

guía de la Maquinaria

PARA EL APROVECHAMIENTO
Y ELABORACIÓN DE BIOMASA FORESTAL

Eduardo Tolosana, Yolanda Ambrosio, Rubén Laina y Rocío Martínez Ferrari
E.T.S.I. Montes & E.U.I.T. Forestal, Universidad Politécnica de Madrid, 2008.




**Junta de
Castilla y León**

[cese]for
Centro de Servicio y Promoción Forestal
y de su Industria de Castilla y León

 
AENOR AENOR
Entidad Española de Normalización y Certificación
Entidad Española de Normalización y Certificación
GA 2004/0124 ER-046/2006

guía de la **Maquinaria**

PARA EL APROVECHAMIENTO
Y ELABORACIÓN DE **BIOMASA FORESTAL**

guía de la **Maquinaria**

PARA EL APROVECHAMIENTO
Y ELABORACIÓN DE **BIOMASA FORESTAL**

**Eduardo Tolosana, Yolanda Ambrosio,
Rubén Laina y Rocío Martínez Ferrari**

E.T.S.I. Montes y E.U.I.T Forestal,
Universidad Politécnica de Madrid.
Ciudad Universitaria, s/n.
28040 Madrid

Editado por Cesefor, año 2008.

Coordinación y revisión de los textos: Félix Pinillos y Amaia Cortijo.

Fundación Centro de Servicios y Promoción Forestal y de su Industria de Castilla y León (Cesefor)

Impreso en España - Printed in Spain

Depósito Legal: SO-143/2008

Agradecimientos:

- *El equipo redactor de esta Guía agradece a los responsables de la Gestión Forestal de la Junta de Castilla y León, tanto en la Dirección General del Medio Natural en Valladolid como en las Servicios Territoriales de Soria, León, Valladolid, Zamora, Palencia, Burgos y Salamanca, así como a los técnicos y directivos de la Fundación CESEFOR, por su apoyo en la financiación, organización y coordinación de las experiencias que han servido de base a los estudios relativos a la recolección de biomasa. En particular, por su aportación a los aciertos de estos trabajos, merecen una especial mención el Director y los Técnicos del Área Forestal de CESEFOR, Félix Pinillos, Juan Carlos Fernández Guerrero y Amaia Cortijo.*
- *También han jugado un papel fundamental en las discusiones y han aportado distintos puntos de vista a esta Guía personas implicadas directamente en los trabajos desde las empresas que han tenido la valentía de arriesgar apostando por la adquisición y uso de los equipos que aquí se describen. Entre otros muchos, es necesario mencionar a Ambrosio y Pepe Montero (Triturados Montero), Ezequiel Rubial y Juan Carlos Molinero (Maderas Rubial), Antonio González Sarriá (Estyant), José Antonio Fernández Carreño (Infoyma), Ana Herrero (Comtradi), Mario Esteves (Logística Florestal), los hermanos Calero (Maderas Calero), José Barrios y Guillermo Hernanz (Garnica Plywood), Ignacio Macicior (AECO), Javier Maisterra y Ángel Carrascosa (Tragsa), así como los maquinistas José Antonio Pereira (Maderas Rubial), “Chucha” (Recolecciones Forestales) y Rubén (Garnica).*
- *Otros muchos amigos, técnicos, agentes forestales, profesores y empresarios, han contribuido con sus opiniones a lo aquí desarrollado. Han sido tantos que la intención de mencionarlos podría llevar a omitir a alguno, por lo que el equipo redactor de esta Guía desea ofrecerles un agradecimiento sincero y profundo, pero general. A todos ellos, muchas gracias.*
- *Finalmente, esta Guía se debe también a los jóvenes alumnos de últimos cursos y recién titulados de las Escuelas de Ingenieros de Montes e Ingenieros Técnicos Forestales de la U.P.M. que han trabajado en la toma de datos de los ensayos y experiencias, a saber: Edgar Sánchez-Redondo y Sergio Flores, Elena Lianes, Tania García-Bravo, Ana Navas, Marina Martín, Manolo Venta, Luis Garoz, Javier Guinea, Laura González, David Donaire, Luisa Valdés, Javier Caravaca, Raquel Cuesta y Jaime Ulecia.*

Índice **g**eneral

INTRODUCCIÓN	13
MÁQUINAS PARA LA REDUCCIÓN DEL TAMAÑO DE LA BIOMASA	15
1.1. PRETRITURADORAS	15
1.2. TRITURADORAS	18
1.3. ASTILLADORAS	21
MÁQUINAS DE CRIBADO Y SEPARACIÓN DE MATERIALES	27
2.1. CRIBAS	27
MÁQUINAS DE CARGA Y MANIPULACIÓN DE BIOMASA	31
3.1. PALAS CARGADORAS Y CARGADORAS FRONTALES DE HORQUILLA (DE RUEDAS).....	31
3.2. CARGADORAS ROTATORIAS (BASADAS EN RETROEXCAVADORA)	34
3.3. CARGADORAS DE BRAZO TELESCÓPICO	36
MÁQUINAS PARA LA CORTA DE ÁRBOLES O LA RECOLECCIÓN DE MATORRAL	39
4.1. COSECHADORAS CONVENCIONALES Y MULTITALADORAS	39
4.2. MULTITALADORAS COMBINADAS	44
4.3. COSECHADORAS DE MATORRAL.....	46
MÁQUINAS PARA AGRUPAR O ACORDONAR LA BIOMASA	49
5.1. TRACTORES EQUIPADOS CON RASTRILLOS O PEINES	49
MÁQUINAS EMPACADORAS DE BIOMASA	51
6.1. EMPACADORAS DE BIOMASA BRUTA	51
MÁQUINAS PARA EL TRANSPORTE EXTRAVIARIO DE RESIDUOS FORESTALES O ASTILLAS	55
7.1. TRACTORES CON REMOLQUE BASCULANTE O DE DESCARGA TRASERA FORZADA	55
7.2. TRACTORES O AUTOCARGADORES CON REMOLQUES AMPLIABLES O CON REMOLQUES COMPRESORES.....	57
CAMIONES DE GRAN CAPACIDAD, PARA BIOMASA, PACAS Y/O ASTILLAS	59
8.1. CAMIONES CERRADOS, CON REMOLQUE O SEMI-REMOLQUES CONVENCIONALES Y DE "PISO MÓVIL"	59
8.2. CAMIONES "MULTILIFT" DE CONTENEDORES, CON REMOLQUE	63
ANEXO I: RELACIÓN DE FABRICANTES (Y, EN SU CASO, DISTRIBUIDORES PARA ESPAÑA), DE MAQUINARIA DE POSIBLE USO EN APROVECHAMIENTO DE BIOMASA FORESTAL	67
ANEXO II: RELACIÓN NO EXHAUSTIVA DE USUARIOS Y FABRICANTES DE MAQUINARIA PARA RECOLECCIÓN O TRATAMIENTO DE BIOMASA FORESTAL	80

Introducción

Antecedentes:

Durante los años 2006 a 2008, la Fundación Centro de Servicios y Promoción Forestal y de su Industria de Castilla y León (CESEFOR) ha promovido el aprovechamiento de biomasa forestal. Entre otras actividades, ha coordinado la realización de una serie de experiencias de seguimiento de aprovechamientos reales de biomasa, llevados a cabo en su gran mayoría por empresas castellanoleonesas.

En dichas experiencias, los miembros del equipo redactor del presente texto, profesores y becarios de la Universidad Politécnica de Madrid, actuaron como analistas y consultores, con el fin de estudiar y dar a conocer los medios y técnicas para este aprovechamiento, proporcionar referencias sobre rendimientos y costes a los actores interesados del sector forestal, y recomendar prácticas optimizadas desde el punto de vista de la producción, la seguridad y salud laborales y la reducción de los posibles efectos medioambientales adversos.

Durante el desarrollo de estas experiencias, se ha podido constatar que, dada la novedad en el sector forestal de la presencia de las máquinas empleadas para las labores de recogida y procesado de la biomasa, se encontraba cierta confusión sobre la denominación y aplicaciones de los distintos tipos de máquinas presentes en el mercado, a la que acompañaba un generalizado interés por conocer las características y la utilidad de esta maquinaria.

Esto animó a la Fundación CESEFOR y al equipo de la Universidad Politécnica de Madrid a afrontar la redacción y edición de la presente Guía, para servir de herramienta de difusión de conocimientos y de homogeneización de criterios en el terreno de la mecanización forestal aplicada a la recolección y tratamiento de la biomasa forestal.

Objetivos:

La "Guía de la Maquinaria para el Aprovechamiento y Elaboración de Biomasa Forestal" persigue los siguientes fines:

- *Establecer definiciones comúnmente aceptadas sobre los principales tipos de máquinas que se emplean para la obtención y procesado de la biomasa, contribuyendo a homogeneizar la terminología sobre unas máquinas y procesos nuevos en el ámbito forestal español.*
- *Destacar las condiciones de aplicación y principales ventajas e inconvenientes de cada tipo de máquina y sus principales variantes, orientando al usuario potencial para su elección.*
- *Establecer algunas recomendaciones básicas de uso para cada tipo de máquina*
- *Enumerar a los principales fabricantes y distribuidores con representación directa o indirecta en el mercado español o de países próximos, proporcionando al consumidor potencial los tipos de producto ofertados por cada uno y sus coordenadas de contacto. También se hace referencia, sin pretensiones de exhaustividad, a algunos de los principales usuarios de este tipo de maquinaria en el entorno forestal español.*

1

MÁQUINAS PARA LA REDUCCIÓN DEL TAMAÑO DE LA BIOMASA

1.1.

Pretrituradoras



Fig 1: Pretrituradora semimóvil

Definición:

Se trata de máquinas cuyo mecanismo es robusto y resistente y no actúa por corte, sino por rotura por presión con superficie roma. Se utilizan para triturar, hasta tamaños no muy finos, materiales duros o que puedan tener clavos y otros metales, piedras, etc.

Inicialmente, fueron diseñadas para el tratamiento de áridos y de residuos sólidos urbanos, aunque se emplean también para residuos de madera usada (palés, envases, etc.) y, en el terreno forestal, para el tratamiento de materiales con muchas impurezas, como los tocones.

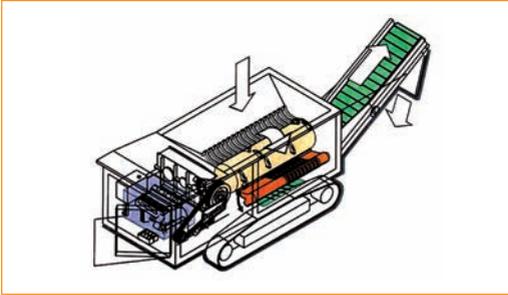


Fig 2: Alimentación superior y cinta de evacuación del material pretriturado. Fuente: Doppstadt

Características y Funcionamiento:

Lo mas común es que estas máquinas tengan alimentación superior directa sobre el órgano de trabajo, que está constituido por uno o dos tornillos lentos muy robustos, dispuestos horizontalmente, de forma generalmente paralela al eje longitudinal de la máquina y con longitudes que frecuentemente superan los 3 metros, equipados con dientes fijos que rompen el material en fragmentos grandes (fig.2).

Frecuentemente, estos equipos cuentan con una cinta transportadora-elevadora, destinada a depositar el material pretriturado en la tolva de otra máquina (o en un montón). A veces, en el transporte del material hasta su salida, se interpone una criba para rechazar los materiales más gruesos, que serán reintroducidos en la máquina.

Cuando el material resultante se destina a combustión, estas máquinas están concebidas para su empleo en serie con otras, como cribas o separadores (trómeles, sopladoras, electroimanes...), y de trituradores que producen un material más fino apto para su consumo, una vez separadas las impurezas. La descripción de esas máquinas se lleva a cabo en capítulos posteriores (apartado 1.2 y capítulo 2).

Los equipos más comunes están concebidos para trabajar en cargadero o parque de fábrica, aunque pueden realizar desplazamientos cortos y lentos.

Tipos:

1. Por su útil de pretriturado

- Equipos de un solo tornillo: los dientes actúan contra unas contracuchillas que están constituidas por piezas dentadas o en forma de peine del propio bastidor de la tolva, por cuyos huecos entran los dientes del tornillo giratorio.
- Equipos de doble tornillo: los dos tornillos giran en sentido contrario, enfrentando los dientes de cada rodillo, que penetran en los huecos entre los dientes complementarios del otro y actúan así como martillo y contracuchilla simultáneamente, además de triturar contra las piezas fijas de ambos laterales del bastidor (fig.3).



Fig 3: Útil pretriturador de doble tornillo

2. Por su movilidad

- **Equipos móviles** (Por ejemplo, Forus Holzbrecher): Montados sobre tractores forestales y que se pueden desplazar dentro de los montes. El equipo que se ha citado, no obstante, no está diseñado para el aprovechamiento de biomasa, sino para esparcirla después de pretriturarla, de modo que se facilite su incorporación al suelo forestal.
- **Equipos semifijos:**
 - Acoplables a camión, que requieren de la presencia de la cabeza tractora para el movimiento.
 - Con mecanismos que permiten cierta movilidad, tipo oruga o rodillo (como el representado en la fig. 1). Este tipo de máquinas se conocen como semimóviles.

Ventajas:

- Pueden ser objeto de un uso mixto, forestal e industrial, e incluso en sectores alejados (áridos, etc.) lo que les da polivalencia. Han sido empleadas con frecuencia por industrias como la del tablero aglomerado, mayoritariamente en parque de fábrica para procesar madera recuperada.
- El material puede ser triturado aunque se alimente a la pretrituradora mezclado con piedras, metales, arena...
- El material resultante, al ser demasiado grueso, no presenta riesgo de autocombustión.
- El material resultante presenta más huecos, por lo que seca más rápido en montones que, por ejemplo, las astillas.
- El mantenimiento es menos frecuente en comparación con astilladoras o trituradoras.

Inconvenientes:

- El material producido no es apto para su consumo directo en calderas de combustión. Es necesario procesarlo, por lo que el coste del producto aumenta.
- Son máquinas de gran potencia, por lo que los consumos y los costes son mayores.
- Generalmente estos equipos no disponen de grúa, por lo que han de complementarse con palas cargadoras de alto volteo o grúas tipo pulpo.
- Cuando se producen, las averías son graves.

Uso:

El uso forestal de estos equipos se restringe a los casos en que la presencia de piedras o metales no sólo impide el uso de equipos de cuchillas, sino que produciría un desgaste excesivo en las trituradoras de dientes locos o martillos. Ejemplos: tocones o palés...

1.2. Trituradoras



Fig 4: Trituradora semimóvil

Definición:

Se trata de máquinas diseñadas para reducir el tamaño de materiales no muy duros, a los que atacan por impacto de piezas metálicas, a menudo móviles (martillos o dientes articulados o no), montadas en la periferia de un cilindro giratorio que funciona a gran velocidad (no como los rodillos lentos de las pre-trituradoras) con el fin de aprovechar la fuerza centrífuga para dar más efectividad al impacto del martillo o diente sobre el material a triturar.

Características y Funcionamiento:

Lo más común es que estas máquinas tengan los martillos o dientes montados sobre un rodillo metálico que gira alrededor de un eje horizontal que se dispone normalmente de forma perpendicular al eje longitudinal de la máquina, por lo que la longitud del rodillo triturador no suele superar los 2 ó 2,5 metros. Es un órgano análogo al que montan las desbrozadoras de martillos de eje horizontal.

Es común que el sistema de alimentación sea mixto, compuesto por una cinta transportadora horizontal, que se desplaza en el sentido del eje longitudinal de la máquina, en dirección al rodillo de alimentación que completa esta labor. Normalmente, la cinta se encuentra como base de buena parte del remolque, en el caso frecuente de ser la trituradora remolcada por un camión, mientras que el rodillo

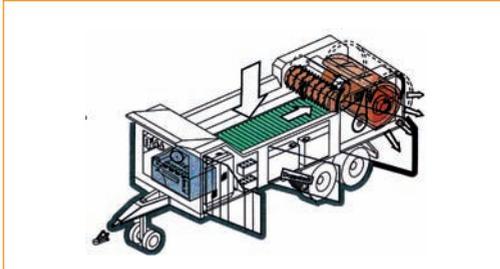


Fig 5: Carga superior y cinta de alimentación del material a triturar. Fuente: Doppstadt



Fig 6: Alimentación con grúa de vehículo auxiliar

de alimentación, giratorio y dentado, se encuentra en la parte delantera o trasera del remolque y es accionado por uno o dos cilindros hidráulicos para presionar y arrastrar los materiales empujados por la cinta contra el órgano triturador, que está cubierto para evitar las proyecciones, como se aprecia en el esquema de la figura 5.

En el caso más frecuente, la alimentación también es superior y/o trasera: o bien se depositan los materiales a triturar sobre la cinta o, preferentemente en el caso de materiales forestales largos, como árboles completos o copas, se empujan con la grúa en dirección al cilindro de alimentación. Por tanto, es normal que, al menos para usos forestales, se alimente con una grúa, que puede estar integrada en el conjunto o pertenecer a un vehículo auxiliar (figura 6).

Muchas trituradoras presentan también, como las pretrituradoras, una cinta transportadora-elevadora para la evacuación del material triturado, así como cribas para rechazar materiales demasiado gruesos.

Tipos:

1. Por su útil de triturado

- Equipos de martillos o dientes articulados: Un ejemplo de útil triturador de martillos articulados se muestra en la figura 7.
- Equipos de martillos o dientes fijos: En la figura 8 se aprecia un rodillo muy robusto de martillos fijos. Este equipo es más resistente y requiere menos mantenimiento, pero produce un triturado de peor calidad y requiere más potencia que los articulados o aquellos con útiles más afilados. Hay máquinas de este tipo que producen un triturado de mayor calidad, en las que los dientes o martillos presentan refuerzos de materiales más duros y/o cierto filo o dentición en sus bordes de ataque, como se aprecia en la figura 9, en que los dientes tampoco son articulados.

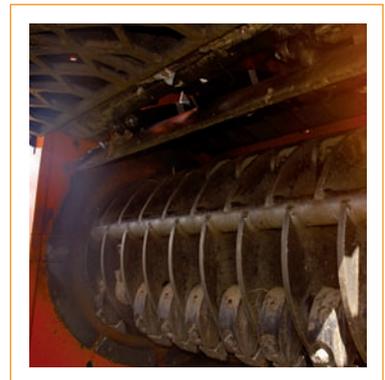


Fig.7: Útil triturador de martillos articulados

2. Por su movilidad

- Equipos semifijos: acoplables a camión, que requieren de la presencia de la cabeza tractora para el movimiento
- Equipos semimóviles: con mecanismos que permiten cierta movilidad, tipo oruga o rodillo (como el representado en las fig. 4 ó 6).



Fig. 8: Útil de triturado con martillos fijos

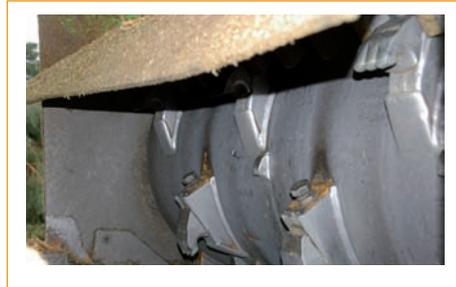


Fig.9: Útil de triturado con dientes fijos con bordes de ataque reforzados y dentados

Ventajas:

- Pueden ser también objeto de un uso mixto, polivalente, aunque también tienen peor tolerancia a grandes rocas o piezas de metal que las pretrituradoras. Han sido también empleadas por la industria del tablero aglomerado.
- Tienen mayor tolerancia que las astilladoras a materiales "sucios", con arena o pequeñas piedras.
- Frente a las pretrituradoras, tienen menor consumo y requerimiento de potencia.
- También frente a las pretrituradoras, el material resultante es más homogéneo, e incluso se puede usar para combustión directa en ciertas aplicaciones. No obstante, los clientes más pequeños, especialmente para aplicaciones térmicas, requieren un postratamiento.
- Tienen menor frecuencia de mantenimiento que las astilladoras.

Inconvenientes:

- El material producido no es apto para su consumo directo en determinadas calderas de combustión, por lo que, en estos casos, su coste aumenta.
- Siguen siendo de mayor potencia que las astilladoras, por lo que los consumos y los costes son mayores.
- Generalmente estos equipos no disponen de grúa, por lo que han de complementarse con palas cargadoras de alto volteo o grúas tipo pulpo.
- El desgaste y cambio de martillos o dientes es costoso.

Uso:

El uso forestal de estos equipos suele ser un uso mixto con el industrial, especialmente útil si los materiales son duros, tienen cortezas de difícil astillado, presentan arena, u otras impurezas frecuentes, si bien se debe evitar su utilización para materiales muy sucios, como los tocones.

1.3. Astilladoras



Fig 10: Útil de una astilladora de tambor

Definición:

Son máquinas que están diseñadas para el ataque a materiales blandos, generalmente árboles, madera o productos de madera sin contener elementos duros, que reducen la madera sólida a partículas mediante un mecanismo de corte con cuchillas (en un número pequeño de casos, mediante tornillos con aletas de bordes afilados). Las cuchillas se montan sobre un elemento rotatorio con alta velocidad de giro.

Características y Funcionamiento:

Las astilladoras que tienen aplicaciones forestales no industriales pueden ser de disco o de tambor.

Las **astilladoras de disco** tienen las cuchillas montadas radialmente en un disco giratorio, sobresaliendo ligeramente con un cierto ángulo sobre la superficie del disco, que normalmente actúa también, por medio de unas alas dispuestas en su cara opuesta, como ventilador o ciclón, para enviar las astillas proyectadas a través del tubo de la cañonera (figura 11).

En estas máquinas, las cuchillas atacan tangencialmente a los troncos, con lo que las astillas son de peor calidad y mayor relación longitud – grosor. Las astilladoras de disco son las más habitualmente empleadas para la eliminación de residuos, dado que la calidad de la astilla tiene menor importancia y que sus requerimientos de potencia, especialmente para materiales como ramas o copas que no son muy grandes, no son tan altos como para su empleo industrial. Además, a igualdad de potencia y velocidad, sus rendimientos en materia astillada son mayores.



Fig. 11, a y b: Detalles del disco, cuchillas y palas del ciclón ventilador

Para este uso, son normales los equipos móviles, acoplables a toma de fuerza de tractor agrícola de entre 70 y poco más de 100 CV. La alimentación es con frecuencia manual o mecanizada mediante grúas hidráulicas ligeras, en cuyo caso el tractor tiene algo más de requerimiento de potencia (figura 12, a y b).

Las **astilladoras de tambor** son las más empleadas para la elaboración de biomasa de origen forestal, y su órgano de corte es un cilindro rotatorio o rotor con una longitud entre 900 mm y algo menos de 2 metros, con dos a cuatro cuchillas de disposición tangencial, que actúan contra una contracuchilla de presión (figura 13), y frecuentemente sobre el material que es empujado por un rodillo de alimentación



Fig. 12, a y b: Ejemplos de alimentación manual y mecanizada

dentado. El diámetro del rotor limita el diámetro del material a astillar, que está comprendido entre $1/3$ y $2/5$ de aquel.

Aunque su velocidad es similar a la del disco de las astilladoras de disco, sus requerimientos de potencia son bastante mayores, por lo que su rendimiento es menor, si bien la calidad de la astilla, al ser el corte perpendicular al eje de las fibras, es mayor, y la astilla producida es más homogénea y tiene una relación longitud - anchura menor. A diferencia de las astilladoras de disco, el ciclón para impulsar las astillas por la cañonera es independiente del rotor.

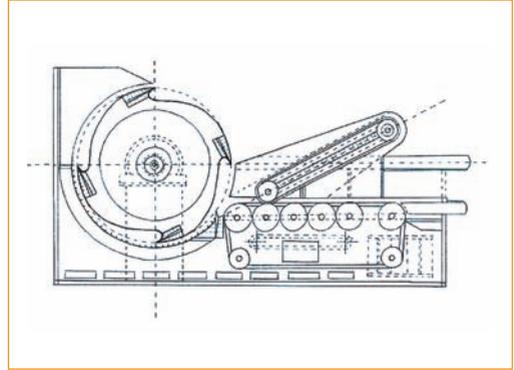


Fig. 13: Esquema de funcionamiento de una astilladora de tambor.

Tipos de astilladoras de tambor:

1. Por su movilidad:

- **Astilladoras semifijas:** son remolcadas por un camión, con características de movilidad similares a las trituradoras o pretrituradoras estudiadas (aunque suelen trabajar en presencia de la cabeza tractora, abundando menos las máquinas semimóviles). Siempre llevan un motor propio y, aunque por su mecanismo de actuación requieren menos potencia y consumo que las trituradoras o pretrituradoras, suelen tener potencias superiores a los 300 CV.
- **Astilladoras móviles,** pueden ser acoplables a un tractor agrícola de cierta potencia (normalmente, más de 100 CV y con frecuencia más de 150) o bien pueden ser acoplables o estar integrados en el chasis de un autocargador, caso en el que suelen contar con un potente motor propio.

En este último caso, la alimentación siempre es mecanizada, con una grúa hidráulica, y la tolva o mesa de alimentación puede ser lateral o frontal, lo que tiene importantes consecuencias en la organización del trabajo, en monte y especialmente en cargadero.

Frecuentemente, al igual que en muchas trituradoras, el sistema de alimentación es simple, con un solo rodillo de alimentación (figura 14), o con menos frecuencia mixto, compatibilizando una cinta transportadora con un rodillo de alimentación.



Fig. 14: Mesa alimentadora de astilladora móvil.

En todo caso, la astilladora móvil debe remolcar un contenedor de astillas, dado que su función es obtener las astillas en el interior de la masa, y no expulsarlas (figura 15). Si se trabaja en montes grandes, con mayores distancias de desembosque y mayores costes fijos, es conveniente que el contenedor de astillas sea basculante, como el de la figura 15, para permitir que sea un vehículo lanzadera auxiliar, más barato, el que desembosque las astillas, propiciando que la astilladora móvil se dedique a astillar.



Fig. 15: Astilladora móvil con contenedor basculante.

Ventajas:

- Proporcionan la máxima calidad de astilla, que en la mayoría de las ocasiones no requiere un postproceso previo a la combustión. Es decir, es la máquina de tratamiento de biomasa que aporta un mayor valor añadido.
- Frente a las pretrituradoras y trituradoras, tienen menor consumo y requerimiento de potencia, aunque su rendimiento está estrictamente ligado a esta última (es decir, a mayor potencia, mayor rendimiento).
- Es frecuente que estos equipos cuenten con una grúa propia, lo que facilita su alimentación.

Inconvenientes:

- El coste y la calidad de astillado con astilladoras semifijas y móviles son desfavorables frente a los equipos fijos. El astillado en monte o cargadero debe por eso compararse con el transporte de biomasa bruta y su astillado en terminal, siempre que las distancias de transporte sean reducidas.
- Las astilladoras tienen poca tolerancia a la presencia de piedras u objetos metálicos en la biomasa tratada. Las averías pueden ser muy graves.
- El coste y el tiempo de mantenimiento de las cuchillas es elevado, en comparación con las trituradoras y pretrituradoras.
- Las astillas, debido a su menor tamaño y por tanto escasa ventilación, plantean problemas de almacenamiento mayores que otros materiales (mayor riesgo de pérdidas por fermentación, de auto-combustión, etc.).

Uso:

La tendencia a emplear estos equipos preferentemente en cargadero es creciente, con la excepción de los montes con fisiografía más favorable y donde los residuos están más concentrados, como en el caso de las choperas, en las que es normal que las máquinas entren en el monte. En los países nórdicos, el uso de astilladoras móviles se está convirtiendo en algo marginal frente a las alternativas de astillado semifijo (predominante) o transporte de biomasa bruta y astillado fijo, en terminal.

A efectos de su uso forestal, las dimensiones amplias de la mesa alimentadora tienen mucha trascendencia, dado que debe recibir materiales largos y anchos e incorporarlos eficazmente, reduciendo rechazos y operaciones reiterativas de alimentación que suponen muchos tiempos muertos si la mesa de alimentación no es adecuada. También es importante que el rodillo de alimentación sea reversible automáticamente, permitiendo expulsar el material en caso de atasco.

En el caso de las astilladoras móviles, la grúa hidráulica debe estar integrada en el mismo vehículo que porta la astilladora y el contenedor de astillas. En las astilladoras fijas, esto no siempre es así, aunque sea también conveniente. Aquí tiene mucha importancia el tipo de grúa, debiendo ser de tipo pulpo o, al menos, sin los travesaños longitudinales propios de las grúas de carga de madera, si se van a cargar ramas o material sin una dimensión predominante. Las grúas de madera pueden servir para árboles completos o copas de cierta longitud, si bien siempre suele interesar que tengan una mayor apertura máxima.

2

MÁQUINAS DE CRIBADO Y SEPARACIÓN DE MATERIALES

2.1

Cribas



Fig. 16: Juego de pretrituradora y criba

Definición:

Las cribas, asociadas o no con separadores u otras máquinas de refino de materiales incongruentes, son máquinas fijas o semifijas (en ese caso, remolcadas generalmente por una cabeza tractora de camión), cuyo fin es clasificar los materiales por granulometría y, en algunos casos, mediante criterios adicionales – como la separación de materiales metálicos, materiales ligeros aspirables, materiales rodantes como piñas, piedras no angulosas, nueces, etc. -.

Características y Funcionamiento:

Las cribas trabajan generalmente en dos fases, simultáneas o consecutivas. En la primera fase, se homogeneiza el material mediante movimientos de vibración, rotación, etc. (los movimientos más rápidos y sofisticados se dan en instalaciones fijas) y en la segunda fase se trabaja sobre la manta de materiales, de la que los más finos salen por cribado – los que tienen un tamaño que les permite atravesar una criba de orificios o el espacio graduable entre una serie de rodillos, discos o estrellas, impulsados por la gravedad y/o la fuerza centrífuga -, mientras que los materiales más gruesos son empujados fuera de la unidad de cribado por el propio movimiento, a veces ayudado por la gravedad.

Tipos:

■ Cribas de tambor

Los tambores o “trommels” son dispositivos cilíndricos huecos y giratorios, a través de los que se hace avanzar el material a cribar, con la ayuda de unos filetes de tornillo situados en la cara interior del propio tambor. Las paredes de dicho cilindro son cribas (de una o varias luces que van aumentando según avanza el material). que son atravesadas por los materiales suficientemente finos, por acción de la fuerza centrífuga y por gravedad.

Aunque existen cribas de tambor semifijas (y semimóviles), en su mayoría son más bien máquinas de parque de fábrica que de cargadero de monte. Las cribas de tambor se pueden combinar con cribas de estrella o vibratorias, dispuestas antes del trommel, para separar materiales demasiado gruesos y conseguir una separación más calibrada. También es característico, en instalaciones fijas, situar después de la cinta por la que salen los gruesos del tambor, nuevos separadores de materiales ligeros – por aire – o de metales, materiales rodantes, etc.

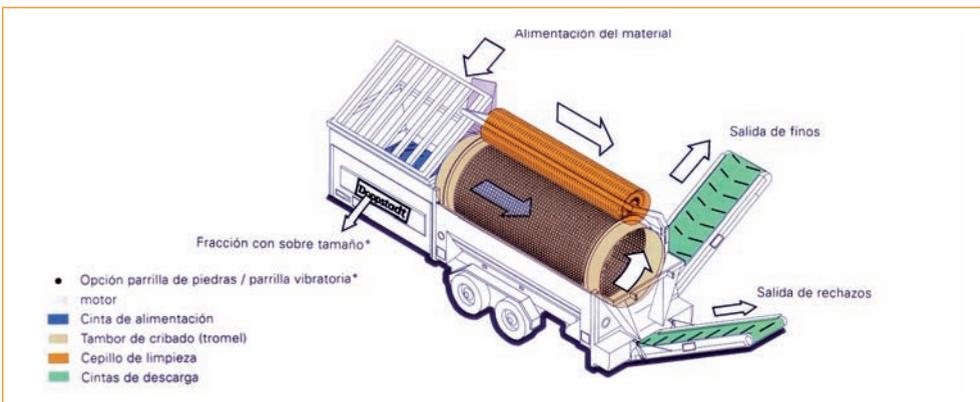


Fig.17: Criba de tambor o trommel. Fuente: Dopstadt



Fig. 18a: Criba de discos estacionaria.



Fig. 19: Criba de discos a la entrada de un trommel.



Fig. 18b: Esquema de doble criba de estrellas.

Un esquema del funcionamiento de estos equipos se muestra en la figura 17, en que se aprecia que la alimentación suele ser vertical (con pala o pulpo no integrados) sobre una rejilla de separación de gruesos – que, como se ha indicado, se puede sustituir por otra criba de estrellas o discos –. También se observa que ha incorporado un cepillo cilíndrico de limpieza exterior del tambor.

■ Cribas de estrellas o discos:

El principio de las cribas planas de estrellas o de discos es el giro paralelo de una serie de rodillos equipados con numerosos discos o estrellas perpendiculares al eje de cada rodillo que, al girar, consiguen simultáneamente extender y homogeneizar la manta de materiales, hacerles avanzar perpendicularmente a los ejes de los rodillos, y empujar a la fracción más fina a atravesar el espacio entre rodillos para caer a una cinta transportadora inferior o a una criba más fina.

En las Figuras 18 (a y b) se muestran, respectivamente, una criba de discos estacionaria (de planta) y una doble criba de estrellas. Esta última, al superponer dos cribas planas de estrellas de distinta luz, permite una separación en tres fracciones diferentes (gruesa, media y fina). En la figura 19 se aprecia la instalación de una criba de discos en la mesa de alimentación de una criba de tambor o trommel, para rechazar los elementos más gruesos antes de entrar al tambor.

■ Separadores por aire:

Aunque no tienen un uso en cargadero de monte, sí pueden ser de utilidad en una línea industrial de reciclado de residuos de madera u otros reciclajes. Su fundamento es la menor resistencia al soplado o aspiración de los materiales ligeros frente a los pesados, especialmente si presentan un elevado cociente entre superficie y volumen (por ejemplo, pedazos de papel). Así, si se dispone un ciclón soplador atacando a una columna de materiales que caen o un ciclón aspirador sobre una manta de materiales, se separarán los materiales más ligeros.

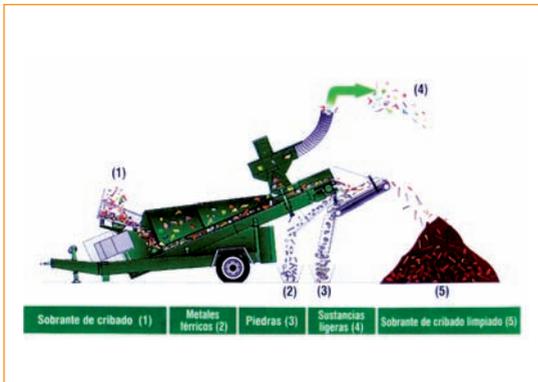


Fig. 20: Separador por aire combinado.

Un ejemplo del funcionamiento de este último tipo de separadores de aire, en que también se aprecia un separador de materiales férricos y otro de piedras – materiales rodantes –, todos ellos simultaneando su acción a la salida de una criba de tambor, se ilustra en la figura 20.

Uso:

El uso forestal de estas instalaciones está restringido al postratamiento de materiales pretriturados que tienen abundantes impurezas duras – clavos u otros elementos me-

tálicos, grandes piedras, etc. – que dañarían los órganos de tratamiento de astilladoras e incluso trituradoras. Por ejemplo, los tocones o los materiales de tipo palés reciclados. Por ello, frecuentemente se encuentran en los parques de materia prima de las industrias de trituración. Las diversas salidas de los materiales ya clasificados se producen generalmente a través de cintas transportadoras.

No obstante, los equipos remolcados pueden también usarse en cargaderos de monte, requiriendo gran espacio. En España, se han usado en experiencias de tratamiento de tocones tras cortas a hecho, tanto en eucalipto (figura 16) como en chopo (figura 21).

Las cribas de discos o estrellas son las más utilizadas para materiales forestales, especialmente en trabajos en cargadero de monte, por su menor envergadura en comparación con los tambores, y porque son de fácil aplicación en serie con respecto a otras máquinas. Por ejemplo, se puede instalar una de estas cribas planas a la salida de una pretrituradora y encima de la mesa de alimentación de una trituradora, de forma que rechace los materiales gruesos producidos por la primera antes de entrar a la alimentación del tambor de la segunda. Los materiales rechazados podrían así realimentar la pretrituradora y/o pasar a otras líneas de separación de metales, piedras, etc.



Fig. 21: Pretrituradora y criba en chopera

3

MÁQUINAS DE CARGA Y MANIPULACIÓN DE BIOMASA

3.1

Palas cargadoras y cargadoras frontales de horquilla (de ruedas)



Fig. 22: Cargadora frontal apilando ramas en una chopera

Definición y características:

Las palas cargadoras están basadas en máquinas excavadoras, generalmente articuladas y de ruedas, con dos brazos laterales de accionamiento hidráulico, a veces uno sólo central, de tipo telescópico – en este caso, se habla de palas de alto volteo -, en cuyo extremo se dispone una cuchara frontal, empleada con frecuencia para movimiento de tierras, pero válida igualmente para el manejo de astillas y otros materiales incoherentes (figura 23).

Las cargadoras frontales de horquillas, llamadas “grapas” en el mundo del chopo, son máquinas concebidas para la descarga, manipulación, apilado y carga de madera en parque de fábrica, contando con dos brazos laterales terminados en sendas pinzas, que pueden ser de apertura fija o, con mayor frecuencia, de accionamiento hidráulico (figura 22) . Frecuentemente, la máquina base es la misma que la de las palas cargadoras que se han descrito, aunque las que se seleccionan para uso forestal en España pertenecen a las gamas menos pesadas.



Fig. 23: Pala cargadora.

Ventajas:

- La principal ventaja es su disponibilidad, puesto que son máquinas relativamente comunes, por lo que su precio no es tampoco excesivo, aunque varía en función de su potencia. En el caso de las choperas en las que se apea y elabora con motosierra, las cargadoras de horquilla suelen estar presentes, y recurrir a ellas para manipular la biomasa evita tener que utilizar una máquina más, reduciendo así los costes fijos del aprovechamiento.

- Por otro lado, si son necesarios trabajos de mantenimiento o reparación de cargaderos (extender áridos, retirar obstáculos, cavar zanjas de drenaje o reparar cunetas), este tipo de máquina puede hacer una labor mixta de ayuda a la carga y mantenimiento de cargaderos, para lo cual se puede también acoplar aperos simultáneos a la cuchara frontal (por ejemplo, una grúa con cazo de retroexcavadora en la parte trasera, como se muestra en la figura 24).



Fig. 24: Pala cargadora con grúa de retroexcavadora adicional.

Inconvenientes:

- El principal inconveniente de las palas cargadoras es su falta de polivalencia (la cuchara trabaja bien con astillas, pero peor con materiales irregulares, tales como residuos forestales o urbanos) y su relativo alto coste en comparación con otras máquinas alternativas, como los cargadores telescópicos de un solo brazo que se describen en el siguiente apartado.
- Además, son muy pesadas, al tratarse de máquinas concebidas para el manejo de áridos u otras cargas de alta densidad, por lo que están sobredimensionadas en potencia para lo necesario para la carga de astillas – por ejemplo, una pala Komatsu WA480-6 de entre 4,5 y 5 metros cúbicos de capacidad de cuchara tiene una potencia de 300 CV y un peso en orden de marcha de 25 t.

Uso:

Las palas cargadoras propiamente dichas son máquinas de cargadero, sea de monte o de fábrica, y su principal uso relacionado con la biomasa es la alimentación, sea de camiones, de contenedores o de la propia tolva o mesa de alimentación de trituradoras, pretrituradoras o cribas, cuando no cuentan con grúa propia o forman parte de una cadena. Para el caso de la carga de camiones de alta capacidad – de “piso móvil”, con laterales cerrados y altos, es necesario que se trate de palas de gran tamaño o de alto volteo.

Para el trabajo con biomasa bruta, estas máquinas pueden incorporar, sustituyendo a la cuchara frontal, un peine o rastrillo para concentrar residuos, o algunos accesorios para cargar materiales irregulares, como barras compresoras que hacen la función de una pinza, sujetando y comprimiendo la carga, similares a las que se utilizan para residuos sólidos (figura 25). Para la carga de astillas, también se fabrican cucharas de dos valvas, para evitar que las astillas se caigan y dispersen.

La mayor importancia de las cargadoras frontales de horquilla, fuera de los parques de fábrica y en el sector forestal español, proviene de su empleo en choperas, donde se usan preferiblemente frente a los tractores forestales, dadas las buenas condiciones de pendiente de las plantaciones, se utilizan para mover la madera y apilarla para su posterior carga en camión, así como para labores auxiliares en el apeo con motosierra – para empujar a los chopos, especialmente cuando el apeo en la dirección deseada es problemático, como en la figura 26 – y para acumular los residuos de ramas y follaje que tradicionalmente se quemaban después de su amontonado.

Su principal uso relacionado con los aprovechamientos de biomasa consiste en el acordonado de biomasa, especialmente en choperas, para su posterior astillado. Para ello, se les ha dotado de aperos especiales tipo peine o rastrillo, dado que con las pinzas tradicionales arrastran piedra y tierras en exceso resultando un material no apto para su uso energético. Un ejemplo de apero – aunque con dos de las púas rotas - se muestra en la figura 27.



Fig. 25: Cuchara especial para biomasa o Residuos Sólidos Urbanos.



Fig. 26: Cargador frontal auxiliando el apeo de un chopo.



Fig. 27: Peine o rastrillo de reunión de restos acoplable a cargador frontal.

3.2 Cargadoras rotatorias (basadas en retroexcavadora)



Fig. 28: Cargadora rotatoria de cadenas

Definición, características y funcionamiento:

Las cargadoras rotatorias son máquinas con cabina giratoria adosada a una grúa. En el uso más común de este tipo de máquina – como retroexcavadora -, en punta de grúa se dispone un cazo para excavación, si bien para hablar de cargadoras rotatorias deben llevar algún tipo de pinza que posibilite la labor de carga.

Normalmente, estas máquinas no son de chasis articulado, y su tren de rodaje es de cadenas (como en la figura 28), aunque es perfectamente posible encontrarlas sobre neumáticos (figura 29).

El chasis rota alrededor de un eje vertical, de modo que el maquinista puede mirar de frente al objeto de trabajo, que puede encontrarse alrededor de la máquina en un ángulo de 360°.

Para la carga de astillas u otros materiales ligeros poco coherentes, es frecuente que se sustituya el cazo dentado típico de los trabajos de movimiento de tierras por una pinza de tipo pulpo o de valvas cerradas, como se aprecia en las figuras 28 y 29.



Fig. 29: Cargadora rotatoria de ruedas, anclada.

En estas fotografías, se aprecia además el tipo de retroexcavadora más adecuado para la carga, en la cual la cabina se puede elevar por medio de mecanismos hidráulicos de modo que el maquinista se encuentra situado por encima del nivel de carga. Esto resulta adecuado desde el punto de vista operativo y de seguridad y salud.

Ventajas:

- La principal ventaja es, como en el caso anterior, su disponibilidad y su precio relativamente reducido.
- Análogamente, el cambio de la pinza por un cazo clásico permite su empleo en trabajos de mantenimiento o reparación de cargaderos (extender áridos, retirar obstáculo, cavar zanjas de drenaje o reparar cunetas), por lo que este tipo de máquina puede también hacer una labor mixta de ayuda a la carga y mantenimiento de cargaderos.

Inconvenientes:

- Falta de polivalencia (las pinzas tipo pulpo trabajan mal con astillas, pero bien con materiales irregulares, tales como ramas o copas), al revés que los cazos o pinzas de valvas cerradas. Esto hace conveniente, en muchos casos, que el contratista deba contar con los dos aperos in situ.
- Las retroexcavadoras más ampliamente disponibles, además, tienen la cabina por debajo del nivel de carga, sobre un chasis rotatorio encima del nivel de las orugas o neumáticos, lo que las hace menos adecuadas para la carga, si bien pueden emplearse, al igual que las palas cargadoras y los cargadores telescópicos, para esta función. Una retroexcavadora convencional se muestra en la figura 30.



Fig. 30: Apero de retroexcavadora convencional

Uso:

Su principal uso se encuentra, como se ha indicado, en la obra pública – apertura de zanjas o pistas, pequeño movimiento de tierras, etc.-, si bien es extensa su utilización en el sector forestal español, tanto como ahoyador en repoblaciones, en su modalidad de retro-araña, o como máquina base para cosechadoras empleadas para cortas a hecho en la cornisa cantábrica, así como para la apertura y reparación de pistas y cargaderos. En relación con la biomasa, su principal utilización se relaciona con la alimentación de astilladoras, trituradoras o pretrituradoras con biomasa bruta (ramas, fustes), equipándola con una pinza de tipo pulpo.

3.3

Cargadoras de brazo telescópico



Fig. 31: Cargadora de brazo telescópico alimentando un camión de piso móvil.

Definición y características:

Las cargadoras telescópicas son máquinas ligeras (las fabricadas por la casa francesa Manitou, por ejemplo, oscilan entre 58 y 101 CV, con pesos en vacío entre 5 y 11,5 t), generalmente de ruedas, con un solo brazo frontal, que sale frecuentemente de un lado de la máquina hacia delante y arriba.

La inclinación del brazo se regula por un cilindro hidráulico y su longitud es mayor que la de los brazos de otras máquinas cargadoras, por su carácter telescópico. En el extremo distal del mismo, se acopla un apero que, para su uso como cargador de astillas, puede ser una cuchara cerrada (figura 31), una grúa cerrada, de valvas, etc.

Ventajas:

- La principal ventaja es su coste reducido y creciente disponibilidad en los últimos tiempos.
- Otra ventaja consiste en su peso y envergadura reducidos, que facilitan el trabajo en espacios pequeños o sobre suelos no afirmados (cargaderos sin afirmar, pistas forestales...). Estas características también facilitan su transporte a los cargaderos.
- Por las características anteriores, presenta un consumo de combustible moderado.
- Finalmente, el rápido cambio de aperos ligeros dota a este tipo de máquinas de polivalencia, pudiendo alternar, por ejemplo, usos de carga de astillas o triturado con usos de reunión de biomasa bruta.

Inconvenientes:

- El principal inconveniente, como para las palas cargadoras, es su falta de polivalencia para cargar materiales irregulares (biomasa bruta), para los que se suele emplear una grúa convencional con pinzas especiales para biomasa – ver el apartado dedicado a los autocargadores -.

Uso:

Su principal función en el sector forestal es la carga de biomasa, especialmente de astillas o material triturado. El carácter telescópico del brazo hace que pueda cargar a cierta altura, lo que tiene especial interés para cargar camiones cerrados (de tipo "piso móvil").

En otras tareas, como las de acopio y acordonado de biomasa, se le pueden acoplar también peines o rastrillos, como el que se muestra en la figura 32.



Fig. 32: Apero para reunión de restos ("rastrillo") acoplable a una cargadora telescópica.

4

MÁQUINAS PARA LA CORTA DE ÁRBOLES O LA RECOLECCIÓN DE MATORRAL

4.1

Cosechadoras convencionales y multitaladoras



Fig 33: Cosechadora convencional cortando y apilando árboles completos en una clara

Definición:

Las cosechadoras convencionales, llamadas comúnmente “procesadores” o “procesadoras”, son máquinas que tienen la capacidad de cortar árboles y procesarlos a continuación (es decir, desramarlos, tronzarlos y despuntarlos).

Las multitaladoras no son en realidad cosechadoras, dado que no pueden desramar y tronzar los árboles, sino sólo apearlos y apilarlos. Por tanto, una multitaladora sería una modalidad de “taladora-apiladora” que presenta la capacidad de acumular en su cabezal talador un grupo de árboles para depositarlos juntos en una pila.

Características y Funcionamiento:

Las cosechadoras convencionales presentan un cabezal de apeo y procesado que cuenta con los siguientes elementos:

- Un útil de corte para el apeo y despunte que es, generalmente, una espada de motosierra que gira alrededor de uno de sus extremos y que está protegida por una funda metálica cuando no está cortando. Aunque hay máquinas de corte mediante cuchilla o cuchillas, lo más común en España para el uso en cortas de madera son estos útiles de corte de cadena, dado que no dañan la madera en el corte, tienen menor requerimiento de potencia –especialmente para diámetros grandes -, así como un mantenimiento sencillo, aunque más frecuente, que el de las cuchillas – pero que puede realizarse en el taller y evitar las pérdidas de tiempo llevando un juego de cadenas -.

El cabezal se aproxima al árbol y lo abraza, rodeándolo con las garras de desramado y los rodillos de alimentación. En ese momento, se acciona la espada que, con un movimiento de giro sobre un extremo, corta el árbol. Después, el cabezal gira gracias a una de sus articulaciones y le obliga a caer en sentido opuesto a la grúa..

En algunos cabezales, hay una “motosierra escamoteable” adicional, que sólo se emplea para el despunte (figura 34), lo que puede ahorrar algo de tiempo y separar más eficazmente la biomasa – punta y ramas – de las trozas, aunque sea a costa de apea a un solo lado de la calle, con lo que la madera quedaría a ese mismo lado y las ramas y puntas, al otro lado.

- Un sistema de alimentación, formado por rodillos, que generalmente son piezas cilíndricas enfrentadas que giran en sentidos contrapuestos, una veces cubiertos por piezas metálicas prominentes (dentados), en ocasiones con filetes espirales cortantes sobre su superficie externa para descortezar y otras veces con superficies de goma cubiertas por cadenas análogas a las que se acoplan sobre los neumáticos para mejorar la adherencia. En algunos casos, como en la citada figura 34, los cilindros de alimentación son de tipo cinturón, de sección ovalada, aumentando la superficie de contacto con el árbol. El sistema de alimentación, una vez apeado el árbol, hace que avance con fuerza, atravesando el propio cabezal desde la base a la punta. En dicho avance, además de producirse el desramado, se ejecutan los cortes de tronzado, bien de forma automática, con control manual del maquinista o a través de un sistema mixto en que el ordenador sugiere los puntos de tronzado, que son confirmados o no por el maquinista.



Fig. 34: Cabezal cosechador con motosierra adicional para despunte.

- Unas garras de desramado, parte de las cuales son cuchillas curvas fijas y forman parte del cuerpo del propio cabezal, abrazando el árbol, en el momento de su apeo, por la zona superior y proximal con respecto al propio cabezal. Las otras dos garras de desramado abrazan al árbol por la zona distal de su sección. Todas son accionadas mediante cilindros hidráulicos para presionarlas tangencialmente contra la superficie externa del fuste y cortar las ramas, por impacto con sus bordes afilados, cuando del tronco es empujado por el sistema de alimentación desde su cox y hacia la cogolla.

Su forma de trabajar es apear, y en su caso procesar, un árbol detrás de otro.

Frente a ellas, las **multitaladoras** pueden acumular algunos árboles cortados y transportarlos en el propio cabezal mientras cortan otros nuevos. Tienen un ciclo de trabajo en la primera aproximación al pie y el apeo similar al de las cosechadoras convencionales, si bien es posible – y conveniente, dado el tamaño pequeño de los árboles que se cortan para biomas con destino energético– que corten más de un pie al accionar su útil de corte.

Para poder acumular pies cortados, el cabezal tiene un doble sistema de garras: para la sujeción de los pies durante su apeo, en el caso de uno de los juegos de garras, y en el caso del otro juego para mantenerlos sujetos al cabezal, agrupados en sentido vertical como un ramillete mientras se produce la aproximación a otro arbolillo o grupo de ellos para su apeo y colocación. Por este motivo, se conocen estos cabezales como “acumuladores” (figuras 35 y 36).

Aparte del órgano de corte y de el doble juego de garras, el cabezal de estas taladoras – apiladoras acumuladoras no presenta un sistema de alimentación, ni requiere tanta robustez para la labor de desrame. La ausencia del sistema de alimentación permite reducir los requerimientos de caudal hidráulico (y, por ello, de potencia) y además facilita la aproximación del cabezal a los árboles en masas densas o agrupadas en matas, como ocurre con frecuencia en los montes bajos.

Por el interés en que el cabezal apee más de un pie a la vez, el útil de corte suele ser de cuchilla, dado que, por un lado, el pequeño tamaño de los pies y la inexistencia de sistema de alimentación hace menos gravosos los mayores requerimientos de potencia de las cuchillas. Los cabezales de sierra de cadena tienen problemas para el ataque a varios árboles a la vez si la cadena está cortando un tronco y contacta con otro, puede atascarse o rebotar y pararse en medio del corte. Además, los cabezales de



Fig. 35: Cabezal multitalador.



Fig. 36: Multitalador ligero.

cuchilla son menos sensibles a las piedras, pudiendo trabajarse con más seguridad en condiciones de mala visibilidad desde la máquina, lo que es frecuente cuando se trabaja en montes bajos con agrupación en matas espesas.

En los países escandinavos, las multitaladoras se han impuesto para maderistas que trabajan de forma continua para producir biomasa, sobre todo en montes bajos jóvenes de abedul, como el que ilustra la fotografía de la figura 36.

En los Estados Unidos, el sistema de aprovechamiento de árboles completos se emplea con cierta frecuencia en cortas a hecho de madera de cierto tamaño con destino industria. Por ello, se han desarrollado muchos cabezales para taladoras-apiladoras de cierto tamaño, como los que fabrica John Deere. Lo más frecuente hoy es que se basen en sierras circulares, como el que se muestra en la figura 37 y 38. Recientemente, han aparecido en el mercado escandinavo cabezales mixtos, con cadena y guillotina.



Fig. 37: Cabezal multitalador pesado



Fig. 38: Cabezal multitalador pesado de sierra circular.

Uso:

Las cosechadoras convencionales pueden tener diversos papeles en el aprovechamiento de biomasa:

- Corta y, en su caso, tronzado, de árboles pequeños o de especies no comerciales para su saca con autocargador. En este caso, la cosechadora convencional compite con las multitaladoras, y su principal ventaja es que tiene mucha mayor facilidad para tronzar en el caso de que los pies sean de un tamaño que lo exija – para autocargadores convencionales, más de 8 ó 10 m de altura -.
- Procesado en pista o cargadero de árboles completos extraídos por otros medios. En cortas de regeneración, los pies de cierto tamaño se concentran en pista o cargadero por cableo desde pista, por arrastre con skidder o con cable aéreo.
- Procesado convencional de la madera, dejando aparte las copas y ramas como biomasa para su desembosque por separado, generalmente con autocargador. Este sistema es similar al utilizado cuando se persigue sólo sacar la madera, aunque se producen pérdidas de tiempo cercanas al 20% por la necesidad de apilar de forma separada la biomasa y la madera, fuera de la futura trayectoria de la máquina, para evitar que se contamine la biomasa con barro o tierra. En el caso de no recoger la biomasa, los “restos” se depositan precisamente delante de la máquina para que sean pisados por ella, de modo que se reduce su volumen – lo que es conveniente para reducir riesgos de incendio y facilitar su incorporación al suelo – y que actúen como un colchón, reduciendo los daños de compactación o formación de rodadas que la propia cosechadora y, sobre todo, el autocargador, pueden producir sobre la superficie de la calle.

Las multitaladoras centran su interés en masas de diámetros pequeños, especialmente en masas densas o con pies agrupados, como los tallares. No obstante, la corta mecanizada de árboles demasiado pequeños resulta muy cara, y en los Países Nórdicos no se utilizan multitaladoras por debajo de 10 cm, sino que se emplean motosierras convencionales montadas en un armazón metálico que permite que el motoserista no se tenga que agachar para cortar.

Su principal inconveniente es la falta de polivalencia, dado que no se pueden usar para el aprovechamiento convencional para madera, dado que no pueden desramar ni tronzar.

4.2 Multitaladoras combinadas



Fig 39: Multitaladora – empacadora Fixteri

Definición:

La relativa ligereza y baja demanda de potencia de los cabezales multitaladores ha permitido concebir máquinas, sobre la base de un autocargador potente, que realizan otras funciones sobre los árboles completos, además de su apeo y apilado. Estas máquinas están en fase de ensayo, aunque algunas casas ofrecen los prototipos ya en su catálogo.

Tipos:

■ Multitaladora-Astilladora:

Existe un prototipo producido por Valmet, que es una astilladora móvil, integrada en autocargador, con carga frontal, que se produce por medio de la propia grúa ligera en cuya punta se dispone el cabezal multitalador (figura 40). La astilladora expulsa la astilla, hacia un depósito trasero, que tiene un ingenioso sistema de descarga, basculando longitudinalmente sobre un vehículo que puede situarse delante de la propia máquina.



Fig. 40: Multitaladora - astilladora

La carga longitudinal, a través de una tolva situada delante de la cabina, y esa posibilidad de descarga sin necesitar que otro vehículo se disponga a su lado, hacen que esta máquina combinada sea especialmente adecuada para cortas parciales en calles no muy anchas, lo que es una ventaja dado que el pequeño tamaño de los árboles hace que su probable origen sea un clareo selectivo, donde no resulta razonable usar máquinas que requieran mucho espacio.

Su mayor ventaja es ser multifuncional (en montes pequeños, se puede pensar en trabajar con una sola máquina más un juego de contenedores), si bien en cuanto las distancias de desembosque se incrementan, requiere un vehículo auxiliar para la saca de la astilla. Como todas las máquinas multifuncionales, la propia sofisticación le hace vulnerable a las averías, y además una avería en cualquiera de sus órganos de trabajo paralizaría completamente – o casi - todos los procesos.

■ Multitaladora-Empacadora

De acuerdo con Jylha y Laitila (2007), el prototipo llamado Fixteri, desarrollado por Biotukki OY, se compone de un "harwarder" (máquina combinada entre una cosechadora y un autocargador) como máquina base, en la que el cabezal cosechador se sustituye por un cabezal multitalador de guillotina Naarva-Grip 1500-40E, cuyo diámetro máximo de corte es de 30 cm, mientras que el remolque se sustituye por una unidad empacadora giratoria y semiautomática, de forma que el conjunto funciona de un modo similar a una cosechadora de cabezal talador en punta de grúa y plataforma de procesado.

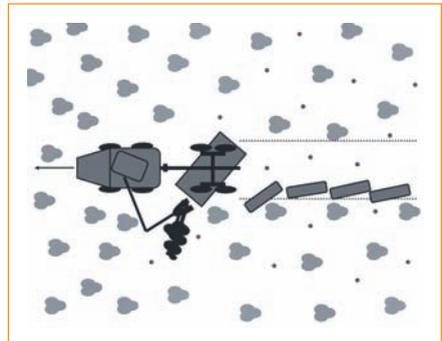


Fig. 41: Esquema de trabajo de una multitaladora - empacadora.

Al igual que en el caso anterior, parece tener ventaja para su uso en esquemas móviles y calles no muy anchas – la unidad de empacado funciona en dirección casi paralela al eje de la máquina y puede ser alimentada desde ambos lados de la calle (figuras 39 y 41).

4.3 Cosechadoras de matorral



Fig. 42: Apero desbrozador y ciclón de una cosechadora de matorral Serrat

Definición, características y funcionamiento:

Las máquinas cosechadoras de matorral no son muy comunes en el panorama internacional, a pesar de su interés en relación con especies invasoras o con la prevención de incendios. En general, se basan en una desbrozadora remolcada por un tractor, a la que se acoplan uno o dos ciclones que impulsan la mayor parte del material desmenuzado por ésta, a través de una o dos cañoneras, hasta un contenedor, remolcado también por el mismo tractor, que también podría ir en paralelo al mismo.

Un prototipo sobre esta idea, remolcable por un tractor agrícola adaptado de cierta potencia, y con un contenedor de 12 metros cúbicos aparentes de capacidad, fue desarrollado por la empresa aragonesa Serrat Trituradoras en la segunda mitad de los años 90, con resultados variables, en general con unos coeficientes de tiempo productivo reducidos (figuras 42 y 43).

Actualmente, se está desarrollando y probando otro prototipo con dos ciclones, concebido para una mayor anchura de trabajo y para poder trabajar con materiales más gruesos. El diseño del prototipo ha surgido como fruto de la cooperación entre la empresa Serrat y Ramón Marinero, empresario del sector de suministro de madera y tratamientos selvícolas de Castilla y León, con participación de la Fundación CIDAUT a través de un Proyecto Europeo. Se trata de una máquina equipada con un motor in-



Fig. 43: Depósito contenedor de una cosechadora de matorral



Fig. 44: Máquina trituradora de matorral y restos de corta de Serrat y Ramón Marín.

dependiente al del tractor de más de 400 CV. Su concepción hace pensar que su uso sea complejo en terrenos forestales que no sean llanos y firmes (figura 44). Otro problema común a estas máquinas se refiere al riesgo de incorporación de piedras y tierra a la biomasa triturada.

En otros países, parece haber pocas experiencias con cosechadoras forestales de matorral, fuera de las cosechadoras pensadas para cultivos energéticos, como por ejemplo la Claas Jaguar (que trabaja, como es natural, en terrenos agrícolas, es decir, terrenos llanos labrados y con una geometría de plantación uniforme), o algunos prototipos para trabajar con ciertas especies (como el que desarrolla en la actualidad el Profesor Roisi en la Universidad de Carolina del Norte para triturar el Mezquite tejano, que en su primera versión parece tener el problema consistente en que más del 50% del material queda sobre el terreno).

5

MÁQUINAS PARA AGRUPAR O ACORDONAR LA BIOMASA

5.1

Tractores equipados con rastrillos o peines



Fig. 45: Tractor con peine y pinza para reunión de biomasa (Trabisa).

Definición, características y uso:

Como se ha indicado al hablar de las palas cargadoras, cargadores telescópicos, etc., una de las funciones que estas máquinas pueden realizar es la agrupación de la biomasa en bruto para su posterior recogida y/o elaboración. Se trata de una labor muy necesaria, podría decirse que imprescindible en los casos de astillado o empacado móvil, el alto coste de las máquinas que elaboran o compactan la biomasa bruta sugiere que es conveniente que se la encuentren concentrada por una máquina más barata. Algunas de las opciones ya se han comentado anteriormente. Además, otros sistemas ensayados han sido basados en tractores de orugas o ruedas de potencias moderadas, a los que se acopla un rastrillo delantero, análogo a los que se han mostrado para las palas y cargadores telescópicos, o incluso un rastrillo combinado con una pinza para sujetar la biomasa desde arriba y comprimirla ligeramente, como en el sistema diseñado por Trabisa (figura 45).

En el caso de emplear peines, el utilizar púas largas tiene el riesgo de romperlas con piedras o tocones, y de arrastrar innecesariamente tierra con la biomasa. Por eso, conviene que los dientes sean cortos (o, en caso de ser largos, que estén separados entre sí para poder evitar las rocas o tocones, en los casos en que su situación sea fácilmente previsible, como en una chopera), así como que el apero se pueda levantar ligeramente para evitar el arrastre innecesario de tierra.

6

MÁQUINAS EMPACADORAS DE BIOMASA

6.1

Empacadoras de biomasa bruta



Fig 46: Empacadora John Deere

Definición:

Las empacadoras forestales son máquinas que reúnen y comprimen biomasa bruta (ramas, copas, árboles completos, etc.) de origen forestal, para formar pacas o balas de suficiente densidad para permitir importantes ahorros en los costes de manejo, transporte y almacenamiento.

Características y Funcionamiento:

Se trata de máquinas en su mayoría escandinavas. La unidad de empaqueo está montada sobre el semi-chasis trasero de un autocargador, y comprime el material biomásico incoherente con que le alimenta la grúa. En el caso más generalizado de formar pacas redondas o rotopacas, se trata de un mecanismo giratorio que, simultáneamente a la compresión, abraza la paca con una cuerda de material sintético. Las pacas resultantes, de longitudes comparables a las trozas de "madera larga", tienen una densidad entre 400 y 500 kg/metro cúbico aparente, y pueden ser manejadas por la misma maquinaria y por los mismos camiones que hoy se están empleando para la madera.

Existen máquinas que no están basadas en autocargador, sino diseñadas directamente sobre una unidad tractora no forestal o como remolque de un camión. Serían, respectivamente, los casos de la empacadora de patente española ForestPack TEC-1 (que, además, tiene un principio de funcionamiento de "pared basculante" completamente distinto a las máquinas escandinavas, y da como resultado unas pacas de sección cuadrangular, atadas con alambre y bastante más densas, del orden de 600 a 700 kg/metro cúbico aparente). Se muestran fotografías de un modelo anterior y de otro más actual de esta máquina en las figuras 47 y 48.

Los equipos más comunes están concebidos para trabajar en cargadero o parque de fábrica, aunque pueden realizar desplazamientos cortos y lentos.



Fig. 47: Empacadora Trabisa sobre autocargador de ruedas



Fig. 48: Empacadora Forestpack

Tipos:

1. Por su movilidad

- **Equipos semifijos o semimóviles:** diseñados para la operación en cargadero, son las máquinas de mayor envergadura, o que son remolcadas por camiones, como el equipo fabricado por la sueca Rogbico (en el caso de la española ForestPack, el uso se limita a cargadero o, si tiene que entrar en el monte, a terrenos llanos en que la masa remanente deje un espaciamiento muy amplio).

- **Equipos móviles:** las máquinas de John Deere y Valmet, al ser máquinas sobre autocargador, tienen carácter móvil. No obstante, el funcionamiento de la unidad empacadora de John Deere (figura 46), que trabaja en sentido perpendicular al eje de la máquina hace que su uso se dificulte en cortas de mejora, dado que requiere calles con una anchura mínima de unos 5 metros. La unidad empacadora de la máquina fabricada por Valmet, hace pacas de una sola longitud, pero la disposición de la unidad es longitudinal y la descarga es lateral, con lo que puede trabajar en calles más estrechas (figura 49). Esta máquina resulta, además, más polivalente, dado que se puede separar la unidad empacadora con relativa facilidad de la cabina y el motor del autocargador, pudiendo sustituirse por el remolque habitual.



Fig. 49: Empacadora Valmet.

Ventajas:

- En todo caso, la utilidad de las empacadoras se centra en un triple ahorro de costes:

 - Ahorro de costes de transporte, dado que el material resultante es más denso que la biomasa bruta (unas tres veces más denso)
 - Ahorro en materiales específicos para el manejo de biomasa, en costes fijos y en complicaciones logísticas, dado que se pueden usar las mismas máquinas que para la madera (al menos, los mismos autocargadores y camiones)
 - Ahorro en costes de manipulación y almacenamiento, debido al menor espacio requerido y las menores complicaciones para el manejo de pacas frente al de biomasa bruta o material triturado o astillado. El material resultante presenta más huecos, por lo que seca más rápido en montones que, por ejemplo, las astillas.
- En el caso de la empacadora desarrollada por Trabisa (hoy, Forestpack), los ensayos realizados hasta ahora han acreditado su polivalencia en el empacado de numerosos residuos de tipo agrícola (sarmientos, restos de poda de olivo, etc.), hecho que puede dar una ventaja competitiva a este diseño de máquina.

Inconvenientes:

- El ahorro tiene que compensar los sobrecostes debidos al uso de esta máquina – que tiene un precio comparable al de una astilladora móvil, muy elevado, pero no aporta valor añadido a la biomasa, que debe ser astillada posteriormente en todo caso.
- Otro inconveniente de las máquinas nórdicas (que, por cierto, no tiene la española de patente Trabisa), es que deben trabajar con la biomasa en verde para formar adecuadamente las pacas, lo que dota de cierta rigidez a los sistemas productivos.

Uso:

Dada la necesidad de sacar partido al ahorro en costes de transporte y almacenamiento que provoca, los principales usuarios de estas tecnologías en Escandinavia son grandes consumidores, que tienen distancias grandes de suministro y que cuentan con centros logísticos que les permiten manejar grandes cantidades de pacas sin problemas, e incluso procesarlas para la separación de diferentes fracciones, etc.

Incluso en las circunstancias escandinavas, el esquema productivo del empacado parece haber entrado en una cierta crisis. De acuerdo con Karha (2007), las empacadoras operativas en Finlandia – que es el país donde se desarrolló el concepto de empacado forestal – en 2007 habían reducido su número a 12 a principios de ese año, de acuerdo con una amplia encuesta a usuarios de maquinaria para biomasa.

7

MÁQUINAS PARA EL TRANSPORTE EXTRAVIARIO DE RESIDUOS FORESTALES O ASTILLAS

7.1

Máquinas para el transporte extraviario de residuos forestales o astillas



Fig 50: Tractor (astilladora móvil) con remolque basculante

Definición, características y funcionamiento:

Se trata de tractores para el movimiento de astillas – la biomasa bruta se suele mover mediante autocargadores o tractores no forestales adaptados y equipados con remolque y grúa, dada la importancia que tiene su apilado –para los que existen dos posibilidades de descarga:

- a) mediante basculamiento (generalmente, elevación y basculamiento del contenedor que hace de remolque, como en la figura 50), o
- b) mediante un émbolo interno que, de un modo análogo a cómo funciona la descarga en los camiones de piso móvil, empuja la carga de astillas hacia atrás, propiciando su descarga por la trasera del remolque.



Fig. 51: Tractor con remolque de descarga trasera forzada.

Ventajas, inconvenientes y usos:

En el primer caso, la descarga tiene la ventaja de ser más rápida. En el caso de la descarga forzada por la parte trasera, la principal ventaja es que se pueden producir descargas parciales (por ejemplo, si un tractor o camión debe suministrar pequeñas cantidades de astilla a clientes muy pequeños, para aplicaciones térmicas domésticas). Un ejemplo de este

tipo de carga en un tractor agrícola adaptado se muestra en la figura 51, donde se debe resaltar la gran capacidad del contenedor, propiciada por el menor peso y mayor sencillez y estabilidad de los mecanismos de descarga en este último caso, frente a la alternativa basculante.

Esta alternativa de descarga, o formas similares, se emplea también en ciertos camiones de “piso móvil” transporte de astilla.

7.2

Tractores o autocargadores con remolques ampliables o con remolques compresores



Fig 52: Remolque compresor Havu-Hukka

Definición:

Se trata de tractores con remolque y grúa, adaptados para uso forestal. Es decir, análogos a los autocargadores forestales que se emplean para saca de madera, pero en los que se realizan adaptaciones para que el remolque aumente su tamaño o actúe comprimiendo la biomasa bruta, de modo que se pretende evitar la baja densidad de la biomasa bruta como factor que encarece su extracción de los montes.

Tipos, características y funcionamiento:

Un ejemplo pionero es el conocido como Havu-Hukka, desarrollado en Finlandia por Vapo OY Energy, que permite, de acuerdo con algunos autores, duplicar la capacidad de carga de los autocargadores, llegando a las 10 t en verde. También se utiliza para transporte por carretera, es decir, en remolques

de camiones para biomasa bruta. A pesar de la indudable mejora que este aumento de capacidad proporciona, parece que no se ha extendido mucho este tipo de remolque, por su falta de flexibilidad (dado que no sirve para madera). Se muestra este remolque en la figura 52, mientras que en la Figura 53 se representa el remolque compresor y basculante que fabrica Allan Bruks.

Otros fabricantes han optado por sistemas más flexibles, como el remolque con teleros que pueden ampliar la anchura de carga hasta 1,4 metros que Valmet y Valtra montan en sus autocargadores o tractores con remolque, de forma opcional. Este sistema se puede emplear también en cortas a hecho y terreno suave, para ampliar la capacidad de carga de madera (figuras 54 y 55).



Fig. 53: Remolque compresor ABAB



Fig. 54: Remolque de teleros extensibles en autocargador Valmet.



Fig. 55: Remolque extensible en tractor Valtra

8

CAMIONES DE GRAN CAPACIDAD, PARA BIOMASA BRUTA, PACAS Y/O ASTILLAS

8.1

Camiones cerrados, con remolque o semi-remolques convencionales y de "piso móvil"



Fig 56: Carga de astilla con pala cargadora en un camión semi-remolque de "piso móvil". Fuente: ENCE

Definición, características y funcionamiento:

En cuanto a los camiones para transporte de biomasa bruta, astillas o pacas de biomasa, su uso está condicionado por la distinta densidad y coherencia de los materiales. En los dos primeros casos, las cajas, remolques o contenedores deben tener paredes cerradas, mientras que los transportes de madera con barras o "teleros" laterales sólo son válidos para las pacas. Las longitudes y pesos máximos autorizados según la legislación española se ilustran en la tabla I.

TIPO DE VEHICULO		PMA (T.)	PMAC (T.)	LONGITUD (m)
RÍGIDO	2 EJES	18		12
	3 EJES	25/26 (*)		12
	4 EJES	31/32 (*)		12
ARTICULADO	HASTA 4 EJES		36/38 (*)	16,5
	MÁS DE 4 EJES		40	16,5
TREN DE CARRETERA	HASTA 4 EJES		36	18,75
	MÁS DE 4 EJES		40	18,75

•PMA: Peso máximo autorizado.(PMAC: *idem* en circulación. Sustituye al PMA en articulados y con tren de carretera).

•Tara: Peso en vacío.

•CU: Carga útil. CU=PMA-Tara; CU del conjunto=PMAC-Tara

Tabla I: Dimensiones y pesos máximos de transporte en España

Los camiones que transportan astillas se ven condicionados por la escasa densidad de este material – en verde, aproximadamente la mitad que la madera, por metro cúbico aparente -. Es por ello que normalmente interesa maximizar el volumen de carga de los camiones de astilla, dentro de los límites que marca la actual reglamentación de tráfico. El camión ideal, dentro del mercado español actual, es un “piso móvil”, cerrado y de 85 a 90 metros cúbicos aparentes de capacidad. Con astilla verde, en función de la especie, este tipo de camión puede llegar a ir sobrecargado, a pesar de que es corriente que se carroce en aluminio (por ejemplo, un camión de piso móvil de 90 m³ de capacidad, con astilla verde de rebollo de 400 kg/metro cúbico aparente, cargaría 36 t, lo que implicaría sobrepeso incluso si fuera un vehículo de más de cuatro ejes).

Otra posibilidad que permite un volumen amplio, pero que además mejora la movilidad por estar articulado cerca del centro, sería un camión con remolque o tren de carretera. En todo caso, los camiones de astilla no suelen llevar grúa, sino que son cargados con pala por un medio auxiliar, tal como los que se han estudiado.

Los problemas que presentan este tipo de camiones semi-remolques o con remolque son los debidos a su envergadura, que dificulta su movilidad en monte, sobre todo para los semi-remolques o trailers de un solo eje tractor – su capacidad se restringe a pistas de media a buena calidad, preferiblemente

en tiempo seco. No obstante, hay diversidad regional, y la disposición a acceder a terrenos de peores condiciones depende también de la experiencia del transportista, siendo mayor en transportistas que se dedican habitualmente a la madera. Por ejemplo, en Galicia los camiones semi-remolques entran por pistas hasta montes verdaderamente complicados, especialmente si se dedican habitualmente a la madera, mientras que en el País Vasco es común emplear camiones de tres ejes y doble tracción para entrar al monte, e incorporarles un remolque adicional para el transporte por carretera.

También se debe resaltar que los camiones de mayor capacidad necesitan espacio de cargadero y que, como se ha indicado, no suelen tener medios de carga propios, por lo que suelen requerir de un medio auxiliar de carga – pala cargadora de alto volteo o cargador telescópico ligero -.

En el caso de los pisos móviles, lo normal es que descarguen mediante el movimiento alternativo de las láminas longitudinales que forman su “piso móvil”, combinando este sistema, a veces, con el movimiento longitudinal de un septo rígido o de lona, que se desplaza sobre unas guías superiores lentamente, y empuja la carga de forma progresiva hacia la trasera, que tiene una o dos puertas abatibles y por donde se produce la descarga. Este procedimiento tiene el inconveniente de llevar cierto tiempo – más de diez y, en ocasiones, de 15 minutos por descarga -, por lo que existen diseños de descarga lateral basculante, como el que se muestra en la figura 57 y 58.



Fig. 57: Camión sueco de astilla con descarga lateral.



Fig. 58: Remolque de camión de astilla con otro tipo de descarga lateral.

En el caso de la biomasa bruta, lo lógico, dada su poca densidad, es utilizar para su transporte camiones con remolque, en Finlandia se han empleado incluso camiones con mecanismos compresores tipo "Havu-Hukka" (véase el apartado de autocargadores). En los países nórdicos, además, emplean camiones con remolque de gran tamaño, incluida una parte telescópica en el remolque, lo que permite llegar a volúmenes de carga de 145 metros cúbicos aparentes, como el que se muestra en la figura 59, tomada de Ranta y Rinne, 2006 (por supuesto, con dimensiones que exceden las permitidas en España).



Fig. 59: Camión finlandés con remolque telescópico

Lo mismo ocurre con ciertos contenedores de astillas montados en camiones con remolque y que incluyen también la propia astilladora y una grúa, de forma que pueden ir recolectando materiales de diversas fuentes – por ejemplo, siguiendo rutas prefijadas para recolectar material en jardines urbanos y periurbanos -, astillarlos y transportar la astilla, en dos contenedores totalizando 90 metros cúbicos (figuras 60 y 61). Es otro ejemplo de solución tecnológica imposible en nuestro país por la tantas veces criticada rigidez de la legislación española en el transporte.



Fig. 60: camión sueco con remolque y astilladora integrada



Fig. 61: Grúa y Alimentación de una astilladora integrada en camión

Lo que sí es posible, como se ha indicado, es la utilización de camiones con remolque para el transporte de astilla, en que se puede alcanzar ese volumen de carga o volúmenes ligeramente superiores, pero sin llevar astilladora ni grúa.

8.2

Camiones cerrados, con remolque o semi-remolques convencionales y de "piso móvil"



Fig 62: Camión con remolque de contenedores

Definición:

Son camiones capaces de cargar, por un mecanismo hidráulico, contenedores que han sido previamente llenados de astilla o triturado, lo que, si se puede garantizar una buena logística, reduce los costes de transporte y evita cargar astilla desde el suelo.

Características y funcionamiento, ventajas e inconvenientes:

Los camiones de contenedores tienen como principales ventajas que facilitan la descarga directa de astillas desde las astilladoras, evitando que se descargue la astilla en el suelo o que se tenga que depender de la llegada a tiempo de una rueda de camiones, lo que dificulta mucho la logística, y que, cuando se trabaja con astilladoras móviles o con un vehículo que extrae las astillas en un remolque basculante, se puede ahorrar espacio de cargadero. De hecho, si los camiones y los propios contenedores permiten la carga lateral (como los que se muestran en la figura 63), no se necesita más que un tramo de pista con un sobrecancho de 3,5 a 4 metros.

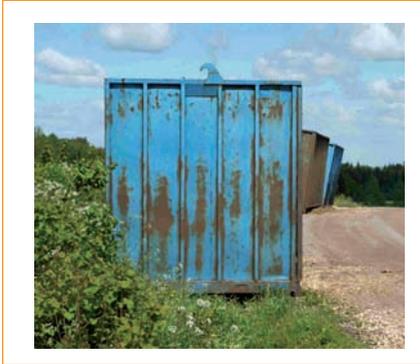


Fig. 63: Contenedor de carga lateral



Fig. 64: Camión de contenedores con remolque y grúa.

Los contenedores presentes en el mercado tienen unas dimensiones reducidas (entre 35 y 45 metros cúbicos aparentes), por lo que tiene interés su transporte en camiones con remolque. Incluso se estima que se podría, en lugares complicados de acceso, emplear camiones de doble tracción que saquen los contenedores de uno en uno por pistas o carreteras locales y posteriormente los enganchen en cargadero de carretera para su transporte. En las figuras 62 y 64 se muestran camiones de contenedores con remolque, unos de los medios más empleados para el transporte de astillas en los países nórdicos.

No obstante, los problemas de carga de los contenedores pueden deberse al propio peso de la carga, que hace que se claven en el suelo cuando éste está húmedo. Es por eso por lo que se recomienda planificar la gestión de los cargaderos teniendo en cuenta este riesgo, si se va a trabajar en tiempo húmedo.



fig. 65: Problemas en la carga de contenedores en tiempo húmedo



Fig. 66: Sistema longitudinal de carga de contenedores en camión "multilift"

En las fotografías de las figuras 65 y 66, se muestra el proceso más habitual de carga longitudinal de un contenedor, mediante el cilindro hidráulico con que cuenta el camión multilift, y un ejemplo de problemas en la carga de contenedores en tiempo húmedo.

Los problemas del uso de contenedores siguen siendo, en general, de carácter logístico, relacionados con la gran productividad de las astilladoras, especialmente trabajando en fijo, en cargadero. Aunque se eviten problemas de coordinación con los camiones, se seguirá teniendo necesidad de contar con un número suficiente de contenedores y evacuarlos de una forma eficiente, a la vez que van siendo sustituidos por nuevas unidades, lo que, aunque se tenga un margen mayor para la llegada de los camiones, no evita la necesidad de una logística ajustada.

REFERENCIAS.

JYLHÄ, P. y LAITILA, J., 2007. Energy wood and pulpwood harvesting from young stands using a prototype whole-tree bundler. *Silva Fennica* 41(4): 763–779

KÄRHÄ, K., 2007: Machinery for forest chip production in Finland in 2007. *Metsäteho OY Research Results*.

RANTA, T. Y S. RINNE, 2006: The profitability of transporting uncomminuted raw materials in Finland. *Biomass and Bioenergy* 30(3), 231-237.

TOLOSANA, E., S. VIGNOTE y V. M. GONZÁLEZ, 2004: El aprovechamiento maderero. 2ª Edición. Editorial Mundi prensa.

ANEXO I: RELACIÓN DE FABRICANTES (Y, EN SU CASO, DISTRIBUIDORES PARA ESPAÑA), DE MAQUINARIA DE POSIBLE USO EN APROVECHAMIENTO DE BIOMASA FORESTAL

PRETRITURADORAS

HAAS Hammermill

Pretrituradoras de 90 a 600 kW
Distribuido por UNO Reciclaje
902.999344
www.unoreciclaje.com

HAMMEL

Pretrituradoras de 140 CV en adelante
Distribuidas por NOTEC
Travessera del Bovalar nº 49
46970 Alaquás (Valencia) España
TEL. 34 96 151 92 38 fax 34 96 151 92 61
notec@notec.es
Remolcables, semifijas (de ruedas) y semimóviles, de orugas.
www.hammel.de
Trabaja con una Hammel la empresa AECO en trabajos sobre tocones
(Almazán, Vinuesa, ...)

KOMPTECH

Pretrituradoras de 250 a 447 kW
Distribuidas por MASIAS Recycling SL
972293150
www.masias.com

Doppstadt

Pretrituradoras (serie DW) y trituradoras (serie AW)
Estacionarias (semifijas, transportables, sin ruedas, serie Bufalo), 315 kW
También otras pretrituradoras y trituradoras remolcables, semifijas, de ruedas.
Distribuye W41 Equipop
C/Isaac Peral, 2
28914 Leganés (Madrid)
916885333
www.equimop.com
Son las que tiene TAFISA, las usan en monte, pero básicamente en parque

TANA Shark

Pretrituradoras finlandesas

www.tana.fi

Distribuye Biometsa S.A.

Mr. David Prat

C/ Italia 1-3 bajos 3 a

08320 El Masnou (Barcelona)

Tel. +34 93 540 54 00

Fax. +34 93 540 54 01

dprat@biometsa.es

www.biometsa.es

TIM-Envipro

Pretrituradoras de fabricación danesa, 354 a 600 HP.

Remolcables, semifijas, de ruedas, con posibilidad de movimientos cortos con un rodillo de tracción.

Distribuye Biometsa

C/Italia, 1-3 bajos 3 a

08320 El Masnou (Barcelona)

Tel. +34 93 540 54 00

Fax. +34 93 540 54 01

dprat@biometsa.es

www.biometsa.es

TRITURADORAS

Morbark

Trituradoras semifijas, remolcables (de ruedas) y de orugas, de 260 a 1000 CV
Alimentación vertical-trasera sobre cinta ancha que ocupa todo el ancho del remolque y conduce a la alimentación por rodillo superior y al tambor de martillos.
Distribuidas por Bepower (Carregado – Portugal)
+351263855442
www.bepower.pt

Willibald

Trituradoras semifijas, remolcables por camión o de orugas, de 240 a 480 CV
Muy populares en Portugal, sobre todo para eucalipto, en España se han ensayado en Cabrejas del Pinar, con silvestre, por Ambrosio Montero.
Distribuido por UNO Reciclaje
902.999344
www.unoreciclaje.com

Pezzolato

Tiene varias trituradoras de martillos, acoplables y con motor propio, la primera requiere 150 HP, las otras son muy variables, a veces combinan motor eléctrico, diesel y tdf. Las hay con motor autónomo, semifijas (remolcables por camión), de hasta 420 HP.
www.pezzolato.it

CBI Magnum Force

Trituradora semimóvil (orugas) con motores CAT de 630 hasta 1050 HP
Distribuye la empresa sueca Allan Bruks
www.allanbruks.se

Progrind 2000

Trituradora de martillos de alimentación vertical (Tolva circular) sobre remolque con ruedas (semifijo), de 390 a 450 HP, con grúa opcional
Distribuye una empresa holandesa
Europe Recycling Equipment B.V.
www.europe-rec.com

Vermeer

Empresa norteamericana (Iowa) que fabrica trituradoras y pretrituradoras, una trituradora de esta marca se utilizó por Forestal Canaria en Tenerife.

El distribuidor en España es

Vermeer Spain S.L.

Velazquez, 25 5

Madrid 28001

Spain

Phone: +34/902113272 or +34/915765583

Email: gago@tsai.es

Su página web original es

<http://www.vermeer.com/vcom/EnvironmentalEquipment/environmental-equipment.htm>

Loma

Trituradoras ligeras (15 a 145 CV) con cañonera, de fabricación danesa

Máquinas acoplables a tractor, para materiales ligeros

Distribuye: Atica (www.aticamaq.com)

ASTILLADORAS

Bruks

Astilladoras de tambor móviles y fijas

Móviles acopladas a autocargador, con motor propio, la normal de 275 a 475 CV, la grande de 700-1100 CV.

Distribuidas por Log Max Iberia (Huelva) Juan Juárez 959657363

Tiene una Forestal de Extrecas, empresa radicada en Talavera de la Reina y con una serrería en Herrera del Duque. Le dieron en 2005 un uso mixto en parque de una serrería y aprovechamientos forestales para la venta de astilla a empresas de tablero.

Contacto: Alejandro González (661492492)

Kesla Foresteri

Astilladoras de tambor móviles, acoplables o con motor propio. Las acoplables requieren 130 a 200 HP, las de motor propio tienen 296 HP.

Distribuye ATICA Maquinaria S.L.

Miquel Torrelló i pagés, 55-57 nave 8

08750 Molins de Rei (Barcelona)

902889100

www.aticamaq.com

Woodsman

Astilladoras de tambor ligeras, móviles (remolcables por tractor agrícola, con motor propio o toma de fuerza), 84 a 500 HP

MADE in USA

Distribuido por UNO Reciclaje

Empleó una la empresa Triturados Montero en El Royo (Soria), para astillar árboles completos de pino silvestre

902.999344

www.unoreciclaje.com

Precision Husky

Astilladoras semifijas, remolcables por camión, de alta capacidad, 460-650 HP. También trituradoras de martillos remolcables, semifijas, de alimentación frontal-superior y 500 a 1050 CV, y trituradoras de tolva remolcadas y semimóviles (de orugas), con alimentación superior y grúa incluida, de 173 a 860 CV.

Made in USA

Distribuido por UNO Reciclaje

902.999344

www.unoreciclaje.com

Pezzolato

Astilladoras de disco y de tambor, las últimas semifijas, remolcadas por camión, entre 420 y 590 HP (las hay más ligeras, móviles sobre tractor, con motor propio de 170 a 300 HP)

Las de camión están muy extendidas en Portugal, sobre todo para pino. En España han trabajado en rebollo (se alquiló una, remolcada por camión, a la empresa portuguesa Logística Florestal) y en chopo (una astilladora acoplable a tractor agrícola potente fue adquirida por intermediación de Tableros Losán para Maderas Calero).

www.pezzolato.it

Morbark

Astilladoras fijas y semifijas, remolcables (de ruedas), de disco y de tambor, de 25 a 350 CV

Distribuidas por Bepower (Carregado – Portugal)
+351263855442

www.bepower.pt

Logset

Casa finlandesa que fabrica astilladoras móviles de tambor, sobre chasis de autocargador, modelos Chipset 3C (alimentación frontal) y Chipllett (alimentación lateral)

271 kW

www.logset.com

Mus-Max

Astilladoras austriacas de tambor acoplables a tractor (de 80 a 350 HP) o remolcadas por camión con motores propios de 400 a 700 HP

Distribuidas en España por Ventura Máquinas Forestales. (+34 972 401 522)

www.venturamaq.com - e.mail: cial@venturamaq.com

Silvatec 878

Astilladora de disco móvil (montada sobre autocargador con motor de 250 HP) y de alimentación frontal. Contenedor de 16 metros cúbicos de capacidad.

Fabricación danesa.

No tiene distribuidora en España, informa sobre ellas Narcis Margall

Delegado Comercial de la Delegación Comercial de Dinamarca en Barcelona

Rbla. Catalunya 81, 5e 4a, 08007 Barcelona

tlf. +34-934875486 - mobil +34-661279504

e.mail : nmargall@dtcpain.org

Vermeer

También fabrica Astilladoras, desde astilladoras ligeras (de disco) remolcables por tractor, hasta equipos más pesados, de tambor, con motor propio de hasta 215 HP y remolcables por tractor o camión

Ver referencia en apartado de trituradoras.

Doppstadt

Astilladoras de tambor remolcables, semifijas, de ruedas, con alimentación frontal y motor propio de 609 CV.

Distribuye W41 Equipop

C/Isaac Peral, 2

28914 Leganés (Madrid)

916885333

www.equimop.com

Jenz

Astilladoras remolcadas, móviles con motor propio y fijas. También trituradoras y otras.

Distribuidas por MASIAS Recycling SL

972293150

www.masias.com

Han trabajado en choperas

(Villaverde de Mogino, cedidas para su uso por la distribuidora) y otras

Erjo

Astilladora móvil de fabricación sueca, por Erjo Osw AB

Motor Scania de 588 HP, alimentación lateral, integrada en autocargadores John Deere (Timberjack)

Tienen dos unidades los de Garnica Plywood, las emplean con residuos de choperas cuyas astillas destinan a consumidores relacionados con los tableros y/o la producción de energía.

GreenMech Ltd.

Astilladoras de disco con cuchillas circulares, fabricación británica

20 a 80 CV

Distribuye: Atica (www.aticamaq.com)

<http://www.greenmech.co.uk/>

TP

Astilladoras de disco de fabricación danesa

15 a 200 CV

Distribuye: Atica (www.aticamaq.com)

Rudnick – Euners

Trituradoras y astilladoras fijas y remolcables

<http://www.rudnick-euners.com>

Distribuye en España: MAP2

Tlfno: 946813939

e-mail: tecnologías@map-2.com

<http://www.map-2.com>

Kesla OY

Astilladoras de todo el rango de tamaños y potencia

<http://www.kesla.fi>

Distribuye; Timo Merilainen

913507611 – 609887648

tmforest@terra.es

CRIBAS

Komptech

Esta casa presenta separadores por aire remolcables por camión (Hurrikan), trómeles clasificadores (cribas de tambor) y diversos modelos de cribas de estrella para madera (EasyStar y varias máquinas de la serie MultiStar), tanto estacionarios como remolcables por camión.

Trabajó una con tocones de chopo en Carrión de Los Condes

Distribuido por Masías, ver Referencia en apartado de pretrituradoras.

Doppstadt

Fabrica distintos modelos de cribadoras de tambor, estacionarias y semifijas. También fabrica separadores de discos, que se pueden acoplar a la tolva de alimentación superior de esos trómeles clasificadores.

Distribuido por W41 Equipop, ver referencia en el apartado de astilladoras.

Terra Select

Fabrican cribadoras de tambor remolcables de distintas potencias y capacidades, así como equipos estacionarios. También fabrican separadores por aire.

Distribuye Uno Reciclaje, ver referencia en el apartado de astilladoras o trituradoras

La casa Willibald, distribuida por el mismo distribuidor, fabrica también cribas de golpeo móvil, remolcables y que ocupan poco espacio, aunque parecen más adecuadas para compost y materiales húmedos.

Haas Recycling Systems

También fabrica cribas de tambor, de estrellas y de discos, sobre remolques de trailer, así como diversos tipos de cribas y separadores estacionarios, en este último caso con cribas vibratorias o de balanceo, también tienen equipos fijos de discos, estrellas y trómeles. Los distribuye también en España la casa Uno Reciclaje.

Bruks

Fabrica equipos estacionarios de cribas giratorias, vibratorias, de discos, de balanceo. Ver referencia en apartado de astilladoras.

CABEZALES MULTITALADORES

Las principales casas fabricantes de cabezales cuentan con modelos multitaladores, que se podrían obtener a través de sus representantes en España. Como ejemplos John Deere, Logset o Valmet tiene modelos para este uso. Los representantes en España de Valmet y John Deere (al menos, el distribuidor de máquinas forestales de esta casa) son, respectivamente, Hitraf y Guipuzcoana Forestal (las coordenadas de contacto están en el apartado de "empacadoras").

Hay, no obstante, más casas con producción de cabezales multitaladores, algunos de ellos con representación en España, a saber:

Naarva – Grip

Cabezal finlandés (fabricado por Pentin Paja OY) de corte con cuchilla – concretamente, guillotina guiada -, con pesos entre 180 y 420 kg.

En España, lo distribuye Timo Merilainen (609887648, tmforest@terra.es) y existe una unidad que ha sido usada por Tragsa.

www.pentinpaja.fi

Silvaro K 250

La casa sueca Silvaro AB fabrica un cabezal de 500 kg para cortar árboles de hasta 25 cm de diámetro en la base. Trabaja con una cuchilla tipo doble cizalla.

No tiene distribuidor en España, en Lidköping (Suecia), lo distribuye Henry Carlsson (+46708226970, henry@hc-construktion.se).

www.silvaro.se

ABAB Klippen 250

La casa sueca Allan Bruks fabrica otro cabezal, también para pies de hasta 25 cm en la base y con un peso de 380 kg. Su mecanismo es una cuchilla rotatoria de tipo guardaña, con contracuchilla.

www.allanbruks.se

Bracke C16

La también sueca BrackeForest AB fabrica un cabezal de 450 kg para cortar árboles de hasta 26 cm de diámetro en la base. En este caso, está equipada con una sierra circular de 80 cm de diámetro que está diseñada para trabajar a 1200 rpm. El sistema de corte de la sierra es similar al de una motosierra, con eslabones gubia en el perímetro de la sierra, lo que hace pensar que pueda tener un mantenimiento más delicado que las de cuchillas, y mayores problemas con las piedras.

www.brackeforest.se

EMPACADORAS

ForestPack TEC-1

(Patente española de TRABISA)

Fabricada por TECSOMA S.L. (Herencia, Ciudad Real)

Empacadora remolcada en vehículo 4x4 de 8,7 metros con grúa, para trabajo en cargadero o en monte de buenas condiciones de acceso y en cortas con poca masa remanente.

Pacas rectangulares (70x100 cm, longitud variable) de alta densidad

Distribuido por NOTEC S.L.

Travessera del Bobalar, 49

46970 Alaquàs (Valencia)

961519238

notec@notec.es

JohnDeere Flash Bundler 1490 D

Móvil, para uso en cargadero (excepto cortas a hecho o casi)

Hace pacas perpendicularmente al eje longitudinal de la máquina base (autocargador) de 2,40 a 3,20 m de longitud, y 70 a 180 cm de diámetro.

Distribuido por GUIFOR S.L.

C/Atallu, 10-12

20170 Usúrbil (Guipúzcoa)

946368336

www.guifor.com

Valmet Woodpac

Móvil (acoplada a autocargador, trabajo longitudinal)

Balas cilíndricas de 3,20 metros de longitud y 72 cm de diámetro.

Distribuido por Hitraf

Carretera de Silleda, km 1. Villa de Cruces (Pontevedra)

986582374

hitraf@retemail.es

Rogbico GTK

Empacadora de pacas cilíndricas de longitud fija

Remolcable por camión (semifija)

Información en la Oficina Comercial de la Embajada de Suecia

(Missael.Lundqvist@swedishtrade.se)

o en la propia casa fabricante

+46761165100

rogbico@rogbico.se

OTROS EQUIPOS REMOLQUES COMPRESORES PARA AUTOCARGADOR

Valmet Loadflex Bio

Fabricado por la sueco-japonesa Valmet (Komatsu Forest AB)
Remolque con los teleros hidráulicos, que permite la ampliación del volumen de carga efectiva. Se acopla a los autocargadores Valmet 840, 860 y 890.
El representante en España de Valmet es Hitraf (referencia en el apartado de empacadoras)
www.komatsuforest.com

Havu-Hukka

Desarrollado por Vapo Forest OY (Finlandia), que fabricó 20 unidades entre 1998 y 1999.
No parece distribuirlos en la actualidad, se puede encontrar información en la web de Vapo Forest OY y en sus informes anuales de 1999 y 2000 (por ejemplo, en http://www.vapo.fi/filebank/1223-vapo99_uk.pdf).

Valtra

Esta casa de fabricación de tractores desarrolló remolques de tractor adaptado de alta capacidad
Valtra también es distribuido en España por Hitraf (ver referencia en el apartado de empacadoras)
www.valtra.es

Bresons i Tuna AB

Esta pequeña fabricante sueca elabora un remolque con paredes compresoras acoplable al John Deere (antiguo Timberjack) 1410 B
breson@telia.com

ABAB Carrier

Es un fabricante de un remolque compresor basculante sueco.
Sólo tiene distribuidores fuera de Suecia, en Finlandia y Alemania.
<http://www.allanbruks.se/en/produkter/abab-carrier>

MULTITALADORA – ASTILLADORA MÓVIL y MULTITALADORA - EMPACADORA

Valmet 801c BioEnergy

Valmet ha fabricado un prototipo de astilladora móvil equipada con un cabezal multitalador que le permite cortar los árboles e introducirlos directamente en la tolva de la astilladora.

El representante en España de Valmet es Hitraf
(referencia en el apartado de empacadoras)

www.komatsuforest.com

Fixteri

El prototipo Fixteri de Multitaladora-Empacadora es fruto de un desarrollo sueco resultado de un proyecto de Skogsfork, por lo que esta organización lo presenta en una de sus publicaciones (Serie Resultats). Además, se presenta en una revista, Silva Fennica, que se puede descargar desde Internet

(*<http://www.metla.fi/silvafennica/full/sf41/sf414763.pdf>*).

ANEXO II: RELACIÓN NO EXHAUSTIVA DE USUARIOS Y FABRICANTES DE MAQUINARIA PARA RECOLECCIÓN O TRATAMIENTO DE BIOMASA FORESTAL (2008)

MADERAS COSTIÑA

Antonio Rodríguez Quintana
C/Bacoi
27774 Alfoz (Lugo)
982571200

Son una empresa ligada a Norfor (cedieron terreno para una gran descortezadora al lado de su serrería). Han adquirido dos máquinas trituradoras de martillos

AFM Harvesters

Klaus Grenberg
klaus.grenberg@afm-forest.fi
+35814675100

Es importador de maquinaria, introdujo en la cornisa cantábrica los cabezales AFM. El representante en España se llama Emilio Bravo, de la empresa Forest Pioneer. Tel. 943 63 28 50 *emilio.bravo@forestpioneer.com*

DORTA

Salvador Dorta Reyes
Pol. Industrial de Jagua
Autovía Santa Cruz-San Andrés
38180 Santa Cruz de Tenerife
922591266
922549309

A principios de siglo (XXI), usaban alguna astilladora Vermeer, semifija, para astillar los restos de las claras de pino radiata y canario en Tenerife. También debe de trabajar con astilladoras en Canarias la empresa GESPLAN (contacto, Mariano Sanz, 629063787)

LARRANO

Pza. Zaldúa, 10. 48250 Zaldívar (Vizcaya)
946734346

Trabajan con una empacadora forestal Timberjack Fiberpak. Una persona que ha trabajado mucho con esa máquina, pero que ahora trabaja en ACCIONA, es Aitor Rentería, Ingeniero de Montes (teléfono 616806931).

ALVAREZ FORESTAL

Avda. Pablo Garnica, 20

39300 Torrelavega (Cantabria)

Usuarios de otra empacadora Timberjack Fiberpack que está en el mercado español, son una de las más importantes empresas de aprovechamientos del norte. Van a comprar una o dos empacadoras John Deere más, ante la política de subvenciones de la Comunidad Autónoma

Contacto: Eloy Gutiérrez Núñez

942846100

639757691

NORFOR

Avda Fernández Ladreda, 15-17

Pontevedra

La división forestal del grupo ENCE en el norte tiene experiencias propias y conoce otras ajenas, sobre todo en Portugal, de aprovechamiento de biomasa. Puede ser una buena fuente para localizar proveedores de maquinaria en Galicia o Portugal

Contacto gallego: Óscar Fernández Carro, jefe del departamento de servicios a terceros, 639701688 y ofernandez@norfor.es

EXPERTOS FORESTALES AGRUPADOS S.A.

Grupo de técnicos ex - ENCE, cuyo director es Juan Prados

Han hecho trabajos de consultoría para las eléctricas, pero su experiencia más importante está en suministro de madera y biomasa en Galicia y Portugal

Contacto: Andrés Espejo (llevó a cabo experiencias de aprovechamiento de biomasa de eucalipto para Iberflorestal en Portugal: mail@andresespejo.net)

GRUPO LOSÁN

Carretera Tarancón-Teruel, km 96

16193 Fuentes (Cuenca)

Esta empresa adquirió una astilladora Pezzolato remolcada por tractor agrícola pero de cierta potencia, pensada para cortas de chopo. Aunque el contacto ya no trabaja allí (sino, precisamente, en el grupo Garnica Plywood, el principal de España de desenrollo de chopo), puede referenciar con quién hablar en relación con esa máquina.

Contacto: José María Néstar 629148945

COMTRADI

Empresa de explotación que ha adquirido en 2007

un cabezal multitalador de pequeño tamaño

Ana Herrero

983607033

RUBIAL

Empresario leonés, ha adquirido una astilladora de tambor
Ezequiel Rubial
659786738

ESTYANT

Empresa de aserrado del sector de envase y palé
Su filial de Aprovechamientos, Recolectores Forestales, S.A. ha adquirido una astilladora móvil de tambor
El contacto es su técnico, Alfredo del Campo
629663147

HITRAF

Distribuidores de VALMET (WoodPac, cabezales multiárbol,...)
Carretera de Silleda, km. 1 36590 Vila de Cruces (Pontevedra)
Contacto: César Sánchez o Ignacio Ortego Carbonell
986582520, 620229645
Es probable que tengan o puedan traer cabezales multiárbol.
hitraf@retemail.es

TRABISA

Francisco García
625160850
649949022
Fabricante de empacadoras en Valencia, ahora se ha asociado con Hammel para desarrollar el nuevo prototipo de ForestPack.

TRADEMA

Domingo Rodríguez Abella
606392722
droduiguez@tafisa.es
Han comprado una astilladora DOPPSTADT AK-430, adaptada a montes llanos. Se va a usar para reciclado.

RECUFOREST

Rosa Bonet
Coll Blau, 18
17116 Cruilles (Girona)
972643129
Tienen una astilladora potente, remolcada sobre camión

TRAGSA

Han trabajado en 2007 con multitaladoras y astilladoras en León, Valladolid, etc. El contacto es el ingeniero y experto en mecanización forestal Ángel Carrascosa 690877326

ATICA

Juan Fernandez
juan.fernandez@aticamaq.com
Tlfn: 902 889 100
Fax: 902 889 102
www.aticamaq.com
Tienen maquinaria de astillado (representan las astilladoras Kesla)

LOGISTICA FLORESTAL

Miguel Serrao
+00351212199570
+00351966054141
mserrao@logistica-florestal.pt
Compañía portuguesa relacionada con Aflops y con la central de co-combustión de Estoril, hace el amontonado, saca y apilado de residuos en masas afectadas por nematodo. Trabaja con SOBIOEN, que hace las fases posteriores de astillado y transporte

SOBIOEN

Paulo Preto dos Santos
+00351212197121
paulo.santos@sobioen.pt (es el gerente, el técnico se llama Diogo Falcao, *diogo.facao@sobioen.pt*, +351919877635)
Esta empresa hace los astillados de esa zona, tienen astilladoras Vermeer, Pezolato y Willibald MZA 4600, las dos primeras remolcadas por camiones y la segunda semimóvil, de cadenas.

SOCASCA

Empresa que se dedica a la recogida de biomasa en la zona de Coimbra (para la central de Mortagua). Tienen que tener astilladoras. El contacto se puede obtener a partir del CBE (Centro de Biomassa para a Energia), por ejemplo a través de Claudia Sousa, investigadora de ese centro (*claudiasousa.cbe@mail.telepac.pt*)

FORESTECH - TECNOLOGIAS FLORESTAIS, SA

Sede - Estrada Nacional 125, Km 96, 7 Caixa Postal 641 - Arneiro 8005-412 Arneiro T. 289 896 725 | F. 289 896 729
Suministradores de biomasa para el grupo ENCE en Huelva, hacen aprovechamientos también para Mortagua. Deben de tener varias astilladoras en Portugal.
Contacto: Rigardo Diogo

MONROYO INDUSTRIAL S L

Fabricantes y mayoristas de artículos de madera

CTRA. ZARAGOZA, S/N

44652 MONROYO (TERUEL)

Tfno: 978856027

Han alquilado astilladoras, remolcadas por tractor, a los investigadores del CENER para sus experiencias. El contacto proporcionado por David Sánchez es Alberto Centelles.

SANTIAGO GONZÁLEZ (FORESTAL DE EXTRECA)

FORESTAL DE EXTRECA, S.L.

C/ Capitán Cortés, 41

45600 TALAVERA DE LA REINA (Toledo)

Tel. 925 80 17 08 - Fax 925 82 74 00

Contacto: Alejandro González

661492492

Ha tenido una astilladora Bruks integrada en autocargador que no sé si sigue operativa. Además, ha comprado muy recientemente una cosechadora multiárbol, aunque tal vez con excesivo tamaño y potencia para trabajar en montes de diámetros reducidos.

GUIFOR

Camino Zubiberri 18

Barrio Ibaeta

20009 San Sebastian

Contacto: Reginald García

943213600

670057701

Tiene un cabezal multiárbol, más ligero que el de Forestal de Extrecas. Distribuyen maquinaria John Deere, incluidas las empacadoras, de las que es el suministrador principal en el mercado español.

JOSÉ RAMÓN MARINERO

Carretera de Sepúlveda, s/n 40230 Dehesa Mayor (Segovia)

ramonmarinero@wanadoo.es

921142121

610248647

Ha desarrollado junto con Serrat un prototipo de trituradora – recolectora de residuos gruesos para las cortas finales en los pinares llanos de Segovia.

SERRAT TRITURADORAS

Empresa aragonesa que diseñó un prototipo de desbrozadora – recolectora de matorral, han diseñado equipos para recoger material de jardinería, más pequeño, pero también han hecho la ingeniería de la máquina encargada por Ramón Marinero, basada en motores de gran potencia y peso, que tritura y proyecta a un remolque restos de cortas a hecho en terrenos no pendientes y no muy pedregosos.

www.serrat.es

SEFOSA

Julio Molano Sánchez

639202719

954279907

julio.molano@sefosa.com

Este ingeniero industrial de Servicios Forestales S.A. es el padre del TAE y uno de los mejores diseñadores de maquinaria del sector forestal español.

COFEM

Empresa del País Vasco, importadores de maquinaria para trituración y astillado.

Gerente D. Fernando Morales

cofem@eresmas.com

94 4536368

629 271795

FORCOM AYF,S.L.

Empresa Gallega que ha desarrollado dos segadoras empacadoras para arbustos.

Gerente D. Ramón Forno Varela

986 582604

649 983982

MASIAS RECYCLING,S.L.

Importador de las astilladoras y trituradoras alemanas JENZ.

Delegado para la zona Centro D. Antonio Heredia D'odero

Reciclaje@masias.com

91 7103940

616 956820

EQUIMOP (W41)

Importador de la maquinaria alemana DOPPSTADT, para triturado y astillado.

Contacto, D. Martin Aragona

www.equimop.com

91 6885333

660 487487

AGRICORTES S.A.

(Representantes de Jenz en Portugal)

Manuel Vieira (y Ana Pereira)

Avda. do Lis

P2414-025 Cortes LCA.

+351244819112

import@agricortes.com

www.agricortes.com

WOOD FIRST Lda.

Virgilio Pereira

Rua do sindico N°58

3810-805 Oliveirinha

Portugal

virgiliopereira@prosist.com

www.prosist.com

AQUALOGICA

Paulo Pedrosa

Maquinaria para biomasa en Portugal, tienen máquinas Willibald y otras, suministrador de Iberflorestal

00351917297843-24481446(ó "0")3

www.aqualogica.com

UNORECICLAJE

Meter Ocvirek

Representante de Willibald en España

699309128

www.unoreciclaje.com

BIOMETSA

Jaime Prat

Representantes en España de las máquinas danesas TIM/TANA

935405400

www.biometsa.es

Narcis Margall

Delegado Comercial
Delegación Comercial de Dinamarca en Barcelona
Rbla. Catalunya 81, 5e 4a, 08007 Barcelona
tlf. +34-934875486 - mobil +34-661279504
fax +34-4881772
e.mail : nmargall@dtcspain.org
Representa o informa sobre SILVATEC.

Timo Merilainen

Este agente comercial finlandés es importador de material de inventario y representante de los cabezales multitaladores Naarva Grip y de astilladoras Kesla.
Timo Merilainen (609887648, tmforest@terra.es)

BIOGESMA, SL. Biomasa y Gestión Medioambiental

Juan Carlos Fernández Guerrero 646 06 15 32
jfg@biogesma.com
www.biogesma.com

Actividad: Logística de Biomasa, planificación de aprovechamientos encaminados a la valorización energética de la biomasa forestal y consultoría medioambiental.
Servicios de triturado de restos vegetales. Equipo: Doppstatd AK-430, equipo móvil (triturado rápido).

VENTURA MÁQUINAS FORESTALES

Fabricante de desbrozadoras y trituradoras forestales, con sede en Aiguaviva (Girona).
Distribuye las astilladoras forestales Mus-Max, además de trituradoras y astilladoras finlandesas bajo la marca Ventura.
Contacto: +34 972 401 522
www.venturamaq.com

La Fundación CESEFOR ha promovido y coordinado las experiencias que han dado lugar a esta Guía. Tanto los responsables de su Área Forestal como el equipo redactor del presente documento están muy interesados en su actualización, para lo que solicitan que cualquier persona que desee justificadamente figurar en la relación de fabricantes, distribuidores o usuarios, o aportar cualquier información que pueda ser útil en sucesivas ediciones, se ponga en contacto con los responsables de esta Guía a través del correo electrónico biomasa.soria@cesefor.com



Pol. Ind. Las Casas c/C
Parcela 4, 42005 SORIA
(ESPAÑA)
T: (+34) 975 212 453
F: (+34) 975 239 677
SKYPE: cesefor

cesefor@ceseфор.com
www.ceseфор.com

www.ceseфор.com