderas de pequeño diámetro. Doc. del Proyecto COSEFORMA, No. 29, San José, Costa Rica.
4. Serrano R., 1991. Tecnología para el aserrío de trozas de diámetros menores. Quinto Seminario de Ingeniería en Maderas, San José, Costa Rica.
5. Stoffler, Karl H., 1991. Sierra circular doble para procesamiento de trozas de raleo. Quinto Seminario de Ingeniería en Maderas, San José, Costa Rica.
6. Sandvik, 1978. Cuidado y mantenimiento de hojas de sierra cinta para maderas. Goteborg, Suecia.
7. Williston, Ed, 1976. Lumber Manufacturing. Miller Freeman Publications, Inc.