

Manual de mecanización de los aprovechamientos forestales

V. González González de Linares
E. Tolosana Esteban
Y. Ambrosio Torrijos
R. Laíña Relaño
S. Vignote Peña



MANUAL DE MECANIZACIÓN DE LOS APROVECHAMIENTOS FORESTALES

VÍCTOR GONZÁLEZ GONZÁLEZ DE LINARES

EDUARDO TOLOSANA ESTEBAN

YOLANDA AMBROSIO TORRIJOS

RUBÉN LAÍNA RELAÑO

SANTIAGO VIGNOTE PEÑA

MANUAL DE MECANIZACIÓN DE LOS APROVECHAMIENTOS FORESTALES



Ediciones Mundiprensa

Ediciones Mundi-Prensa

Velázquez, 31, 3º dcha.

28001 Madrid (España)

Tel. (+34) 902 995 240

Fax (+34) 914 456 218

clientes@paraninfo.es

© 2014 Ediciones Mundi-Prensa

Autores: Víctor González González de Linares, Eduardo Tolosana Esteban, Yolanda Ambrosio Torrijos, Rubén Laína Relaño y Santiago Vignote Peña

Diseño y maquetación: Ediciones Nobel, S. A.

ISBN 13: 9788484766438

Depósito legal: M-29581-2013

Impresión: Cimapress

Impreso en España

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org <<http://www.cedro.org>>) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

ÍNDICE

1. Introducción: la mecanización forestal	11
1.1. Evolución histórica.....	11
1.2. Evolución de los aprovechamientos forestales en España.....	14
1.3. Perspectivas de la mecanización.....	19
2. La motosierra y otras máquinas forestales portátiles	21
2.1. La motosierra: descripción, características y complementos.....	21
2.1.1. <i>Elementos principales</i>	21
2.1.2. <i>Tipos de motosierras</i>	22
2.1.3. <i>Partes de la motosierra</i>	24
2.2. Técnicas y organización del trabajo	47
2.2.1. <i>Apeo</i>	49
2.2.2. <i>Procesado</i>	92
2.3. Seguridad y normativa	123
2.3.1. <i>Riesgos de seguridad y salud de la motosierra</i>	123
2.3.2. <i>Equipos de protección individual (EPI): homologación, caducidad y mantenimiento</i>	127
2.3.3. <i>Equipos auxiliares: botiquín y herramientas complementarias</i>	130
2.3.4. <i>Plan de prevención de riesgos laborales</i>	132
2.3.5. <i>Cumplimiento de las normas en materia de aceites y residuos</i>	136
2.4. Mantenimiento y reparación de pequeñas averías	137
2.4.1. <i>Limpieza: filtro, bujía, entrada aire, tapón combustible, espada, motor</i>	138
2.4.2. <i>Engrase de los órganos de corte</i>	143
2.4.3. <i>Reparación y ensamblado de cadenas</i>	145
2.4.4. <i>Cambio de piñón y muelles de embrague</i>	146
2.4.5. <i>Sustitución de elementos de arranque</i>	146
2.4.6. <i>Repostado y arranque</i>	147
2.4.7. <i>Ajuste o reglaje del carburador</i>	148
2.4.8. <i>Detección de problemas mecánicos en la motosierra</i>	149
2.5. Otras máquinas portátiles forestales.....	152
2.5.1. <i>La motodesbrozadora</i>	152
2.5.2. <i>Motosierras modificadas</i>	155
3. Los tractores de apeo y procesado: cosechadoras forestales y otros	157
3.1. Descripción y características	158

3.1.1. Máquina base. Primera clasificación de las cosechadoras.....	158
3.1.2. Cabezal de corte	163
3.1.3. Grúa hidráulica	172
3.1.4. Cabina.....	172
3.2. Clasificación de cosechadoras y procesadoras.....	174
3.2.1. Las máquinas cosechadoras	174
3.2.2. Las máquinas multitaladoras.....	176
3.2.3. Las máquinas procesadoras	177
3.2.4. Evolución de las cosechadoras y procesadoras forestales. Situación actual...	177
3.3. Técnicas y organización del trabajo. Procedimiento operativo para el apeo y procesado mecanizados.....	179
3.3.1. Procedimiento general.....	179
3.3.2. Planificación del trabajo	180
3.3.3. Manejo y conducción de la máquina	188
3.3.4. Criterios para la organización del trabajo.....	191
3.3.5. Apeo: procedimiento general y casos especiales.....	197
3.3.6. Apilado y clasificación: sistemas de trabajo	206
3.3.7. Planificación y cuantificación de la producción	214
3.3.8. Modalidades más comunes de uso de cosechadoras en España	215
3.4. Seguridad y salud	218
3.4.1. Evaluación de riesgos y medidas preventivas a adoptar en seguridad y salud.	218
3.4.2. Normas de seguridad en el mantenimiento y la reparación.....	222
3.4.3. Actuación en caso de fallo del sistema informático	230
3.4.4. Primeros auxilios y emergencias	232
3.5. Normativa básica con la cosechadora forestal	233
3.5.1. Normativa sobre prevención de riesgos laborales.....	233
3.5.2. Normativa medioambiental.....	234
3.6. Mantenimiento de las cosechadoras forestales	235
3.6.1. Generalidades del trabajo de mantenimiento y reparación	235
3.6.2. Números de serie y de producto	237
4. Los tractores forestales de desembosque	239
4.1. Descripción, características y componentes.....	239
4.1.1. El motor	239
4.1.2. Características de los elementos y componentes de los tractores forestales	248
4.2. Técnicas y organización del trabajo	276
4.2.1. Conducción general del tractor	276
4.2.2. Técnica de uso de los tractores arrastradores (skidders)	287
4.2.3. El tractor autocargador.....	297
4.3. Seguridad y salud	305
4.3.1. Introducción	305
4.3.2. Elementos de protección en maquinaria forestal.....	306
4.3.3. Medidas específicas de seguridad de los tractores forestales	311
4.3.4. Evaluación de riesgos y medidas preventivas a adoptar (seguridad, salud)...	314
4.3.5. Ergonomía e higiene para el manejo de maquinaria forestal	321
4.3.6. Situaciones especiales de riesgo.....	324
4.4. Mantenimiento	326

4.5. Otros medios de saca.....	327
4.5.1. Cables	327
4.5.2. Camiones	337
4.5.3. Desembosque aéreo	339
5. Aspectos ambientales	343
5.1. Impactos de las vías de aprovechamiento forestal	343
5.1.1. Identificación de los impactos.....	343
5.1.2. Medidas preventivas.....	348
5.1.3. Medidas de corrección.....	349
5.2. Impactos de la ejecución y saca de los aprovechamientos madereros mecanizados	350
5.2.1. Identificación de los impactos.....	351
5.2.2. Medidas preventivas.....	356
5.2.3. Medidas de corrección.....	359
5.3. Prescripciones y recomendaciones para la situación española.....	359
5.3.1. Particularidades	359
5.3.2. Medidas de posible aplicación.....	360
5.3.3. Aplicación a los Pliegos de Condiciones Técnico-Facultativas.....	361
5.4. Metodología de la identificación y valoración de los impactos de los aprovechamientos forestales	366
Bibliografía.....	371

1. INTRODUCCIÓN: LA MECANIZACIÓN FORESTAL

1.1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA

El comienzo de la mecanización de las operaciones de explotación forestal puede establecerse con la aparición de las máquinas precursoras de las **motosierras**. La primera patente conocida de sierra mecánica data de 1858, aunque sus características tenían poco que ver con las de las máquinas actuales: su fuente de energía era una máquina de vapor y, como elemento de corte, tenía una sierra de tipo alternativo. Como no era posible su empleo portátil, su utilización en monte fue anecdótica.

La verdadera motosierra apareció en 1911, cuando Charles Wolf y Frank Redman diseñaron una sierra con motor de explosión y un órgano de corte que era una cadena con dientes del tipo del tronizador americano: es decir, una combinación de dientes garlopa y dientes trazadores. El peso de la máquina superaba los 50 kg y sus posibilidades de utilización eran limitadas. Aunque no tuvo apenas aplicación práctica, supuso un primer avance: diversos constructores plantearon mejoras que sí fueron aplicables a los trabajos de aprovechamiento de los montes. Así, Andreas Stihl presentó en 1927 una motosierra de dos hombres, compuesta por un motor de gasolina de 7,5 CV con carburador de boya. Tenía una transmisión a un piñón que proporcionaba movimiento a una cadena de corte tipo tronizador. Corría sobre una espada de un metro de longitud que podía girar 45º y 90º para permitir cortes horizontales e inclinados. Aunque su peso era de 63,5 kg resultó funcional en el monte.

Terminada la Segunda Guerra Mundial, se incorporó un nuevo tipo de diente de corte en forma de L. Esta novedad se presentó en 1940 por la firma Hassler. Además, el carburador pasó de tipo boya a ser de membrana, lo que permitía el funcionamiento del motor en cualquier posición. Se sustituyó también la antigua transmisión a través de una caja de piñones por una directa y se incorporó una espada libre en uno de sus extremos. Todo esto configuraba una motosierra muy parecida a la de nuestros días, con un peso que permitía a un solo hombre manejarla fácilmente.

Desde aquellos años de posguerra hasta la actualidad, los avances han sido múltiples, pero sin duda los más destacables se han centrado en la **ergonomía y la seguridad**. El peso de las motosierras actuales apenas llega a los 5 kg. Poseen dientes anti retroceso, frenos de cadena automáticos y de acción directa, protectores de rotura de cadena, incorporan la

regulación electrónica del encendido y del régimen (las revoluciones del motor). Además, se pondera el respeto al **medio ambiente** limitando factores como la emisión de humos, y se tiene en cuenta la normativa sobre seguridad e higiene en el trabajo, investigándose las vibraciones y el ruido que producen para reducir al mínimo los efectos perjudiciales sobre los operarios que manejan estos artefactos de modo continuo.

En cuanto a la **maquinaria pesada**, una buena parte de su desarrollo se asocia a la maquinaria agrícola. Durante mucho tiempo, para realizar la saca o el desembosque de madera en el monte se adaptaban los tractores agrícolas por medio de aperos específicos. A lo largo del siglo XX, a las sencillas máquinas primitivas se fueron añadiendo motores diésel, frenos hidráulicos, cambios en las transmisiones y convertidores de par.

En los aperos, los cabrestantes fueron una mejora muy destacada en su momento al posibilitar arrastres y reuniones en zonas de difícil acceso para el tractor. El cabrestante y los arcos forestales conformaron la base de diseño de los primeros tractores **arrastradores**. El arco actuaba como un remolque, pero provocaba problemas de transitabilidad y maniobrabilidad, por lo que el siguiente avance lógico llevó a integrarlo como parte del tractor. Finalmente, en la segunda mitad del siglo XX, los sistemas de transmisión modernos con base conceptual hidrostática se incorporaron al diseño de las máquinas de arrastre y provocaron claras mejoras en su operativa y actuación.

El dominio de los tractores de arrastre (*skidders*) en la ejecución de la saca forestal fue evidente durante la mayor parte del siglo XX. La mayoría de la madera que se explotaba entonces y hoy en el mundo se extrae como árbol entero o madera larga, y el *skidder* tiene su principal razón de ser bajo estos esquemas. Es, sin embargo, menos útil con madera corta o trozas, y por tanto parecía evidente que habría que desarrollar máquinas de otro tipo destinadas a las explotaciones de madera corta. Por ello, a partir de 1980 las máquinas pesadas destinadas a trabajar con madera corta y en zonas de escasa pendiente, conocidas como **autocargadores** o *forwarders*, empezaron a cobrar gran peso. A ello ayudó de modo determinante el desarrollo de las industrias forestales en el norte de Europa, donde la orografía y el tipo de monte permiten prescindir de los *skidders* en gran medida.

La mayoría de las empresas importantes en el sector de la fabricación de maquinaria forestal detectaron esta oportunidad y se encargaron de aprovecharla. El desarrollo de los autocargadores fue muy importante porque sus máquinas base propiciaron los mayores avances conceptuales: el concepto hidráulico y el uso de sistemas basados en la hidrostática les permitió una versatilidad de diseño muy grande, ya que no era imprescindible colocar las diferentes partes de los motores de una manera rígida. Se podía jugar, con tal de mantener las presiones hidráulicas, con la colocación de las distintas piezas en sitios variados favoreciendo la estabilidad, la transitabilidad, la maniobrabilidad y el equilibrio. Como consecuencia de estos avances en el diseño y la tecnología, los fabricantes de autocargadores tuvieron gran desarrollo industrial, comercial y económico.

Este éxito les permitió introducirse en el campo de la mecanización del apeo por medio de **cabezales de corte**, la mayoría de las veces sobre máquinas base de autocargadores, y desarrollar el mercado de las **procesadoras o cosechadoras** que ha sido determinante en el avance de la mecanización. A finales del siglo XX buena parte de los grandes fabricantes de maquinaria forestal, fundamentalmente escandinavos y norteamericanos (tanto estadouni-

denses como canadienses), se centraron en las soluciones de apeo y procesado mecanizado y las fueron incorporando a todo tipo de maquinaria pesada: autocargadores, máquinas de obras públicas, máquinas simplificadas para el uso forestal... Aparecieron máquinas con orugas, con ruedas, con varias opciones de motores... En ese periodo, como consecuencia de estrategias empresariales basadas en las ventajas del mayor tamaño de las compañías, con fomento de las sinergias de las economías de escala, buena parte de esos grandes fabricantes se fusionaron o integraron. Empezaron los escandinavos: su idea era ser líderes del sector y compraban o se unían a compañías que les completaban su gama de productos, aportando maquinaria tipo *skidder* o cabezales de procesado. Algunos ejemplos de estas operaciones pueden recordarse: la creación del mayor imperio de maquinaria forestal (el holding FMG, *Finnish Machinery Group*), liderado por la entonces potente empresa Rauma Repola OY (mayor fabricante de la época de autocargadores) junto con la canadiense Timberjack (muy fuerte en *skidders*) y la francesa Cemet (muy avanzada en el segmento de soluciones de procesado); la "joint venture" de la siempre innovadora Norcar Oy (pionera en el uso de las soluciones hidráulicas en máquinas forestales) con la norteamericana Blunt; o la búsqueda de socios comerciales por parte de Valmet para explotación de madera corta. También fondos de inversión y especulativos, como Interpolator, ajenos al mundo forestal pero seguros de la potencial revalorización de las empresas de maquinaria, realizaron compras de varias compañías para fusionarlas como inversión ganadora.

De esta forma, a principios de los años 90 del siglo pasado estaba claro que las empresas que habían optado por fabricar máquinas tipo autocargador y añadirles soluciones de procesado no solo estaban más avanzadas tecnológicamente, sino que se mostraban más agresivas en estas estrategias de fusión. Todo ello reducía el número de fabricantes y de suministradores de equipos y piezas, hasta el punto de que cuando alguien optaba por una máquina u otra, en muchos casos provenían de conceptos y trabajos de diseñadores industriales comunes. Las **innovaciones** también se iban pareciendo: máquinas de menor anchura, radios de giro mínimos, ruedas blandas, transmisión suave, búsquedas de reparto de peso más apropiadas a la inestabilidad del trabajo en el monte, cabinas seguras y ergonómicas equipadas con todos los adelantos tecnológicos... Baste decir que algunas de las soluciones empleadas en esta maquinaria han servido para posteriores diseños de camiones (las cabinas de los Volvo BM, por ejemplo) o de coches (la innovadora solución de aligeramiento del peso del semichasis de las máquinas procesadoras Ponsse, carrozadas en aleaciones de aluminio).

Esta es la situación con la que se llega a los comienzos del siglo XXI. La fuerte crisis económica, que se adelantó en el sector forestal a otros sectores, tuvo una repercusión importante. Muchas de las empresas históricas de maquinaria, convertidas en grandes monstruos con dificultades de financiación, se han visto desde entonces enormemente afectadas y se han producido numerosos cierres industriales. En otros casos se ha optado por independizar y vender unidades de negocio para centrarse en las partes rentables del proceso: fabricación, comercialización, mantenimiento, ingeniería, ejecución... Baste decir que, entre 2008 y 2009, la producción de las industrias forestales de los principales países desarrollados sufrió importantes retrocesos que en algunos casos llegaron al 25%. El volumen de la madera en rollo extraída de los montes retrocedió igualmente. El parón en la comercialización de maquinaria pesada ha sido, lógicamente, muy importante. El único subsector que ha experimentado cierto desarrollo ha sido el ligado al uso energético de la madera, en buena parte debido al nuevo auge de la biomasa.

En todo este periodo se han producido, sin embargo, avances positivos en otros aspectos de la mecanización, como el **impacto ambiental**. Los efectos que las procesadoras y los autocargadores puedan causar al suelo al recorrerlo una y otra vez son ahora muy distintos a los de las máquinas antiguas. El gran avance histórico en este aspecto también se produjo en los 80, con la pionera legislación sueca que establecía normas de homologación de maquinaria forestal basadas en un límite muy bajo de daños: por ejemplo, no permitiendo daños en más de un 5% de la masa remanente afectada en una explotación mecanizada. O la inclusión como daños computables no solo de los fustes y ramas maderables, sino también de descalces de raíces, rodadas, suelos, etc. Tras los suecos, el conjunto de los fabricantes escandinavos se adhirió a estas homologaciones de fabricación. La ya citada época de dominio comercial que ejercieron estos fabricantes en esos años hizo que sus máquinas concebidas para estos requisitos se extendieran por el mundo. Los posteriores criterios de certificación han afianzado la demanda global de estas normas de sostenibilidad e impacto ambiental.

1.2. EVOLUCIÓN DE LOS APROVECHAMIENTOS FORESTALES EN ESPAÑA

Debe citarse en este breve repaso a la historia de la mecanización que existieron y existen algunos **fabricantes españoles** de maquinaria, de pequeño tamaño si los comparamos con los internacionales, pero solventes y adaptados a la realidad de nuestras masas forestales. Ya en los ochenta fue relevante la aparición de Tecform, empresa participada por el mayor consumidor de madera en rollo industrial español (Ence). De su fábrica de Sevilla salieron importantes modelos de *skidder* y autocargador. También fue relevante el papel indirecto de la propia Ence al comprar máquinas de uno u otro tipo que permitían incorporar a la explotación española las nuevas tecnologías. Posteriormente otras empresas han aportado su trabajo en este campo, con resultados muy interesantes: Dingo, Forcar, Monra... Y también es justo recordar que las empresas distribuidoras de las máquinas importadas ayudaron de forma determinante a la creación del mercado nacional de maquinaria: compañías como Metsa, Biurraurena, Guifor... Muchas de ellas no solo importaban y vendían máquinas sino que, ante las lógicas reticencias de los maderistas locales a embarcarse en inversiones tan importantes, alquilaban o trabajaban con sus propias máquinas en el monte intentando crear mercado por medio del ejemplo.

Los últimos años en España han sido **económicamente** muy variados, con un ciclo alcista de gran envergadura y una profunda crisis aún sin salvar. Como consecuencia, y por la relación entre los aprovechamientos forestales y la industria, se ha vivido una situación cambiante que ha dejado avances importantes en la ejecución técnica del aprovechamiento, pero ha mantenido muchos problemas estructurales, agudizados por las dificultades financieras de las empresas de este subsector.

Políticamente se ha consolidado la falta de interés en la explotación y la dominancia del enfoque social. Pero aunque la crisis haya sido también perjudicial para los aprovechamientos, abre una interesante oportunidad: el interés por reactivar la economía, proporcionando mano de obra que absorba en parte el excedente no cualificado abandonado por la construcción. Algunos ojos se vuelven hacia el sector forestal y a la potencialidad de los montes como solución. Y es cierto que existen oportunidades aunque para aprovecharlas se deben

cambiar muchos de los problemas estructurales del ámbito forestal, algo difícil de conseguir sin una voluntad política firme.

Existen sin embargo actuaciones que nos permiten ser optimistas y que han tenido lugar en los últimos años:

- Ha aumentado la **mecanización** y se ha **renovado un parque de maquinaria** que era muy anticuado. Varias comunidades autónomas tienen líneas de subvenciones con ayudas de hasta el 35% del precio de compra. Esta ha sido la medida de apoyo al sector mejor valorada por parte de las empresas. Se han adquirido, sobre todo, cosechadoras, autocargadores y maquinaria específica de aprovechamiento de biomasa. La cuantificación de ayudas concedidas entre los años 1996-2006 aparece en la tabla 1.1. Puede entenderse mejor la relevancia de estas acciones sabiendo que un 30% de las empresas de explotación forestal en Galicia han adquirido maquinaria con subvención, principalmente cosechadoras forestales, y prácticamente todas las empresas en Asturias han adquirido nueva maquinaria.

CCAA	Años y cantidad
Galicia	1995-1996: 2.500.000 euros/año 2001-2006: 5.360.000 euros/año
Cataluña	2002: 415.479,67 euros/año 2003-2004: 1.467.248,36 euros/año 2005-2006: 1.800.000 euros/año
País Vasco	1995-2005: 120.000 euros/año

Tabla 1.1. Subvenciones a la compra de maquinaria forestal entre 1996 y 2006 (Fuente: Ambrosio y Tolosana, 2006)

Esta adquisición de máquinas nuevas en todo el norte de España y en Castilla y León implica una clara mejora en el impacto de las operaciones, aunque también implica trabajar de forma continua para hacer frente a los costes financieros. Los elevados costes de amortización de la maquinaria no permiten pararla en ninguna época del año.

- Ha aparecido un **nuevo tipo de empresas** de aprovechamientos que presta servicios a otras, sumándose al rematante tradicional y a las empresas de transformación de la madera. Suelen ser subcontratados como autónomos (siendo muy destacable el caso de los maquinistas propietarios de cosechadoras) y por su menor capacidad financiera para realizar compras de madera en subastas, se centran en la ejecución de la explotación. La mayoría de los implicados, sin embargo, le dan a este viraje un carácter temporal, ya que creen que en cuanto se vean más desahogados volverán a trabajar de forma independiente.
- Las comunidades autónomas, por fin, **planifican mejor sus cortas anuales** y así las empresas e industrias saben cuánta madera se va a cortar en un año y cómo organizar y programar las compras. Esto facilita afrontar con realismo las necesidades de mecanización. Además, junto con la mencionada falta de liquidez de algunas empresas ejecutoras, ha provocado un positivo cambio en la opacidad del mercado de las

subastas, siendo menores en número y efecto los indeseables pactos previos para fijar precios de licitación.

- Las empresas de tamaño grande han aumentado su eficacia en la **lucha contra la siniestralidad laboral**, dando formación a sus empleados e investigando en equipos y materiales adecuados para el trabajo en condiciones duras. Se ha logrado que disminuya el número de accidentes. Los testimonios de los responsables de las explotaciones forestales apuntan a que los trabajadores inmigrantes, una vez superado el problema del idioma, cumplen mejor las medidas de seguridad, en el sentido de que se ponen los EPIS y no se los quitan a lo largo de la jornada laboral. Esto es muy destacable, ya que hasta la crisis del año 2008 la **dificultad de encontrar mano de obra** era grande, siendo inmigrantes quienes mayoritariamente han ocupado los puestos de motoserrietas y apiladores. La dureza del trabajo y la baja remuneración no han ayudado a que en momentos de elevada demanda en la construcción se cubriera fácilmente con trabajadores de la zona la necesidad del subsector de aprovechamientos. Incluso se han dado casos de motoserrietas, y sobre todo apiladores, que abandonaban su puesto de trabajo tras un solo día de labor. Aquí la mecanización juega un papel relevante ya que disminuye la exigencia física de los trabajos y proporciona más seguridad a los trabajadores.

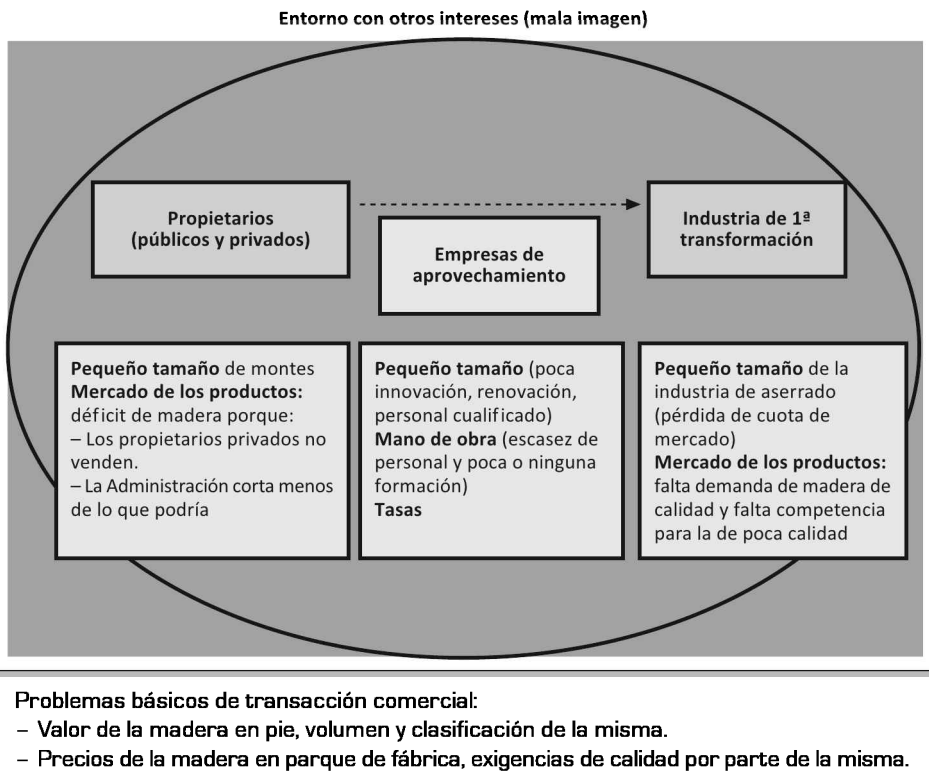


Figura 1.1. Problemática de las empresas de aprovechamiento forestal (Fuente: Ambrosio y Tolosana, 2008)

- El aprovechamiento de la **biomasa forestal** ha surgido con fuerza y es tanto un aumento de los usos de los recursos forestales como una oportunidad importante de trabajo. Lógicamente, plantea retos a superar, especialmente la necesidad de inversión en compra de equipos adecuados para el tratamiento y transformación de la biomasa con la dificultad que esto conlleva en un mercado en desarrollo no consolidado. Ya se ha mencionado antes que en este sector ha aumentado la mecanización claramente. En estos últimos años algunas empresas han colaborado con centros de investigación en líneas de desarrollo de tecnología adecuada para la recogida de biomasa, patentándose algunas máquinas muy interesantes (empacadoras de TRABISA, MONRA, Marinero-SERRAT, etc.).

La **parte negativa**, es decir, algunos de los problemas más destacables que no se han resuelto, incluiría los siguientes epígrafes:

- Las **estadísticas** del sector son inadecuadas, imprecisas o no existen. Si se desconocen los problemas con cifras no se pueden afrontar las soluciones, argumentar técnica o políticamente, reivindicar ayudas o proponer acciones para desarrollar el sector. A continuación se detallan tres ejemplos concretos:
 - Los datos de maquinaria existente son ambiguos e incompletos. Los de maquinaria importada también son de difícil localización.
 - El número de empresas, la facturación y los empleos que genera el sector forestal son imprecisas. Es difícil disgregar las estadísticas específicas sobre empresas de aprovechamiento forestal ya que los datos aparecen junto a otras con mayor número de trabajadores y facturación.
 - El número de siniestros laborales del sector también se desconoce. Algunos se registran de forma errónea, otros no se notifican a las autoridades laborales y en ocasiones los accidentes no cuentan ya que la ley de seguridad y salud solo contempla los accidentes por cuenta ajena, cuando son muchas las empresas de autónomos que ejecutan los aprovechamientos.
- Las empresas de aprovechamientos siguen siendo fundamentalmente **micropymes** (con menos de 10 trabajadores). Y aunque esto no es necesariamente un inconveniente para el sector, limita mucho la disposición de capital para inversiones, la formación de los trabajadores, la capacidad de gestión de los técnicos (que muchas veces ni existen) y el peso social y político que tienen. El perfil de estas empresas, en definitiva, conlleva una negativa falta de formación adecuada dentro de los programas de formación profesional. Además, las **asociaciones profesionales** que agrupan empresas de aprovechamientos forestales incluyen también otras de transformación de la madera, diluyendo sus reivindicaciones entre problemática diferente. Un resumen de las dificultades de las empresas de aprovechamientos puede verse en la figura 1.1.
- Sigue existiendo escasez de mano de obra y de personal con **formación**. La necesidad de planes formativos adecuados es una tarea pendiente. El aumento de la mecanización, además, hace que el perfil del trabajador futuro exija presencia de informática en la maquinaria, interconectividad con sistemas geográficos, visuales

- y operativos, trasvase de datos por interfaces múltiples, conectividad a redes y dispositivos digitales, etc. Integrar este perfil en un sector poco formado no será tarea fácil. Sin embargo, sí debe resaltarse que la reciente incorporación de nuevos módulos forestales a la **Formación Profesional** (AGAE 0108, AGAR 0108, MF 1116_2, MF 1117_2, MF 1121_2, UF 0267, UF 0270, UF 0273) y muy concretamente los referidos a mecanización de las operaciones mejorarán la capacitación de los futuros trabajadores de manera importante. Esta es una decisión que, bien articulada, puede tener enorme trascendencia y ayudaría a resolver el problema aquí reflejado.
- **Socialmente**, el subsector sigue siendo desconocido y malinterpretado. La tradicional criminalización de las cortas, el aprovechamiento y la mecanización que se desarrolló desde la década de los 70 ha dejado algunos tópicos firmemente asumidos en amplios sectores de la sociedad. Aunque cada vez es más clara la rectificación en estos temas por algunos sectores de gran peso en la opinión pública (figura 1.2), aun llevará tiempo cambiar la percepción global.

Miguel Ángel Soto: «A veces, tan importante como plantar árboles es cortar árboles».

«Un deseo para 2011: menos tasas de deforestación mundial, menos incendios que en 2010 en las masas forestales españolas, más superficie forestal con un plan de gestión forestal y un mayor consumo de productos de origen forestal».

Miguel Ángel Soto, responsable de la campaña de Bosques de Greenpeace, realiza una valoración sobre la gestión forestal a la vista del recién estrenado 2011, Año Internacional de los Bosques.

Entre otros aspectos señala que «en España podríamos aprovechar el año para recordar a la ciudadanía que tenemos una superficie forestal considerable pero marginada en la agenda política y en los presupuestos. Podríamos, además de plantar árboles (algo siempre positivo), decir a la sociedad que hay que cortar: además de para producir bienes (madera, corcho, resina, papel), la gestión forestal es necesaria en gran parte de esa superficie. Hay que reducir la densidad de muchas zonas con exceso de arbolado, en antiguas repoblaciones y también en zonas regeneradas a partir del abandono del medio rural. A veces, tan importante como plantar árboles es cortar árboles. El desarrollo de la biomasa como una fuente de energía renovable podría ayudar a valorizar estos aprovechamientos y trabajos forestales».

Además aborda temas como la deforestación, las plantaciones de eucalipto en España y una valoración sobre los datos de los incendios forestales en los últimos años. El artículo completo está disponible en el siguiente enlace.

11 de enero de 2011 [Internacional]

Fuentes: 1. Greenpeace

Figura 1.2. *Declaraciones del responsable de asuntos forestales de Greenpeace España con motivo del Año Internacional de los Bosques (2011)*

- **Políticamente**, la Ley de Montes de 2003 y sus modificaciones de 2006 han establecido leves variaciones en el aprovechamiento, pero es en el ámbito autonómico donde más normativa, beneficiosa y perjudicial, se ha elaborado. La falta de libre concurrencia en el mercado, aunque no ha desaparecido, sí se ha amortiguado. También la ejecución de las explotaciones implica el conocimiento de crecientes directrices no siempre lógicas o comprensibles y casi nunca armonizadas entre autonomías. Aun así, el aprovechamiento mecanizado no debe temer que se le restrinja en lo justificado, y la certificación forestal o los sistemas de calidad han de integrarse entendiendo que deben implicar un compromiso de gestión, es decir, una garantía de que, cumpliendo esos requisitos, habrá un argumento de peso para evitar que se impida la ejecución de las cortas, al significar precisamente lo contrario, es decir una garantía de que se está explotando conforme a la ley y en una manera socialmente aceptada. Sería apropiado profundizar en este concepto de blindaje de la faceta productora de los montes como herramienta imprescindible para una gestión sostenible. El mensaje social y político debería ser que un monte mejora con la realización sostenible de las cortas, y que su no ejecución pondría el futuro de ese monte en riesgo grave.

1.3. PERSPECTIVAS DE LA MECANIZACIÓN

Los avances en mecanización se han producido aun en épocas en que los costes de mano de obra eran relativamente bajos. Pero puede entenderse que el progresivo encarecimiento de estos no hizo sino reforzar su utilidad y desarrollo. En toda Europa se ha producido una disminución del peso del coste laboral en el coste unitario de la madera gracias al aumento de la productividad. La mecanización se ve favorecida también porque la alternativa manual es un trabajo exigente y duro, desarrollado en condiciones climatológicas adversas. En muchas ocasiones, el aprovechamiento forestal absorbe trabajadores que no encuentran empleo en otros campos, y que ven el tajo forestal como algo temporal hasta encontrar un sector mejor: más estable, mejor remunerado y más descansado. Esta realidad explica el tradicional retraso en la formación profesional de los trabajadores, que lleva a datos muy preocupantes como la alta tasa de siniestralidad laboral en España, superior a la existente, por ejemplo, en la construcción.

No debe entenderse sin embargo que la disyuntiva aprovechamiento mecanizado del monte/aprovechamiento manual implica que una opción excluye la otra obligatoriamente: cada vez más, las propuestas de **gestión sostenible** (certificación, ecoauditoría, etc.) combinan ambas. Reservan zonas para el aprovechamiento manual, áreas de corta concretas y en muchos casos, puntuales, dentro de extensiones que sí pueden y deben mecanizarse. La imagen futura de un aprovechamiento tiende así a una combinación de ambas opciones: la mecanizada, dominante y mayoritaria, y la manual, complementaria y relevante. En cualquier caso, en un tema como este es fundamental mantenerse informado permanentemente de los cambios generados, ya que los avances tecnológicos son constantes y los modelos de máquinas, sus necesidades y prestaciones pueden quedar desfasados con rapidez.

Por último, los autores creemos que la mayor asignatura pendiente en el aprovechamiento forestal, y por tanto en la mecanización, es la realización de una adecuada **planificación**

previa a la operativa. Quizás sea este el mayor objetivo que habría que plantear para el futuro de la mecanización: realizar una apropiada planificación en todos los casos. Por este motivo, hemos incidido en incorporar pautas de planificación en todos los capítulos, y en darle gran peso. Debe recordarse el viejo refrán forestal: una buena planificación es la mitad del trabajo hecho.

2. LA MOTOSIERRA Y OTRAS MÁQUINAS FORESTALES PORTÁTILES

2.1. LA MOTOSIERRA: DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS Y COMPLEMENTOS

2.1.1. Elementos principales

La motosierra es una herramienta de trabajo que sirve para apeaar árboles, desramarlos, tronzar y podar, así como para otras operaciones auxiliares. Consta esencialmente de dos partes (Figura 2.1):



Figura 2.1. Descripción general de la motosierra

- a) **Conjunto motor**, cuya función es suministrar la energía necesaria para el corte. Está compuesto por:
- Motor.
 - Sistema de encendido.
 - Sistema de carburación.
 - Sistema de arranque.

- Embrague.
- Piñón de arrastre.

b) Conjunto de corte, diseñado para utilizar adecuadamente la energía del motor en la ejecución del corte. Se compone de:

- Espada o barra guía.
- Cadena de corte.
- Sistema de engrase.

Además, hay otros componentes que sirven para mejorar la **seguridad** o la ergonomía, destacando entre ellos los siguientes:

- Manillar.
- Freno de cadena.
- Dientes de apoyo.
- Silenciador.
- Filtro catalizador de los gases de escape.
- Regulador de régimen del número de revoluciones.

También debe recordarse que se precisan diferentes **herramientas auxiliares** tanto para el mantenimiento de la motosierra (bidón de combustible, limas, llave multiuso...) como para el apoyo en la ejecución de ciertas tareas (ganchos madereros, cintas métricas, cuñas, giratronicos...). Por último, hay que enfatizar que es necesario usar equipos de protección individual para mejorar la seguridad y **salud** de los trabajadores.

2.1.2. Tipos de motosierras

Las motosierras se pueden clasificar atendiendo a diversos criterios: potencia, marcas, tipo de motor, etc. En este libro se ha elegido el **criterio de uso**, es decir, el tipo de trabajo a realizar. Bajo este criterio se puede distinguir:

- **Uso doméstico.** Se caracteriza porque las máquinas empleadas tienen motores eléctricos. Sus potencias son bajas y el coste de adquisición es reducido. Lógicamente, no pueden ejecutar trabajos que precisan potencia elevada, estando habitualmente su límite en 2,6 CV y teniendo cilindradas entre 30 y 50 cm³.
- **Uso para jardinería.** Incluye máquinas para ejecutar cortes de ramas de pequeño diámetro y arbustos. Sus potencias están entre 2,7 y 3,6 CV y su cilindrada varía entre 41 y 64 cm³. Muchas motosierras para empleo en jardinería tienen motor de cilindro horizontal, es decir, girado 90º respecto a la ubicación de los cilindros en motosierras de uso forestal. Esto permite situar el mango encima del motor y facilita el manejo. También es importante destacar las motosierras en las que el elemento de corte se sitúa en el extremo de una pértiga (**Figura 2.2**). Esta pértiga permite al operario ejecutar podas hasta 4 m de altura. El motor se ubica en el extremo que maneja el operario. Estas motosierras se cuelgan mediante arnés en el cuerpo del operario y su motor es de explosión.

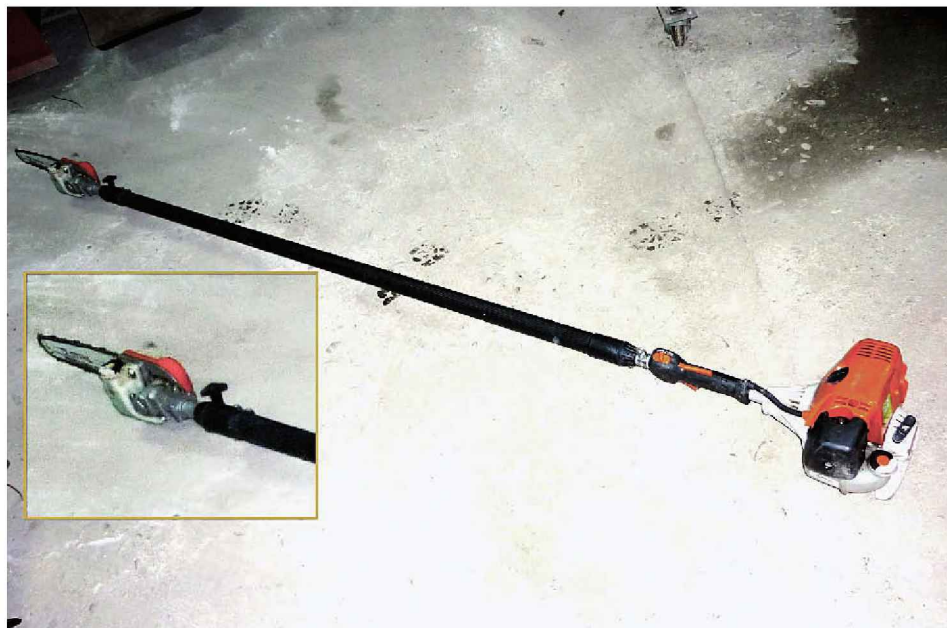


Figura 2.2. Motosierra de pértiga para la poda

- **Uso forestal.** Es uno de los usos más exigentes para las motosierras. Como aproximación, se usan motosierras de entre 3,7 CV y 4,6 CV con cilindradas comprendidas entre 54 y 77 cm³. No obstante, dentro del mundo forestal existen diversos requerimientos, ya que no es lo mismo apear chopos (diámetros medianos y madera blanda) que, por ejemplo, realizar una clara de coníferas (corta de pinos de pequeño diámetro y madera semidura).

Las motosierras recomendadas para uso forestal tienen una potencia entre 3,7 CV y 4,6 CV y su peso oscila entre 4 y 7 kg

- **Usos específicos.** Las motosierras con valores superiores a 4,6 CV ya son de gran potencia y peso. Los distintos fabricantes ofrecen estas máquinas para equipos de emergencia, para cortar materiales más duros que la madera o bien para trabajar con árboles de grandes dimensiones (por ejemplo, cortas finales con diámetro en la base del árbol superior a 50 cm). A nivel anecdótico se debe resaltar que existen competiciones de motosierras, equivalente a la Fórmula 1 en coches, donde se prueban máquinas con potencias de hasta 300 CV.
- Pese a su restringido uso, debe mencionarse que hay motosierras de gasolina de muy reducido tamaño y peso que se destinan a arboricultura (es decir, operaciones de detalle en árboles de alto valor ornamental), usos artísticos (ejecución de esculturas en madera) u otros.

2.1.3. Partes de la motosierra

2.1.3.1. Descripción general del motor

Las motosierras empleadas en el sector forestal montan **motores de dos tiempos con un cilindro (Figura 2.3)**. Los fabricantes han considerado el peso del motor como la característica más importante para el diseño. Por ello, a diferencia de otros motores de explosión como los de la mayoría de los coches, el motor de la motosierra es de dos tiempos, que es más ligero a igualdad de potencia. Los dos tiempos hacen referencia a los procesos que tienen lugar dentro del cilindro: en un motor de dos tiempos, la explosión y expulsión de gases se hace en un único movimiento del pistón, y en el siguiente movimiento se produce la aspiración de la mezcla carburante y la compresión.

Las motosierras de uso forestal se accionan mediante **motor de gasolina de dos tiempos y un cilindro**

Un motor de dos tiempos está compuesto por las siguientes piezas:

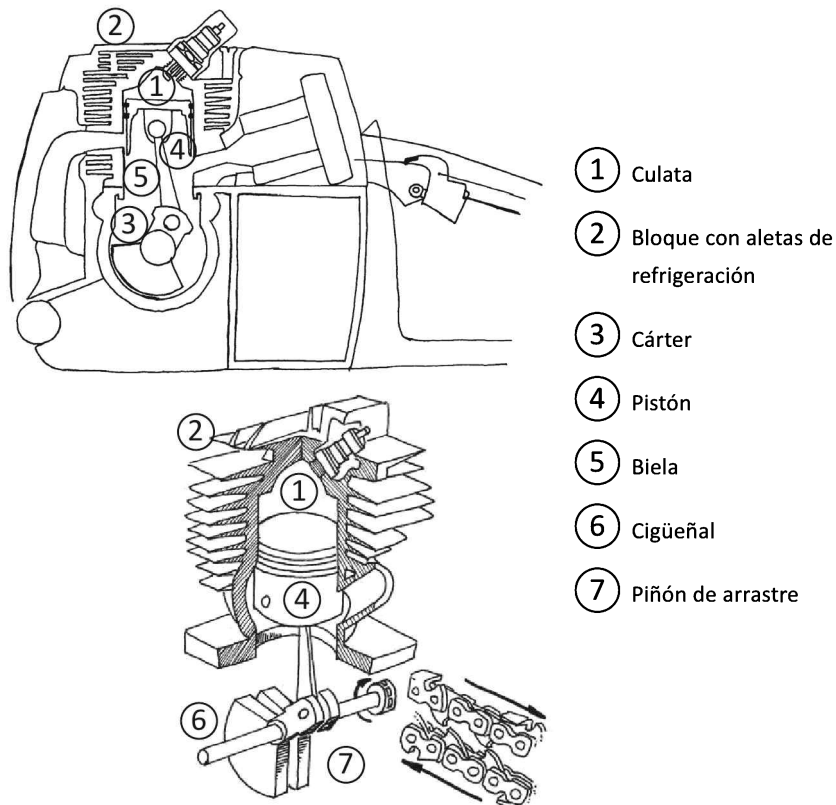


Figura 2.3. Detalle del motor de una motosierra

Bloque motor

Alberga el cilindro y por tanto la parte donde se produce la explosión del combustible. La explosión provoca el movimiento del pistón puesto que los gases resultantes tienden a expandirse y a empujar.

El pistón es empujado por la expansión de los gases y transmite el movimiento a la biela y después al cigüeñal. A la vez que el pistón es empujado hacia el cárter, precomprime la mezcla que sale del carburador, para que entre más rápidamente y en mejor posición en la cámara de combustión (**Figura 2.4**). El cigüeñal hace girar un piñón que trasmite el movimiento a la cadena de corte.

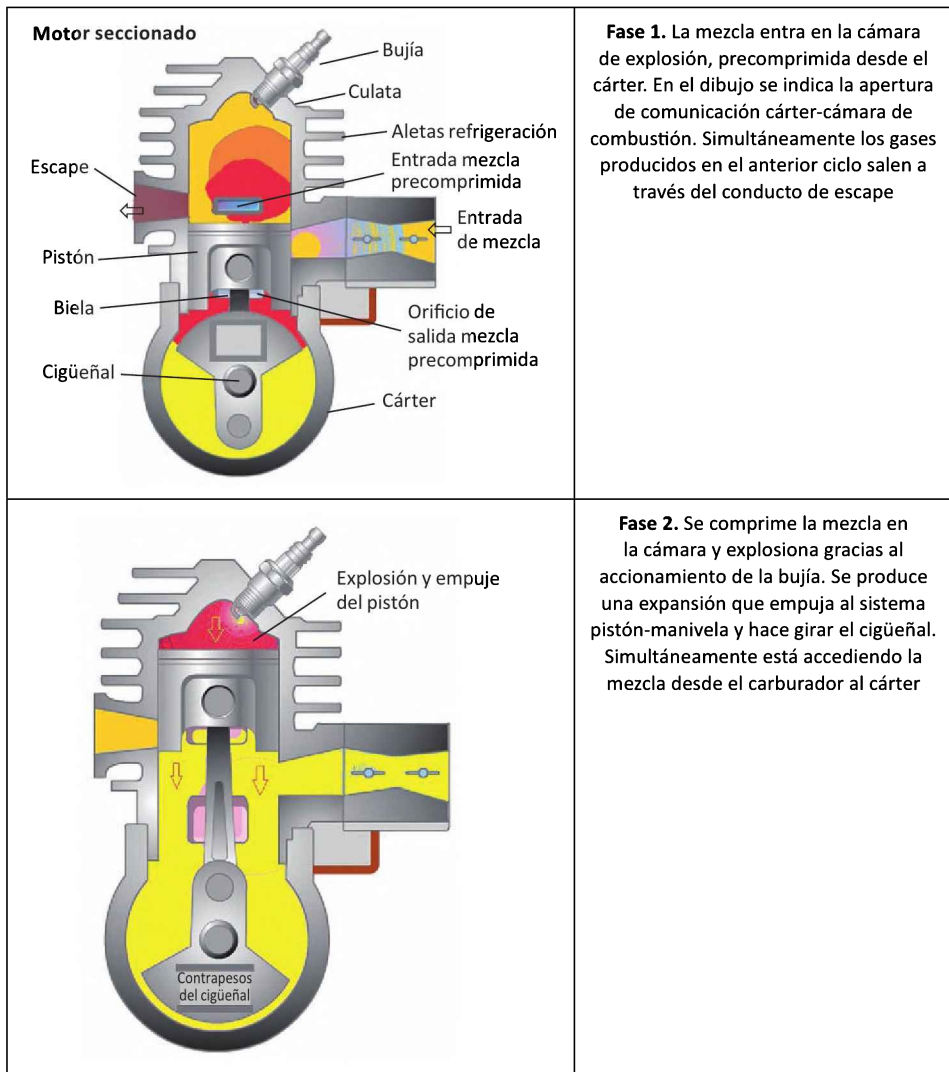


Figura 2.4. Detalle de las fases del motor de dos tiempos

Sistema de alimentación

Para que se produzca la explosión en el cilindro es necesario que el combustible llegue en la dosis adecuada. El conjunto de piezas que lo permiten constituyen el sistema de alimentación. Está formado por el colector de aire y el carburador, el depósito de gasolina y la bomba de gasolina.

El **motor** está diseñado para que el operario pueda mover y voltear la motosierra sin que deje de funcionar

- **Depósito de combustible.** Es una cuba de material sintético, visible exteriormente, donde se vierte el combustible. El combustible es una mezcla de gasolina y aceite especial. La cuba consta de un orificio de entrada que comunica el depósito con el exterior. Este orificio tiene un tapón que el operario abre y cierra cada vez que quiere repostar. Este tapón cuenta con un pequeño orificio que comunica el depósito con el exterior y evita que al succionar el carburante se haga el vacío en el depósito. Este orificio tiene una válvula que evita el derrame de combustible al exterior.
- **Tubo de alimentación de combustible.** Uno de sus extremos se encuentra en el interior del depósito de combustible y está dotado de un lastre para que en todo momento siga los movimientos de la motosierra y pueda aspirar el combustible. Este sencillo mecanismo permite el volteo de la motosierra sin perder la capacidad de alimentación. El otro extremo del manguito se abre al carburador.
- **Filtros de combustible.** Sirven para impedir que las impurezas obturen los orificios o chiclés de salida del carburador. Dada la abundancia de polvo en los entornos de trabajo de las motosierras, el sistema de carburación dispone de dos filtros: uno a la entrada del tubo de alimentación y otro anterior a la bomba de la membrana del carburador.
- **Carburador.** Su función es mezclar combustible y aire y dosificarlos. Es una pieza importante cuyo diseño es diferente al de otros motores de explosión y que permite que la motosierra pueda trabajar en cualquier posición. El carburador de boya clásico de otros motores solo trabaja en posición vertical y al variar esta posición se ahoga.

El carburador de membrana de las motosierras consta de dos partes: una funciona como bomba y la otra como carburador propiamente dicho, regulando la proporción de mezcla de combustible y aire (**Figura 2.5**).

- La **bomba** está formada por una cámara con una membrana que comunica por un lado con las entradas de combustible desde el depósito y de aire del exterior y por otro con el cárter. Cuando en el cárter se produce una depresión, la membrana se comba succionando la mezcla de gasolina y aceite del depósito de combustible y pasándola a la cámara del carburador, así como aire del exterior a través del correspondiente filtro. Durante la marcha del motor, la cámara de la membrana reguladora se llena con combustible (parte superior de la figura 2.5).

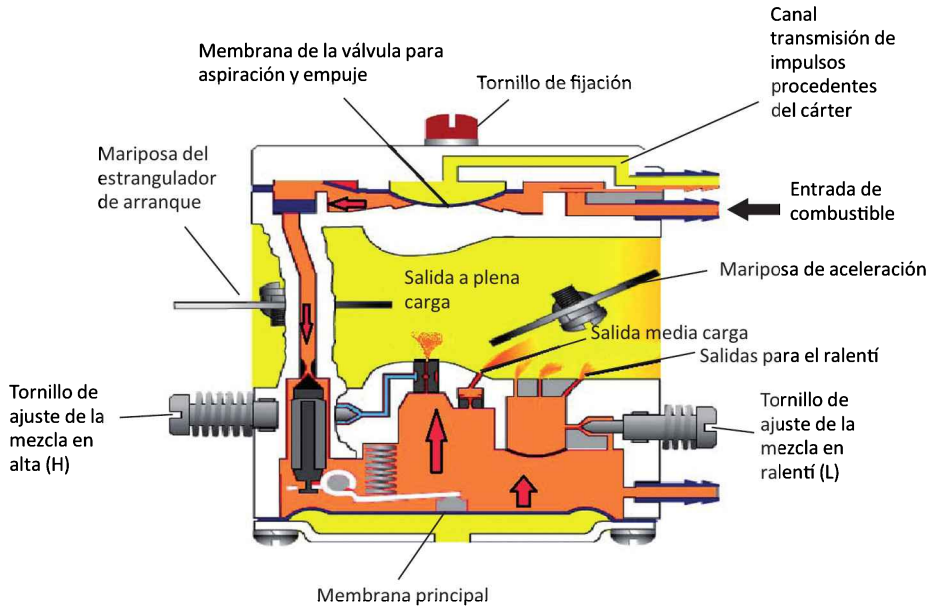


Figura 2.5. Esquema del carburador de membrana. Las flechas rojas indican la circulación del combustible. La mariposa de aceleración está en posición de media carga

- El carburador también dispone de un **depósito** que comunica con el difusor (parte inferior de la figura 2.5). El nivel de este depósito está regulado en la entrada por una válvula de aguja unida a un resorte, y en la salida por dos orificios o surtidores (de ralentí y principal).

Hay innovaciones tecnológicas del motor como el sistema *Compression Wave Injection*, cuyo fabricante certifica que interpone entre carburador y cilindro un sistema de inyección para reducir el porcentaje de inquemados, mejorando la eficiencia y disminuyendo la contaminación.

Refrigeración

El motor en cada explosión genera calor. Este calor debe disiparse para no deteriorar los materiales. **Las motosierras se refrigeran por aire**, sistema menos eficaz que la refrigeración por agua, pero más sencillo y ligero. Esto justifica su elección.

Para permitir el paso del aire y mejorar su enfriamiento, culata y bloque tienen unas aletas de refrigeración. También el volante del sistema de arranque tiene aletas de ventilación que fuerzan la circulación del aire. La cubierta del cilindro dirige el aire hacia el mismo cilindro.



Figura 2.6. Aletas del volante del sistema de encendido

Sistema de arranque y encendido

El sistema de arranque está compuesto por una empuñadura de plástico fácilmente identificable en el chasis de la motosierra. La empuñadura acciona un cable o cuerda de nylon y este mueve un carrete o tambor, que se acopla al volante magnético (figura 2.7). El sistema de encendido consta de este volante magnético que produce el movimiento del pistón y el accionamiento de la bujía y la explosión inicial de arranque (figura 2.8). El accionamiento de la bujía se produce porque asociados al volante hay una bobina, un diodo, un tristor y un condensador. Esta descripción corresponde al sistema de encendido denominado **electrónico**, que es el más usual entre las motosierras.

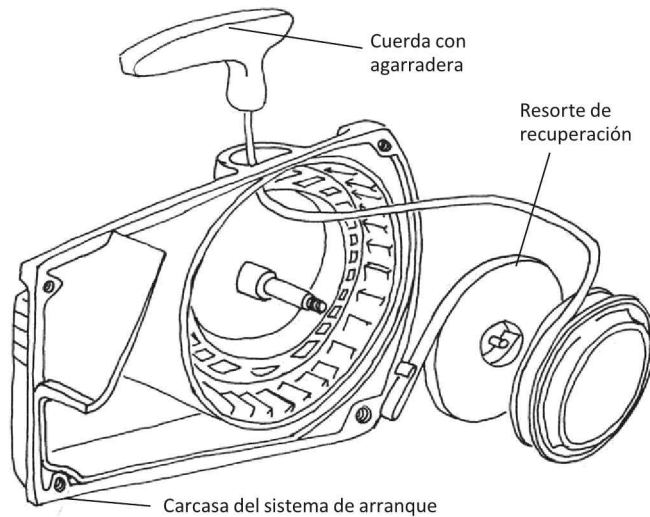


Figura 2.7. Detalle del sistema de arranque +

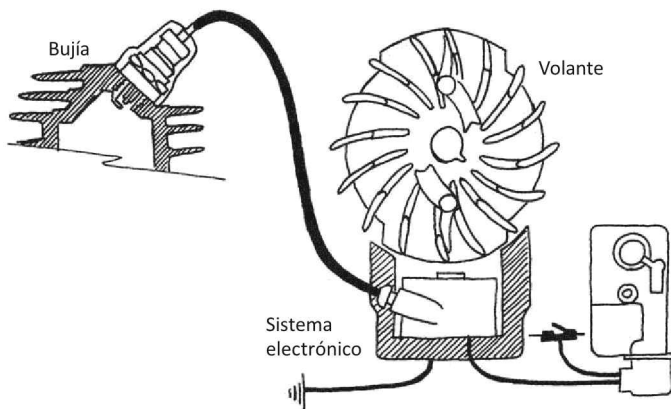


Figura 2.8. Detalle del sistema de encendido

Los fabricantes de motosierras ofrecen productos completos (el conjunto motor-espada-cadena de corte) y a través de sus tablas y definiendo el tipo de trabajo aconsejan unos u otros. Sin embargo, un especialista puede elegir su propia motosierra, conociendo sus necesidades y qué características técnicas se adaptan mejor a ellas.

Embrague y piñón de arrastre

El embrague de la motosierra comunica el movimiento del motor al elemento de corte. Se llama **centrífugo** porque, al superar el cigüeñal un cierto régimen de vueltas se produce el acoplamiento del embrague con el resto de la transmisión por la acción de la fuerza centrífuga. Así se produce la transmisión del movimiento a un piñón que a su vez arrastra la cadena. Si no se superan ciertas revoluciones por minuto —esto es, si no se acelera la motosierra—, el embrague no transmite al piñón de arrastre el movimiento del cigüeñal y, aunque el motor esté en marcha, la cadena no se mueve. Esto es importante: si la cadena se moviera estando la motosierra al ralentí sería peligroso para el operario. Cuando se detecta que esto pasa, hay que comprobar el estado del embrague.

El embrague centrífugo consta de una **carcasa circular hueca** (o tambor) unida al piñón de arrastre y que contiene en su interior varias piezas metálicas o zapatas. Estas **zapatas** giran solidarias con el cigüeñal, pero en reposo o a bajo régimen de revoluciones no llegan a tocar la carcasa metálica al estar retenidas por uno o varios **resortes**. Al aumentar las r.p.m. la fuerza centrífuga hace que las zapatas, venciendo la resistencia de los citados resortes, se acerquen a la carcasa. Cuando contactan con ella la hacen girar. En ese momento, la carcasa pone en movimiento la cadena por medio del piñón de arrastre. Los elementos del embrague centrífugo de una motosierra se muestran en la figura 2.9A.

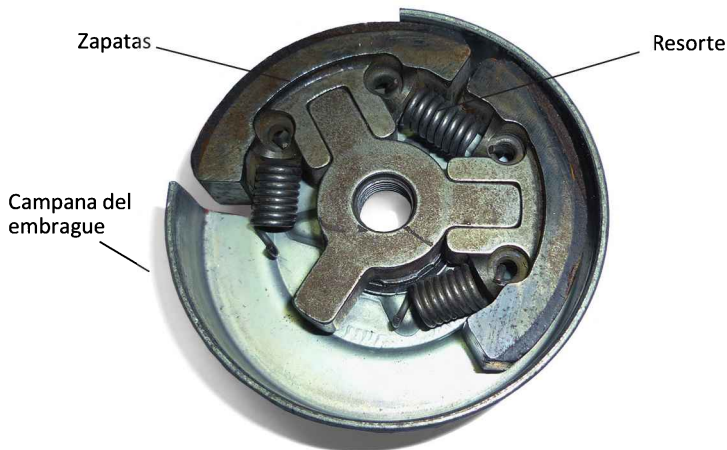


Figura 2.9A. Detalle del embrague centrífugo

La **ventaja** de este embrague es que, por su automatismo, libera al operario de realizar movimiento alguno para embragar. También debe destacarse que es imposible ahogar el motor por exceso de carga, ya que cuando su velocidad disminuye, el embrague se desacopla y el motor queda libre de esfuerzos.

Como principal **desventaja**, el embrague puede patinar y calentarse con cierta facilidad, lo que obliga a hacer funcionar la motosierra siempre con el acelerador a fondo para que la fuerza centrífuga sea máxima y con ella la presión de las zapatas contra la carcasa.

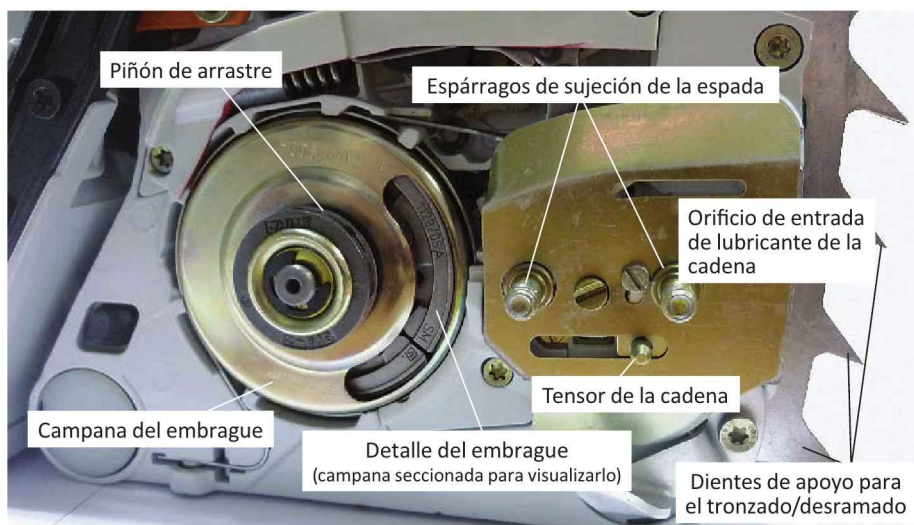


Figura 2.9B. Partes del sistema de transmisión

Un **piñón fijo** (figura 2.9B) es una pieza única con dientes similares a costillas sobre las que encajan los eslabones motrices de la cadena. El piñón se caracteriza por su **paso**, definido en la descripción de la cadena, y por su **número de dientes**. El número de dientes determina la relación entre la velocidad angular del cigüeñal y la velocidad lineal de la cadena y oscila entre seis y ocho. Con seis dientes la velocidad de la cadena es superior y, por tanto, la potencia de corte es menor, por lo que este piñón es adecuado para trabajos ligeros (desrame, clareos y claras, etc.). Con ocho dientes, se realizan mejor los trabajos de tala y tronzado de árboles grandes.

Un piñón **móvil (o de anillo flotante)** está constituido por dos piezas: una **pieza motriz**, cilíndrica y estriada, soldada al tambor del embrague y un **anillo flotante** o corona, cuyo centro ha sido vaciado y ranurado de modo que las ranuras engranen con las estrías de la citada pieza motriz cilíndrica. En la superficie externa de este piñón hay unos orificios en que encajan los talones de los dientes guía, con lo que el movimiento del piñón provoca el de la cadena.

Por medio de este sistema se consigue más fácilmente la alineación entre el piñón y la cadena/espada, reduciendo la fricción entre cadena y piñón. Además, el apoyo de los eslabones de unión es total y el **desgaste** de la cadena **menor**. Las características dimensionales de este piñón (paso, número de orificios de enganche) son similares a las indicadas en el caso del piñón fijo, aunque ahora el paso sería la distancia entre los centros de dos de los orificios en que engranan los eslabones.

2.1.3.2. Sistema de corte: espada, cadena, tensor y lubricación

La cadena es el elemento principal del sistema de corte. Es un conjunto de eslabones y a diferencia de otras máquinas de la industria forestal que montan dientes de corte de tipo sierra, las motosierras montan **dientes gubia** (Figura 2.10). Estos dientes fueron diseñados por J. Cox y están inspirados en la mandíbula de las larvas de un insecto que se alimenta de madera. Tienen un perfil en forma de “L” invertida en la que los dos lados de la “L” son cortantes.

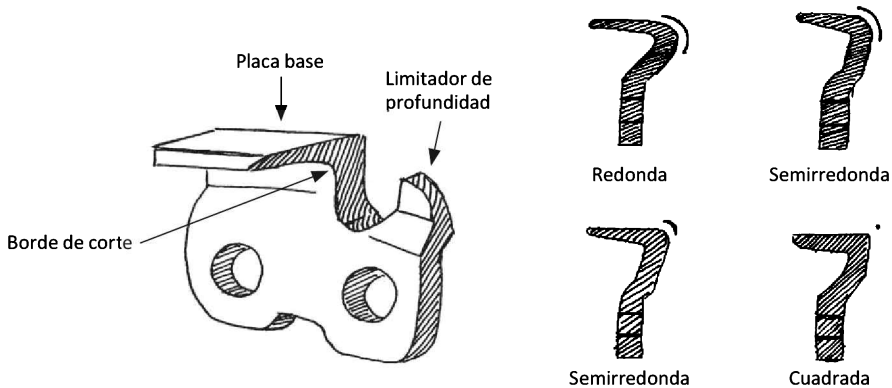


Figura 2.10. Detalle del diente gubia

Los dientes gubia son fruto de la evolución e innovación tecnológica. Su diseño permite un eficaz corte y una mayor facilidad de afilado frente a los dientes de sierra y a otros modelos anteriores. Los eslabones gubia giran, junto con el resto de eslabones, sobre la espada. Al aproximarlos al leño desgarran la madera, generando virutas que salen despedidas.

Cadena

Los dientes gubia están unidos mediante remaches a otros dos tipos de eslabones: el **eslabón guía** y el **eslabón de unión**. El guía tiene un saliente para anclarse en la espada, y el eslabón de unión tiene como función unir los otros dos. En la cadena de corte se encuentran sucesivamente un eslabón gubia, un eslabón de unión y un eslabón guía (Figura 2.11).

Los distintos fabricantes ofrecen cadenas con tres opciones para los dientes gubia basadas en su distinto perfil o forma:

- **De arista cuadrada:** también se denominan **de escoplo, de cincel o “chisel type”**. Es un diente en el que trabajan tanto la placa como los bordes, presentando así un elevado rendimiento aunque también un rápido desgaste. Son óptimos para maderas blandas.
- **De arista redondeada o “chipper type”**. Con esta forma la parte lateral del diente no trabaja, su desgaste es menor y su afilado es más sencillo. Su rendimiento es inferior al anterior y se aconseja para maderas duras o cuando se hace un trabajo con blandas y duras.

- **De arista semirredondeada.** Es un diseño intermedio entre los dos anteriores, por lo que también son intermedios su rendimiento de corte y de afilado. Es el más utilizado por los motoserristas.

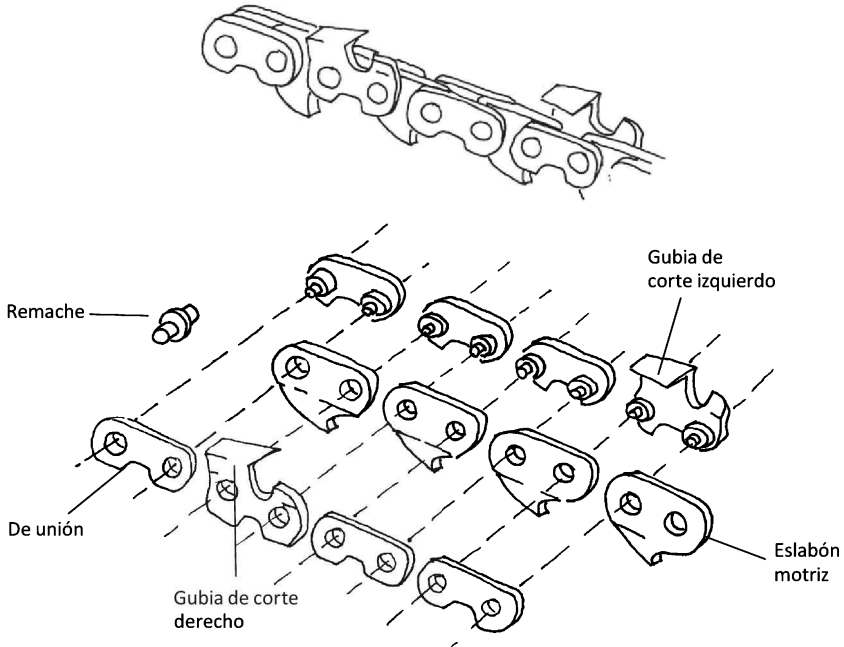


Figura 2.11. Tipos de eslabones de la cadena de corte y orden de colocación

Aunque el material más habitual al fabricar cadenas es el acero, los dientes de corte se suelen fabricar con una aleación elevada de acero al cromo-níquel. El diseño y materiales de la cadena están pensados para mejorar el rendimiento en el corte, aumentar la durabilidad de la cadena, facilitar el afilado y por último, reducir el riesgo de rebote. Actualmente se están comercializando cadenas que reducen la necesidad de afilado, como las de diente de diamante o vidrias, que llevan un refuerzo especial en el eslabón de corte. Una conocida marca canadiense ha comercializado una cadena de este material, que se afilaría en 3-4 minutos de manera automática mediante un sencillo dispositivo que se acopla en la punta de la espada, permitiendo a cualquier operario realizar el afilado en el campo sin necesidad de aprendizaje previo.

Paso de la cadena	Calibre o espesor
0,325"	0,050"-0,058"
3/8"	0,050"-0,058"-0,063"
0,404"	0,050"-0,058"-0,063"
7/16"	0,058"-0,063"
1/2"	0,058"-0,063"

Tabla 2.1. Dimensiones del paso y el calibre de la cadena

Un parámetro esencial a la hora de trabajar con motosierras es el **paso de la cadena**. Se define como la distancia existente entre tres remaches consecutivos de la cadena. A mayor distancia de paso, aumenta la cantidad de madera a cortar por unidad de tiempo. Al aumentar la cantidad de madera debe aumentar la potencia de la motosierra. Por tanto, existe una relación entre potencia y paso de la cadena (Tabla 2.1). Generalmente los fabricantes montan para cada potencia un paso determinado. El paso de la cadena y su calibre o espesor se suelen dar en pulgadas (unidad de medida de longitud empleada en países anglosajones que equivale a 2,54 cm).

Otro dato de la cadena que es necesario conocer es la **galga**, también llamada **calibre o espesor** de la cadena, que tal y como se puede deducir es el grosor de la misma. A mayor grosor de cadena es necesaria más potencia de motosierra. También existe relación entre el paso de la cadena y su calibre o espesor.

Las distintas casas comerciales suelen ofrecer asesoramiento en el tipo de cadena y sus dimensiones (paso de cadena, calibre) en función del tipo de trabajo a realizar y del tipo de motosierra.

Para trabajos forestales se emplean **pasos** de 3/8" (9,52 mm) o de 0,404" (10,26 mm), lo que supone **calibres** de 0,050" (1,27 mm) y 0,063" (1,60 mm)

Antes de montar una cadena nueva hay que limpiarla con disolvente o gasolina para retirar la capa anticorrosiva que tiene. Posteriormente se engrasará manualmente y finalmente se instalará. Antes de realizar un corte, se aconseja hacer funcionar la cadena al aire y volver a tensarla. Las cadenas nuevas pueden presentar holguras mientras terminan de acoplarse. Las principales labores de mantenimiento de las cadenas se tratan más adelante.

Espada

La cadena va montada sobre la espada. La espada es una lámina de metal que en su borde tiene una acanaladura o hendidura sobre la que circula la cadena. A esa hendidura se le llama **galga**. La galga debe tener un ancho mayor o igual a la anchura del talón del eslabón guía de la cadena de corte. Además de la anchura, la galga tendrá una profundidad de ranura mínima según el tipo de cadena. Esta profundidad mínima se aconseja que sea de 6 mm. Los talones de los eslabones guía no deben tocar el fondo de la galga.

Las espadas se fabrican en acero, solo o con alguna aleación de molibdeno o níquel, materiales todos ellos muy resistentes a la abrasión. La forma de colocar una espada puede verse en la figura 2.12.

En la figura 2.13 se recoge la apariencia de una espada y sus principales componentes: orificios de lubricación, rieles, punta, superficie cementada, ranura de montaje de la barra, orificios de ajuste. Hay espadas en que, para facilitar la operación de quitar o poner la espada, el sistema de sujeción es a través de ranuras y no de orificios.



Figura 2.12. Colocación de la espada

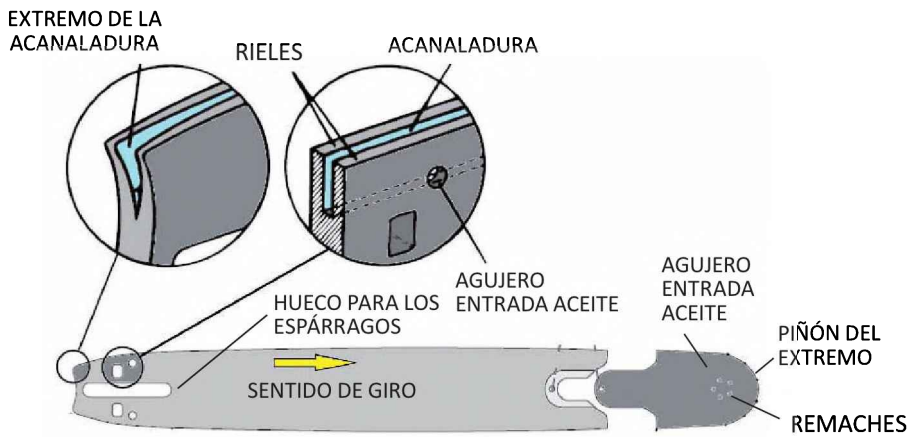


Figura 2.13. Detalle de la espada y sus componentes

Las equivalencias entre el calibre o galga de la barra y el paso de la cadena de corte se resumen en la Tabla 2.1.2.

Paso de la cadena en pulgadas	Calibre o galga de la espada en pulgadas
0,325"	0,050"-0,058"
3/8" (0,375")	0,050"-0,058"-0,063"
0,404"	0,050"-0,058"-0,063"
7/16"	0,58"-0,063"
½" (0,5")	0,058"-0,063"

Tabla 2.2. Relación entre paso de la cadena y calibre de la espada

Hasta aquí la descripción de la espada básica. Pero existen mejoras técnicas que hay que considerar. La **punta** de la espada es la más expuesta al rozamiento y es donde se produce el giro de la cadena. Los fabricantes ofrecen puntas reforzadas, con un tratamiento térmico especial o bien con aleaciones más resistentes. Este tipo de espadas es el aconsejado para los trabajos forestales. Sin embargo, hay que tener en cuenta que, aunque las espadas que montan puntas con aleaciones tienen la ventaja de un menor mantenimiento, también tienen un mayor rozamiento. Esto requiere una potencia mayor del motor y provoca una menor vida útil de la cadena por el desgaste más rápido de los talones.



Figura 2.14. Forma de la espada y punta intercambiable

A pesar de las mejoras descritas, la punta de la espada es lo primero que se desgasta y los fabricantes ofrecen espadas con **punta intercambiable**. Una solución posible para reducir el mayor desgaste de la punta es montar un piñón metálico sujeto por remaches. Dicho piñón tiene forma de estrella, se monta sobre un rodamiento o cojinete estrecho de rodillos con un orificio que comunica exterior e interior de la barra y que sirve para el engrase de dicho

piñón de reenvío. Este piñón debe engrasarse periódicamente. Este sistema es el aconsejable para el tronzado y desramado, operaciones en los que se usa mucho la punta. El piñón de reenvío alarga la vida útil de la cadena de corte y además reduce el peligroso riesgo de rebote, accidente muy grave y frecuente que se analiza en este manual en el apartado de seguridad y salud. Los talones de los eslabones guía se encajan en la ranura del piñón cuando alcanzan la punta de la espada facilitando el giro en la punta.

La espada está formada por dos láminas laterales tratadas con cromo o molibdeno para resistir el desgaste y una lámina central de naturaleza más elástica. La geometría de la espada puede ser simétrica o asimétrica. Las primeras se caracterizan porque, si trazamos un eje longitudinal a lo largo del centro de la espada, los dos lados de esta serían idénticos (es decir, simétricos). Como al trabajar, estos dos lados (que se suelen denominar como parte inferior y parte superior de la espada) están sometidos a desgastes diferentes (se suele trabajar más por la parte de abajo que por la de arriba) el hecho de que la espada sea simétrica permite girarla para que el desgaste sea similar. En cambio, las espadas asimétricas no permiten esta operación, lo que es una gran desventaja; la ventaja que presentan es que su geometría reduce el peligroso riesgo de rebote.

La longitud de la espada es importante para la ejecución de los trabajos. El apeo de grandes árboles precisa de longitudes mayores

Como norma general se aconseja que la espada sea siempre mayor que la mitad del grosor de las piezas que se corten (Figura 2.15).



Figura 2.15. Relación entre longitud de espada y diámetro del árbol a cortar

Muchos motoserristas trabajan siempre con grandes longitudes porque eso permite cortar más rango de árboles; sin embargo hay que recordar que mayor longitud significa mayor potencia y mayor peso de la máquina. Obviamente, esto implica más consumo de gasolina y, por supuesto, más fatiga en el operario. La **Tabla 2.3** proporciona información sobre la relación deseable entre las longitudes de espada y los diámetros de árboles a cortar.

Diámetro del árbol en su base (cm)	Longitud de la espada (cm y pulgadas)
<30 cm	30 cm (12")
30 cm < diámetro < 70 cm	41 cm a 46 cm (16" a 18")
70 cm < diámetro < 90 cm	50 cm a 53 cm (20" a 21")
Diámetro < 90 cm	70 cm a 75 cm (28" a 30")

Tabla 2.3. Relación entre el grosor del tronco y la longitud de la espada

A la hora de comprar una motosierra, los principales fabricantes ofrecen soluciones comerciales distintas. En concreto, para las espadas ofrecen un listado de opciones de diferentes materiales y tipos de punta. Junto con ese listado aconsejan uno u otro tipo de producto en función del trabajo a realizar. A continuación se aportan tres ejemplos extraídos de catálogos comerciales:

- Barra marca OREGON Laser Tip-Plus. La aleación de ultra alta dureza con stellite se suelda a la punta mediante láser para prolongar la vida útil de la espada. La función de retención de aceite del sistema **Lubri-Dam**® impide la pérdida de aceite por el extremo de la espada, lo que permite mantener más aceite en la espada y la cadena. Los orificios de aceite **Lubri Jet**® reducen la obturación del orificio de aceite y mejoran la lubricación de la cadena y la espada. La soldadura láser proporciona una unión óptima con el stellite sin debilitar el cuerpo de la espada, como puede suceder con la soldadura a gas. El acero aleado con cromo y molibdeno súper resistente proporciona fuerza superior al conjunto espada-cuerpo y raíles de gran solidez, con una excelente resistencia al desgaste y el astillado.
- Barra marca STIHL, rollomatic E-Super. El cuerpo de la barra está formado por tres placas metálicas soldadas eléctricamente entre sí y presentando la intermedia unos huecos de gran superficie que le hace tener gran estabilidad con un peso muy favorable. Tiene la punta del extremo intercambiable. Es adecuada para trabajos forestales, con un excelente rendimiento de corte.
- Barra marca HUSQVARNA sólida. La suave curva y su menor radio en la punta disminuyen el riesgo de retroceso y favorecen el control del corte. Las espadas llevan un baño de barniz de plástico tipo epoxy para protegerlas de los golpes y la corrosión. Disponibles en galgas de 0.325" para espadas de 13 a 20".

A la vista de la información comercial de cada fabricante, es difícil indicar el **modelo más adecuado** pues unos ofrecen más durabilidad, otros menor resistencia y otros mejor reposición. Debe ser cada usuario el que elija la opción más adecuada a su forma de trabajar

Tensor de cadena

La cadena debe permanecer unida a la espada con cierta tensión. La espada se une al conjunto motor a través de dos espárragos o tornillos de sujeción (Figura 2.16). Existe además un tercer saliente, un tornillo sinfín. Este tornillo se une con el correspondiente orificio en la espada de la cadena.



Figura 2.16. Detalle de los espárragos de sujeción y del tornillo de tensión

El motoserriista, una vez colocada la espada en los espárragos de sujeción aportando cierta tensión a la cadena, modificará la posición del conjunto espada-cadena a través de este tornillo sinfín. Se debe tener en cuenta que su recorrido es limitado. Es decir, que si al anclar la espada en los espárragos de sujeción se deja la cadena muy floja, esto no se podrá corregir con el tornillo.

La tensión de la cadena debe ser tal que al tirar de ella con los dedos, los talones no salgan completamente de la galga (Figura 2.17). El tensado de la cadena se comprobará periódicamente, varias veces en la jornada de trabajo. Esta comprobación se hará además después de cualquier operación que conlleve extraer la espada del conjunto motor.



Figura 2.17. Comprobación de la tensión de la cadena

2.1.3.3. Dispositivos de seguridad de las motosierras

La **salud** de los trabajadores debe ser una prioridad en la ejecución de los trabajos. Los fabricantes de motosierras, conocedores de los riesgos y peligros del trabajo con esta máquina, han hecho mejoras para disminuir el riesgo y evitar accidentes peligrosos.

El motor y la ejecución del corte generan vibraciones que se transmiten al cuerpo del operario. Estas vibraciones son perjudiciales para la salud, como se indicará más adelante al analizar la enfermedad conocida como “dedos blancos”. El **sistema antivibración** que llevan las motosierras amortigua una parte de estas vibraciones, separando el manillar tanto de la motosierra del motor como de la espada de corte mediante unos amortiguadores de goma denominados *sineblocks* (Figura 2.18).

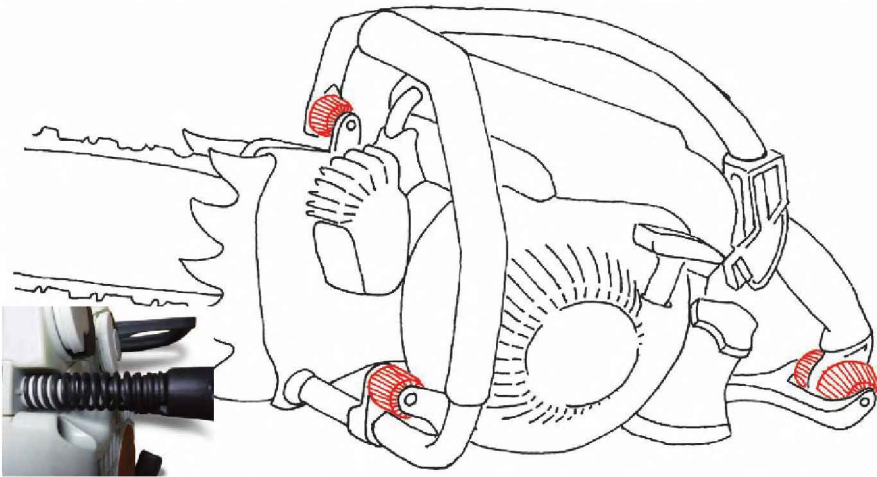


Figura 2.18. Ubicación de los amortiguadores (*sineblocks*) y detalle de un amortiguador de muelle

Un accidente frecuente es la rotura de la cadena de corte. Al girar a grandes revoluciones y 11.000 en máxima aceleración y romperse por un punto, fruto del deterioro por fatiga, se produce un peligroso latigazo que, por el sentido de giro, se dirige hacia la empuñadura de la motosierra con riesgo de golpear la mano. Para evitar este golpe, bajo la empuñadura se presenta una **base plana ensanchada** y además se monta un **captor** o saliente que ayudan también a retener el latigazo (Figura 2.19).



Figura 2.19. Detalle de la empuñadura y el ensanchamiento de la placa base como medida de protección

Los fabricantes de motosierras han instalado en la máquina el **freno de cadena**. Este freno consiste en una cinta de acero que se sitúa alrededor del perímetro del tambor de embrague y que se acciona exteriormente mediante una palanca. Esta palanca está ubicada delante del manillar, de tal forma que al producirse el rebote, la palanca colisione con el antebrazo del operario y frene la cadena inmediatamente. La palanca acciona una cinta de acero que abraza el embrague y detiene el movimiento (Figura 2.20). El uso de este freno provoca un deterioro y desgaste de esta cinta de acero, por lo que periódicamente debe revisarse su estado y proceder a su sustitución cuando esté deteriorada. El freno de cadena se debe accionar durante desplazamientos cortos del operario en el lugar de trabajo y durante el afilado de la cadena.



Figura 2.20. Esquema del freno de cadena

Debe hacerse notar que el “freno de cadena” solo funciona en una determinada posición de trabajo, mientras que el riesgo de rebote existe en otras situaciones de trabajo y por tanto, en otras posiciones de la máquina. Una mejora de este freno de cadena es su accionamiento por inercia, es decir, lograr que la cadena se frene al producirse un movimiento brusco en cualquier dirección.

La eficacia del **freno de inercia** debe comprobarse periódicamente. Para ello se aconseja sujetar la motosierra encendida y agarrada por las dos manos a una altura aproximada de 1 m sobre un tocón. El operario, de pie y sujetando la máquina con los brazos extendidos hacia abajo, debe soltar el manillar sujetando el asa del acelerador. La punta de la espada se dirigirá hacia el tocón en caída libre. El operario seguirá acelerando, y al contactar la punta con el tocón, el movimiento brusco debe parar la cadena.

El diseño de las espadas también responde a criterios de **seguridad**. Para evitar el riesgo de rebote, las espadas pueden ser asimétricas. También pueden incorporar en la punta un piñón giratorio, con sistema anti reenvío, tal y como se ha descrito en el apartado de espadas

El **fiador o bloqueo del acelerador** (Figura 2.21) es un dispositivo de accionamiento doble del acelerador: existen dos gatillos que hay que presionar para que la máquina se acelere y

corte. Está pensado para que el operario siempre sujete el mango rodeándolo con la mano y así evitar accionamientos involuntarios.



Figura 2.21. Doble accionamiento del acelerador

El **manillar** de la motosierra no es un elemento específico de seguridad, pero gracias a su diseño, el motoserrista puede sujetar de forma cómoda y segura la máquina y trabajar en distintas posiciones, algo imprescindible en los trabajos forestales.

2.1.3.4. Gasolina y aceites para la motosierra: tipos y proporciones. Depósito combinado

El motor de explosión de dos tiempos de las motosierras emplea como combustible **gasolina** mezclada con **aceite**. El aceite se introduce para lubricar el émbolo y la manivela del motor. Si la cantidad de aceite es excesiva, la motosierra pierde potencia; si es escasa, aumenta el riesgo de que el motor gripe.

La gasolina actualmente no puede llevar plomo según normativa. Los operarios emplean la denominada comercialmente gasolina 95 o 98. El número hace referencia a los octanos. Los octanos dan una idea de la capacidad de un combustible para provocar la explosión dentro del motor. Menor número de octanos indica más actividad detonante. Esto es importante, porque al comprimirse el combustible y el aire en el cilindro puede producirse una explosión previa al chispazo de la bujía, es decir, que el combustible explote antes de lo debido. Esto se llama **golpeteo** y es un desfase que reduce el rendimiento del motor. En la medida que el número de octanos sea mayor, el golpeteo será menor.

Para motores de dos tiempos de más potencia empleados en trabajos exigentes y continuados, como son los trabajos forestales, se recomienda gasolina 98 aunque suele ser el propio fabricante quien orienta en cada modelo sobre el tipo de gasolina y el porcentaje

de aceite en la mezcla. Un paso añadido es el de algunos fabricantes que tienen sus propios combustibles. Ofrecen menos emisión de partículas contaminantes y nocivas para la salud y más rendimiento (Tabla 2.4).

Gasolina Super EN 228 y gasolina fórmula MotoMix		
	EN 228 super	MotoMix
Octanaje ROZ	95	>95
Octanaje mOZ	85	>90
Presión de vapor kPA	45-100	50-65
Azufre mg/kg	<150	<10
Aromáticos % V	<42	<0,3
Benceno % V	<1	<0,02
Olefinas % V	<18	<0,1
Estabilidad oxidación mín.	>360	>720
Caducidad	Aprox. 6 meses	> 2 años
Su distribuidor especializado STIHL le informará sobre la eliminación correcta de los envases		

Tabla 2.4. Datos ofrecidos por la marca Stihl en su web, para comparar su fórmula de combustible con el combustible más frecuente

Otras características del combustible son el contenido de azufre, el agua que lleva, los residuos incombustibles y las cenizas. Estos dos últimos son los causantes de ensuciar el cilindro.

Después de la explosión, las cenizas y los humos salen del cilindro y son liberados al medio. Estas sustancias son tóxicas para la salud de los operarios y contaminan la atmósfera. Algunos estudios científicos de la exposición de motoserristas a la inhalación de monóxido de carbono (CO) han detectado concentraciones en sangre superiores a las recomendadas por las autoridades sanitarias. Para disminuir estos daños se han diseñado y posteriormente mejorado colectores de gases de escape. Aunque estos dispositivos han disminuido los riesgos, no los han eliminado. En general, toda persona que use motores de explosión debe ser consciente de que está deteriorando la calidad del aire. Por tanto, nunca debería usarlo innecesariamente.

Los colectores de escape son conductos que evacúan los gases salientes del motor. El primer dispositivo que encuentran los gases salientes es el silenciador. El silenciador amortigua el choque de estos gases calientes a alta presión con los gases de la atmósfera. La retirada o deterioro de este dispositivo provoca ruidos de intensidad cercana al umbral del dolor.

Los gases pasan por el catalizador, y dentro se producen una serie de reacciones químicas cuyo resultado es la absorción de esos inquemados. Después del catalizador está el matachispas.

El **matachispas** es una rejilla cuya función es evitar que salgan micropartículas incandescentes después de la explosión dentro del cilindro, ya que pueden provocar un incendio. Estas rejillas acaban obturándose y deben limpiarse periódicamente para que los gases salgan del conjunto motor. El riesgo de incendios es una de las grandes preocupaciones sociales en relación al medio ambiente. Se invierte mucho dinero durante la época estival para apagar los incendios, pero aun así se siguen produciendo cuantiosos daños ambientales. Las autoridades quieren evitar toda actividad que entrañe peligro de incendio y las máquinas en el monte en verano son un riesgo. Es por ello que en muchas comunidades autónomas no se permite ejecutar trabajos forestales entre mayo y septiembre. Esto es un problema para las personas que se dedican al sector ya que supone un parón en su actividad. Sin embargo, debe entenderse que las máquinas pueden ayudar a la lucha contra incendios, siempre acompañadas de medidas preventivas, y que es compatible el trabajo forestal con la defensa del monte en este periodo.

La mayoría de las motosierras de nueva fabricación incorporan un **catalizador**, dispositivo que elimina una parte de las sustancias nocivas sin quemar

2.1.3.5. Tareas de mantenimiento de la motosierra

La motosierra necesita un **mantenimiento periódico**. Parte de ese mantenimiento se realiza en campo. Además se pueden producir averías que de forma sencilla pueden repararse en el propio tajo. A continuación se repasarán las labores de mantenimiento a realizar en campo y las posibles averías, enumerando también los útiles necesarios para ejecutarlas.

La cadena de la motosierra va perdiendo filo conforme se va usando. Es necesario un **afilado** que mejore el corte y por tanto aumente el rendimiento del trabajo. El afilado es una operación que requiere cierta destreza. Se distingue entre un afilado en profundidad y un afilado de mantenimiento en monte.

El **afilado de mantenimiento** en monte se realiza con una lima redonda para los dientes gubia. La lima se mueve rozando las paredes internas del diente, en un único sentido y girando levemente la herramienta para un desgaste homogéneo. El movimiento producirá pequeñas virutas visibles de metal. Si no fuera así, muy probablemente la lima necesitará recambio. Cada dos o tres pasadas con la lima conviene sacudirla para que se desprendan las virutas del afilado. Acabada la operación se aconseja introducir la lima en su funda, para mantenerla limpia y protegida. Se recomienda hacer este afilado cada vez que se reposta.

El **afilado en profundidad** debe perfilar la geometría del diente gubia en función del tipo de madera. Este afilado se hará en el taller y con una limpieza previa de la cadena. Se aconseja tener varias cadenas afiladas y una vez a la semana hacer un repaso con máquina de todas ellas. Existen máquinas que ejecutan este afilado. Pero también se pueden hacer manualmente con apoyo de reglas.

El diente gubia tiene un filo, caracterizado por tres magnitudes:

- **Profundidad:** se denomina así a la distancia entre la placa base y el limitador (Figura 2.10). A mayor distancia, la cadena tiende a penetrar más y arrancar una sección mayor de madera. Esto obliga a un mayor esfuerzo motor. Las maderas blandas (chopo,

haya, abedul...) permiten distancias mayores. En las maderas duras es conveniente que esta distancia sea menor.

- **Ángulo de la placa superior:** es el ángulo que forma el filo superior del diente gubia con el plano perpendicular a la espada (Figura 2.23).
- **Ángulo de la placa lateral:** es el ángulo que forma el filo superior del diente gubia con la dirección de la espada.

El **limitador de profundidad** determina el grueso del corte que se produce en cada pasada de un diente gubia (Figura 2.22). Al aumentar la distancia placa-limitador, en el corte se demanda más potencia de la motosierra. Este parámetro debe estar en relación con la potencia del motor, el tipo de madera y la cadena de corte. En la figura 2.23 se ofrecen las cifras más comunes.

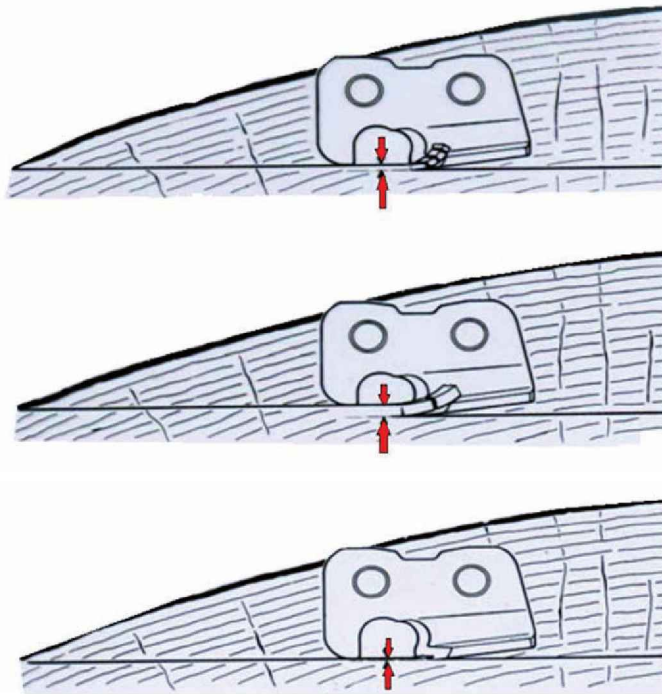


Figura 2.22. Efecto de la distancia placa-limitador en la ejecución del corte

El limitador se afila manualmente con **lima plana**, sobre cadena tensada montada sobre la espada. Se debe rebajar en altura cuando sea necesario, con un movimiento plano con la lima. Posteriormente se redondeará la zona de ataque para facilitar la penetración de la cadena. Para dar la profundidad requerida existen calibres específicos (Figura 2.24). En condiciones climatológicas frías o para cortar madera dura, la distancia entre el limitador y la placa superior del diente de corte debe estar entre 0,50 mm y 0,71 mm. Si la madera es blanda y la temperatura ambiente más elevada, la profundidad puede ser mayor llegando a estar entre 0,71 y 0,88 mm.

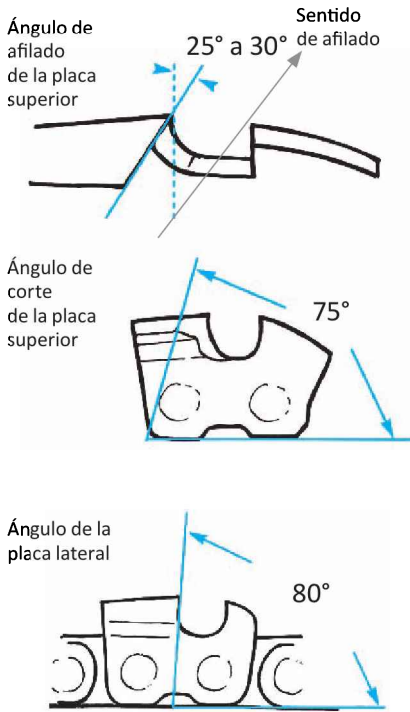
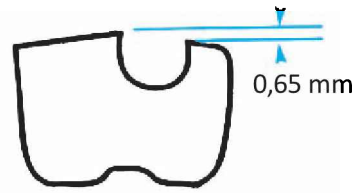
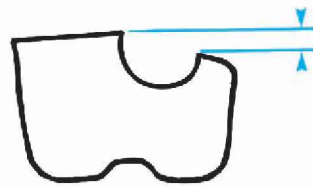


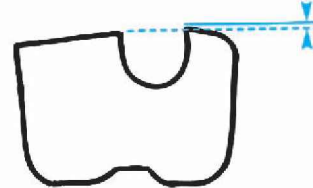
Figura 2.23. Ángulos de afilado del filo del diente de gubia



Distancia estándar entre la placa superior del diente y el limitador de profundidad, aconsejada para corte de maderas con distinta dureza



La distancia placa-limitador se puede aumentar hasta 0,88 mm cuando se trabaja con maderas blandas y motosierras potentes



Necesidad de afilado del limitador de profundidad

Figura 2.24. Distancia entre placa superior y limitador de profundidad

El operario debe estar atento al corte, ya que una excesiva profundidad hará que el diente penetre demasiado en relación a la potencia de la máquina, tendiendo la cadena a frenarse y a vibrar más de lo normal. En cambio, si la profundidad es inferior a lo idóneo, se producirá un anormal desgarre de la madera.

Los dientes gubia se afilan con la cadena montada en la motosierra y el freno de cadena accionado. La precisión del afilado debe ser alta. El movimiento de la lima siempre será de adentro hacia afuera (Figura 2.25). Por comodidad se sugiere afilar primero los dientes que miran a un lado y después todos los que miran hacia el otro. Para este afilado se pueden utilizar plantillas, que se adaptan a la espada y orientan el paso de la lima en el ángulo adecuado.

La **lima redonda** debe ser ligeramente más gruesa que el hueco interior del diente gubia: al apoyar la lima en la cadena y hacer el movimiento de afilado, la lima sobresaldrá un 20%.

Los fabricantes aconsejan el uso de portalimas (Figura 2.26) porque permiten un afilado de mayor precisión y dan más comodidad a la operación. El portalimas tiene marcada la dirección de limado para que el operario dirija el movimiento.

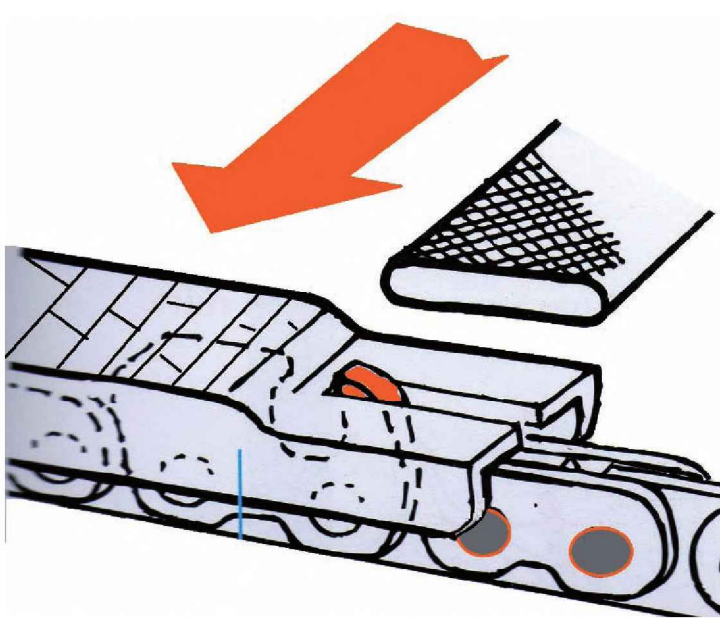


Figura 2.25. Esquema de ejecución del limado del limitador

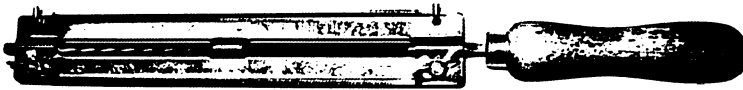


Figura 2.26. Portalimas y marcas orientativas que suelen llevar para los ángulos de afilado

Las cadenas de gubia rectangular precisan limas planas rectangulares específicas, con sección en forma de doble bisel, hexágono o redondeado (*goofy*). La lima también se empleará de fuera hacia dentro. Esto deja un mejor filo en las superficies cromadas de corte y facilita mantener la posición de la lima y los bordes de corte resultantes.

Paso de cadena en pulgadas	Lima redonda
¼"	1/8" (3,8 mm)
0,325"	3/16" (4,8 mm)
3/8"	7/32" (5,5 mm)
0,404"	7/32" (5,5 mm)
½"	¼" (6,35 mm)

Tabla 2.5. Relación entre el paso y el diámetro de la lima

El afilado se puede hacer con **máquinas automáticas** denominadas afiladoras eléctricas de banco. Son máquinas de disco adaptadas para el afilado de cadenas. Tienen un elemento de afilado giratorio (disco) y un sistema para fijar la espada de la motosierra. Para el afilado con máquina, se sitúa la cadena en el **soporte de la máquina y se** configuran los ángulos de afilado conforme indica el fabricante. La máquina está preparada para tal graduación.

El filjonte es un sistema de afilado manual mediante un soporte que homogeniza el afilado. Este soporte se utiliza para el afilado en profundidad, y en concreto para cambiar el ángulo de afilado o hacer una rectificación de la cadena. El soporte se sujeta a la espada de la motosierra, se ajustan los ángulos de afilado y posteriormente se pasa la lima por el filjonte.



Figura 2.27. Filjonte para el afilado

2.2. TÉCNICAS Y ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

La motosierra ha sido y es una de las principales herramientas de trabajo en los aprovechamientos forestales. En los apartados anteriores se ha descrito su mecánica, así como el mantenimiento. En los siguientes apartados se va a describir la técnica de trabajo más adecuada, considerando aspectos de planificación, ergonomía y medioambientales.

Ya se han descrito las motosierras existentes en el mercado para distintas profesiones y otros usos no profesionales. El uso forestal supone una de las tareas más exigentes para una motosierra, puesto que se enfrenta a una actividad de elevada intensidad y largos periodos funcionando al máximo de revoluciones. Tal y como ya se ha descrito, mayores diámetros exigen mayores longitudes de espada y mayor potencia. Y mayor potencia supone mayor peso. Considerando esto, a continuación se recomienda:

La motosierra es un equipo que se usa y transporta de forma manual por lo que su **peso** debe ser el menor posible en función del tipo de trabajo a realizar

En cuanto a **la elección de motosierra y tipo de espada y cadena**, el uso a que se va a destinar debe ser el criterio para seleccionarlas. En función del **tipo de trabajo** se debe seleccionar un equipo adecuado distinguiendo entre los siguientes:

- En la **poda, la limpia y el desramado**, dado que se actúa sobre material de poco diámetro se seleccionará una motosierra ligera y con espada corta.
- En **apeo, desramado y tronzado de árboles**, se debe buscar la máxima potencia con espadas de diferentes tamaños. La elección de la espada adecuada depende del diámetro del árbol o material a cortar y se debe seleccionar tanto por longitud como por anchura de la espada (Figura 2.28). En apeo de árboles se precisan espadas anchas y de longitud variable en función del diámetro del árbol a apear. En desramado se precisan espadas cortas (salvo en árboles de gran diámetro con ramas muy gruesas). En el tronzado la espada puede ser estrecha y corta, salvo en árboles de gran diámetro.

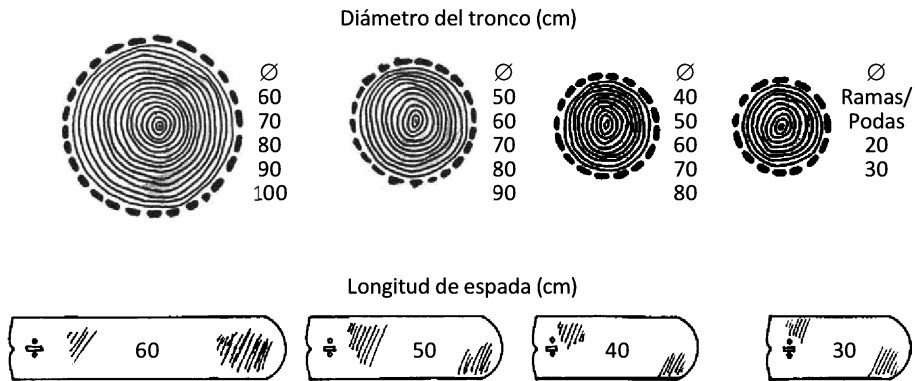


Figura 2.28. Longitudes de espada de motosierra en función del diámetro del árbol

Las **cuadrillas de motoserristas** se organizan de diferentes formas para realizar la corta en monte y por tanto sus motosierras pueden ser diferentes:

- Si el motoserrista apea, desrama y tronza la madera debe seleccionar una motosierra adecuada para realizar el apeo en las mejores condiciones posibles y por tanto, la espada debe ser ancha y la longitud variable dependiendo del diámetro del árbol a apear.
- Si un motoserrista apea y otro desrama, el que apea seleccionará el equipo tal y como se acaba de indicar. El que desrama, en cambio, puede seleccionar un equipo más ligero con espada más corta y estrecha, ya que en esta labor se recorren largos tramos en terrenos difíciles cortando ramas y la potencia no tiene tanta importancia como el peso. Si además se tronza la madera, se precisa un tamaño de espada y potencia algo mayor que si solo desrama (espada estrecha y no corta).

Durante el uso de los equipos se deben dejar las empuñaduras siempre limpias y secas, libres de aceite y de resina. Nunca hay que utilizar una motosierra con elementos deteriorados

La motosierra seleccionada debe estar homologada, tener certificado de conformidad (tecnológica, ergonomía, seguridad, diseño, etc.) y marcado CE.

2.2.1. Apeo

2.2.1.1. Planificación del apeo: método de trabajo, orden de actuación, vías de saca

Es imprescindible, previamente a la ejecución de los trabajos forestales, planificarlos de manera adecuada. En general en España existe un claro déficit de planificación de los trabajos por lo que este es uno de los aspectos en los que más hincapié debe hacerse, recordando el viejo refrán forestal citado ya en el capítulo 1 de este texto y que reza “una buena planificación es la mitad del trabajo hecho”.

2.2.1.1.1. Reconocimiento previo

La realización de una corta en el monte implica las operaciones de apeo y elaboración de la madera, así como el desembosque de la misma con tractores forestales (*skidder*, autocargador, tractor agrícola, etc.) u otros equipos de saca (cable aéreo, tracción animal, etc.). Estos medios entran en el monte para recoger y sacar la madera hasta el cargadero. Posteriormente los camiones acceden a esos cargaderos para trasladarla a las fábricas de destino.

Lo primero que hay que hacer en un monte donde se va a realizar una corta es un reconocimiento previo que implica recorrer el terreno donde se va a trabajar. Los aspectos más importantes a considerar son:

- **Límite de la/s parcela/s:** Se debe identificar la extensión donde se van a realizar los trabajos para evitar que se corte la parcela colindante. Si existen elementos característicos en el monte que marquen el final de la zona de trabajo, se deben indicar a los trabajadores. Si no es así se puede marcar con cinta de balizamiento o con pintura.
- **Vías de saca:** Se deben identificar y registrar en el proceso de planificación todos los caminos y las pistas a utilizar en la saca de madera (Figura 2.29). Se identifica, además, la ubicación de los cargaderos. También hay que comprobar el trazado, el estado de conservación y la situación de los caminos y pistas, dado que son las vías de acceso al tajo, a las que se sacará la madera y en las que deberá entrar un camión a recogerla. Se debe comprobar qué tipo de camión de transporte puede entrar en ese monte.
- Se debe recorrer el terreno identificando **obstáculos naturales** como arroyos, laderas muy empinadas, zonas muy escabrosas, zonas pantanosas, etc. Son áreas donde el motoserrista y los tractores pueden tener dificultades para apear, elaborar y sacar la madera del monte. En esas zonas se modifica la organización de la corta.
- **Calles de desembosque:** Hay que definir su trazado y sus características (Figura 2.30). La calle es una infraestructura necesaria para el tránsito de maquinaria forestal: recoge la madera y la saca del monte hasta llevarla y descargarla en un cargadero. En la calle se cortan todos los árboles en líneas de máxima pendiente sin realizar ningún movimiento de tierras. El personal técnico debe indicar al motoserrista cómo y por dónde van las calles de desembosque, siguiendo, en general, los siguientes criterios:
 - El trazado de las calles suele ser en línea de máxima pendiente, porque así se evita que los tractores forestales vuelquen.

- La distancia entre calles es variable, aunque oscila entre 14 y 30 m; hay casos excepcionales en que llega hasta 50 m o incluso los supera.
- La anchura de las calles suele estar entre 3,5 y 4,5 m. En esa franja se cortan todos los árboles para evitar que durante el tránsito de los tractores se golpeen los árboles del borde.

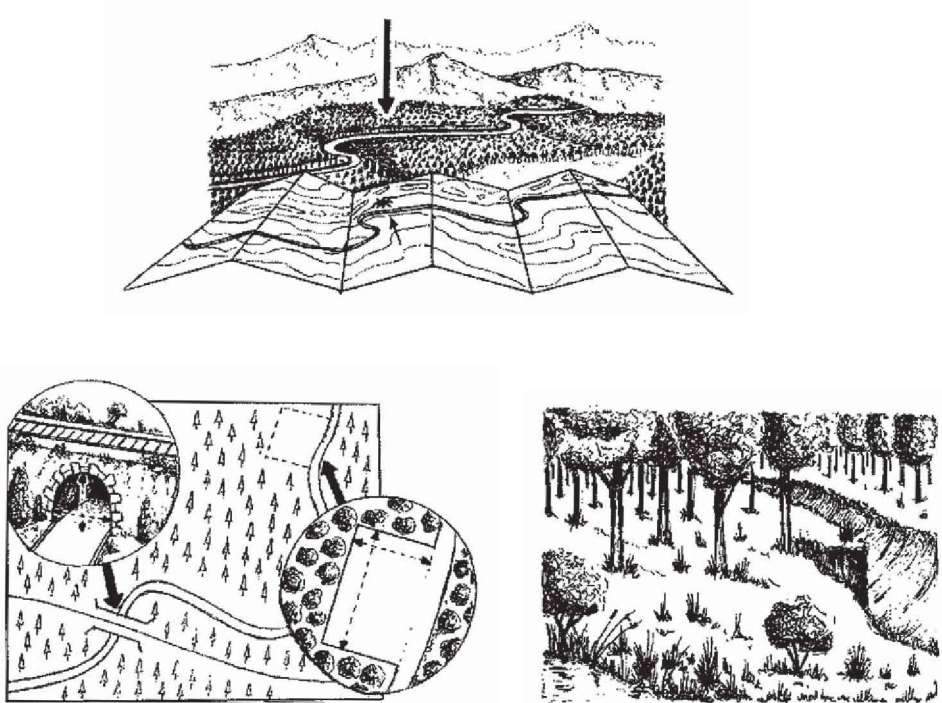
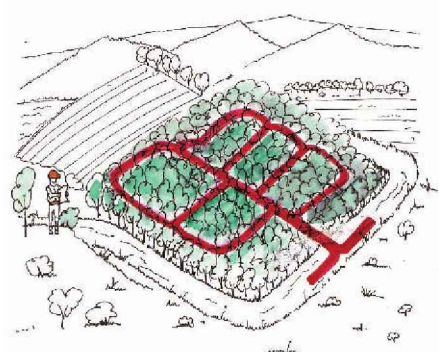


Figura 2.29. Ejemplos de aspectos a considerar en el proceso de planificación



Figuras 2.30 y 2.31. Trazado de calles en línea de máxima pendiente y visión conjunta de límites de parcela, pistas o vías de saca

Es aconsejable visualizar la zona de trabajo con perspectiva, identificando la superficie sobre la que se va a actuar, la situación de las pistas, la ubicación de los posibles cargaderos, etc. (Figura 2.31). Si es necesario, el trazado de las calles en la zona de trabajo puede marcarse con cinta de balizamiento (Figura 2.32).

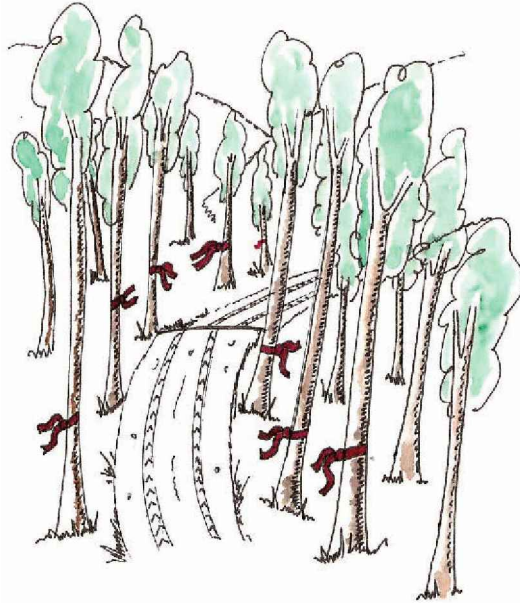


Figura 2.32. Identificación del trazado de la calle con cinta de balizamiento

La **planificación de la corta** precisa que todo el personal implicado en cada fase (operarios, jefes de obra o de cuadrilla, personal técnico o gestores, guardería forestal, propietarios, etc.) tenga claros los **criterios de corta de la masa arbolada**, la **forma de ejecución**, así como las **condiciones y el estado en que ha de quedar el monte tras la realización del trabajo**. La madera que se extrae del monte puede tener un destino industrial (chapa, aserrado, trituración, biomasa, etc.). El jefe de obra o de cuadrilla indicará y planificará cuestiones referentes a la calidad del **producto con destino industrial** (desramado, longitud de troza, clasificación) y también indicaciones referentes a la coordinación de los medios y equipos para maximizar los rendimientos de los equipos y minimizar los costes (forma de apilado, volumen de pila, apeo dirigido, etc.). No se puede olvidar en ningún momento que además hay que planificar las **medidas de seguridad y salud** en el trabajo.

Se deben evitar las **discrepancias** entre el personal que transmite las instrucciones a los operarios forestales. Diferentes criterios de corta generan desconcierto en el trabajador

2.2.1.1.2. Criterios de corta

El motoserrista debe tener claros los **criterios de corta**, conociendo por qué y para qué se realizan las cortas en el monte.

Las **cortas selectivas** o cortas de mejoras se realizan para que, tras quitar un conjunto de pies de la masa, el resto crezca en mejores condiciones: con más cantidad de luz, agua y nutrientes a su disposición. Tras una corta selectiva los árboles crecen en diámetro y altura, mejoran su vigor y su rentabilidad futura. La consecuencia de no realizar estas cortas es el estancamiento del crecimiento de los árboles y su deterioro, lo que pone en grave riesgo la viabilidad y persistencia futura de la masa forestal, así como su función ecológica.

En las cortas selectivas se realiza el apeo de árboles de tamaños pequeños a medianos (10-25 cm aproximadamente de diámetro medio), que en ocasiones pueden llegar a ser apilados manualmente si se tronzan, aunque si el peso de las trozas es elevado este apilado resulta imposible. Se debe tener especial cuidado con la vegetación acompañante y el conjunto de árboles que quedan en pie, conocido como “masa remanente”.

Las **cortas finales** se realizan para quitar casi todos los árboles de gran tamaño presentes en la zona y dejar crecer los árboles de pequeño tamaño (regeneración natural o plantación posterior) en mejores condiciones. Este regenerado crece y posteriormente hay que volver a realizar las cortas selectivas y así sucesivamente. En las cortas finales se realiza el apeo de árboles de gran diámetro y altura (más de 30 cm de diámetro normal).

En el apeo de los árboles en cortas finales hay que tener especial cuidado con la vegetación acompañante y con el regenerado: la densidad de regenerado en algunos montes es tan alta que el apeo del árbol sobre un grupo de árboles jóvenes supone adelantar un clareo que sería necesario posteriormente.

En los montes gestionados por la administración forestal, la guardería o el personal técnico se encargan de señalar los árboles a apear por los motoserristas, y para ello marcan los pies. La forma más habitual es dar un “chaspé” o marca superficial, realizada con hacha, sobre la corteza del árbol, aunque también se usan equipos especiales (martillos marcadores).

El riesgo de **enganche** de un árbol apeado en un árbol en pie es frecuente en las cortas selectivas. En cortas finales el enganche de árboles es menos frecuente pero más peligroso, ya que la distancia entre los árboles y el peso de los mismos es mayor que en cortas selectivas

El control de la obra ejercido por la administración forestal (selvicultor o gestor del monte) durante el inicio de la corta debe ser intensivo para que los criterios de corta queden claros y no se corte ni por exceso ni por defecto: hay que recordar que la masa señalada para la corta es la que se ha estimado que debe extraerse para permitir la evolución positiva del monte en el futuro, y tanto cortar de más como cortar de menos pondría en riesgo esa evolución óptima.

Suelen fijarse diferentes criterios de corta entre las plantaciones (masas homogéneas con pies de la misma edad y con el mismo diámetro) y las masas naturales (más irregulares al estar compuestas de diferentes árboles y diferentes diámetros).

– En el caso de **plantaciones o masas regulares** la elección de los pies no es difícil al ser todos de aspecto similar y estar distribuidos uniformemente. Se pueden hacer cortas selectivas o claras con diferentes criterios:

- Por lo bajo: se corta un porcentaje de árboles de pequeño diámetro dentro de la masa.
- Por lo alto: se corta un porcentaje de árboles de mayor diámetro dentro de la masa.
- Con selección de árboles de porvenir: se elige una serie de árboles para que lleguen a las cortas finales y se cortan los árboles alrededor de los elegidos.

Las recomendaciones generales son no cortar árboles con buen potencial de desarrollo y crecimiento, no dejar grandes claros y respetar la vegetación acompañante. Se pretende que, tras acabar la corta, los árboles estén distribuidos de tal forma que todos dispongan de más luz, agua y nutrientes. Ello se consigue dejando una mayor distancia entre los árboles. Una forma habitual de trabajar en estas masas, cuando su regularidad lo permite, es cortando por filas: por ejemplo, una de cada cuatro o de cada cinco filas, dejando intactas las demás. Esto se denomina “**corta sistemática**”. Cuando se deben abrir calles en la masa, por ejemplo en los casos de corta mecanizada, es conveniente hacer coincidir las calles con estas filas. De ser preciso, se puede completar la corta sistemática con árboles situados entre las filas, es decir, en la “entrecalle” (Figuras 2.33 y 2.34).

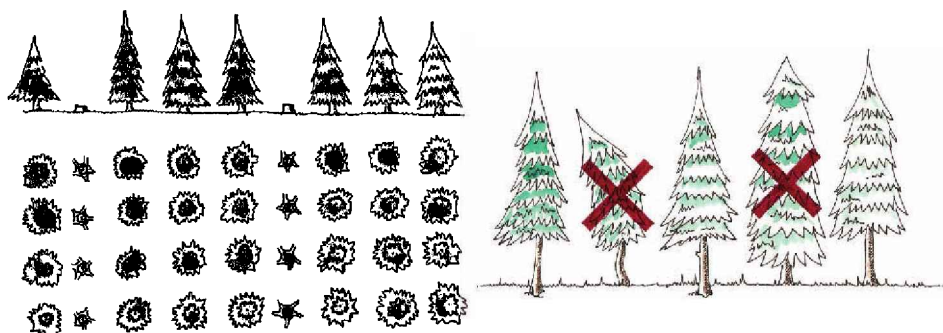


Figura 2.33. Elaboración de calle. Corta sistemática Figura 2.34. Selección de pies a apear en la entrecalle

– En **masas naturales irregulares** cada árbol es diferente y tiene que ser evaluado de forma individual. Para evitar la equivocación o falta de criterio del motoserista en numerosas ocasiones se marcan todos y cada uno de los árboles a apear por parte del personal técnico (Figura 2.35).

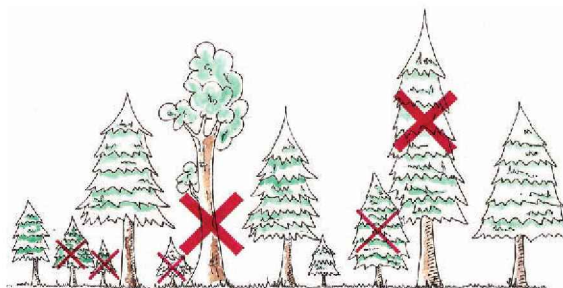


Figura 2.35. Selección de pies a apear en masas irregulares

2.2.1.1.3. Estado del monte tras la corta

El motoserrista debe tener claro el **estado en que debe quedar el monte tras la realización del trabajo**. El propietario o gestor del monte quiere y exige, a través de los contratos privados de compra-venta o de los pliegos de condiciones de los montes gestionados por organismos públicos, que el monte quede en buenas condiciones tras la realización de la corta. Si se trata de una corta selectiva se va a pedir, además, que se respete la vegetación acompañante y que no se hagan daños al arbolado que permanece en pie.

Las pistas forestales y los cargaderos de madera también deben quedar en un estado similar al de antes de la corta. Se suele estipular que no se circule por ellas tras precipitaciones intensas con suelo muy húmedo debido a que se hacen daños al terreno, como rodadas profundas de difícil solución posterior. Si es necesario, se debe exigir una reparación de los daños producidos, sean estos u otros.

Se exigirá, además, que no se viertan residuos ni **basuras** en el monte, que no se abandone madera en las zonas de corta ni en los cargaderos utilizados y en algunos casos, que se realice el **tratamiento de residuos**, ramas y puntas de árboles tras la corta

2.2.1.1.4. Destino/s de la madera

La planificación exige que el motoserrista reciba indicaciones claras relativas al destino de la madera cortada. Es esencial entender que los diferentes usos finales de la madera exigen características distintas a la madera que reciben. Cada tipo de industria de transformación (tableros, pasta, estacas, postes, aserrado, chapa, etc.) tiene normas diferentes en cuanto a longitudes, grosores, tamaños, defectos o daños admisibles, por lo que es fundamental conocer estos requisitos a la hora de trabajar. Este aspecto se ampliará más adelante en detalle, ya que su desconocimiento provoca que no se destinen al uso óptimo parte de los troncos obtenidos, lo que teniendo en cuenta los largos turnos de crecimiento de los árboles, lo costosa que es la gestión forestal y la necesidad de ingresos que exige su perpetuación, representa un inasumible error.

2.2.1.1.5. Organización

La cuadrilla que realiza la elaboración de la madera, como medida de seguridad básica, siempre debe estar compuesta por más de un operario. Dependiendo del número de personas, del tipo de corta que realicen y de su experiencia previa, se pueden organizar de diferentes formas. Los trabajos pueden variar a lo largo de una jornada.

- a) En el caso de **cortas selectivas** elaborando **madera corta** pueden organizarse de la siguiente forma:
 - Motoserristas que realizan **todas las tareas**, es decir, elaboran la madera totalmente. Así, cada motoserrista apea, desrama, tronza y apila. Especialmente, y para no estar muy distanciados por si hubiera un accidente, es frecuente que uno comience por la elaboración completa de la madera de la calle y otro elabore la madera de la entrecalle correspondiente. Por supuesto comienzan apeando, des-

ramando y tronzando y tras un periodo de tiempo comienzan a apilar la madera tronzada. Tras finalizar una calle descienden a la pista inferior y comienzan otra vez el proceso, ascendiendo por la calle colindante.

Esta forma de organización es muy positiva dado que varían la rutina y las posturas de trabajo, siendo adecuada desde el punto de vista de la salud.

Los operarios pueden programar el tiempo que van a emplear en elaborar la madera del monte y computar, según avanzan, el rendimiento y lo que ganan periódicamente lo que supone una mejor motivación para la cuadrilla frente a otras formas de organización.

- Otras cuadrillas están compuestas de **motoserristas** que apean, desraman y tronzan y que van **acompañados por apiladores** que recogen la madera y forman la pila al borde de calle. Esta organización permite que un motoserrista vaya acompañado en todo momento de un apilador. El/los otro/s compañero/s motoserrista/s pueden trabajar en la calle contigua respetando de forma adecuada las distancias de seguridad.
- Por último, en algunas cuadrillas los motoserristas comienzan a elaborar madera **unos días antes** que los apiladores. Este modelo de organización es poco adecuado para la motivación del trabajo de los apiladores, ya que se enfrentan a gran volumen de madera a apilar y provoca largas y duras jornadas de trabajo.

El trabajo de **apilado** es un trabajo que requiere **mucho esfuerzo**. En este tipo de cortas, el rendimiento del motoserrista suele ser menor que el del apilador, lo que permite al mismo la realización de descansos frecuentes. En algunas cuadrillas un apilador puede acompañar a dos motoserristas

- b) En el caso de **cortas selectivas** elaborando **fuste entero** es importante realizar el apeo dirigido hacia la zona de reunión (lugar donde se deja la madera a disposición de los tractores que la sacan del monte, generalmente al borde de la calle). Si se apea en otra dirección diferente, tras realizar el enganche con el medio de saca a utilizar (mula, *skidder*, cable aéreo) se producirá un “efecto abanico”, es decir, el arrastre de fustes por uno de sus extremos provocando que el fuste gire sobre sí mismo en el suelo, y barra una zona hasta que se alinee con el cable de arrastre. Esto daña el suelo de manera importante, e incluso puede afectar a la masa remanente.

Las cuadrillas que realizan fuste entero se organizan de las siguientes formas:

- Los motoserristas realizan la **elaboración completa** de la madera, es decir, apean y desraman la madera. Uno de ellos puede trabajar en la calle y otro en la entrecalle. En la mayor parte de los casos trabajan sobre un único árbol y cuando acaban se desplazan a otro. Existen equipos que apean varios juntos y luego los desraman a la vez, o periodos de tiempo a lo largo de la jornada en que se trabaja de esta forma.

- Un motoserrista realiza el apeo dirigido hacia la zona de reunión (importante en la saca con *skidder*, cable aéreo y tracción animal) y **otro desrama** posteriormente (Figura 2.36).

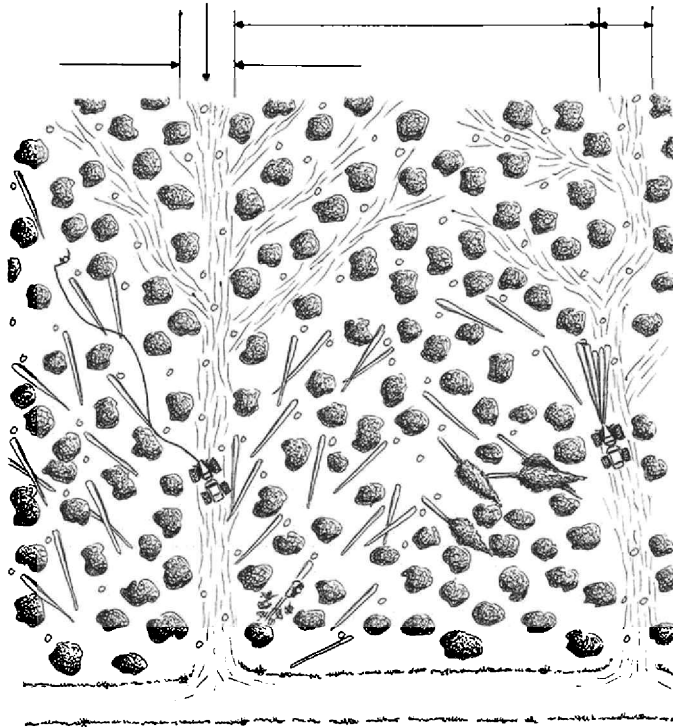


Figura 2.36. Apeo dirigido hacia la zona de reunión en la saca de fuste entero con *skidder*

- c) En el caso de las **cortas finales**, como los árboles suelen ser de gran tamaño y diámetro es frecuente sacarlos del monte como fuste entero realizándose el apeo dirigido hacia la zona de reunión y desembosque.

En algunos montes el motoserrista apea los árboles y posteriormente pasa una máquina cosechadora que realiza tanto el procesado posterior (desramado y tronzado) como la clasificación de la madera. Se apea con motosierra para tener una altura de tocón más baja, para no tener problemas de mantenimiento de cosechadora y/o para evitar que las fuerzas que se producen en el apeo de los árboles, si son muy pesados, comprometan la estabilidad de la máquina.

2.2.1.1.6. Método de trabajo

La mayor parte de las cuadrillas que trabajan en España inician la corta abriendo la calle y trabajando en paralelo por la entrecalle. Los árboles de la calle se apean todos y se trabaja de abajo arriba para tirar estos árboles hacia zona despejada. En la entrecalle hay que seleccionar los árboles y se suele trabajar desde la zona más próxima a la calle, ya libre de arbolado, hacia el interior de la entrecalle.

El **apeo planificado** requiere formación profesional específica y, hasta ahora, no ha sido muy utilizado en los montes españoles

En el apeo planificado el operario decide cómo y en qué orden se van a tirar los árboles de cada tramo en el que realiza su trabajo. Se mejora el rendimiento del trabajo y es más garantista en cuanto a la seguridad y salud de los operarios. Los objetivos principales del apeo planificado son los siguientes:

- Elevar la altura de trabajo para evitar problemas por fatiga postural.
- Disminuir las distancias de reunión de la madera.
- Disminuir el esfuerzo para reunir la madera seleccionando siempre el árbol o la troza más voluminosa para que sirva de base a la pila y apilando el resto de trozas sobre ella.

Las técnicas de apeo planificado son relativamente sencillas en las cortas finales donde quedan pocos árboles en pie, pero son más difíciles de llevar a cabo en las cortas selectivas. A continuación se describen algunas de estas técnicas de apeo planificado.

- a) Técnica de apeo para **cortas selectivas** (primeros claros o claras) con transporte de **trozas** o fuste entero (si son pequeños) a distancias variables y en que la extracción se hace con grúas de **autocargador** (con alcance entre 8 y 10 m) o **cableado con skidder** (Figura 2.37).

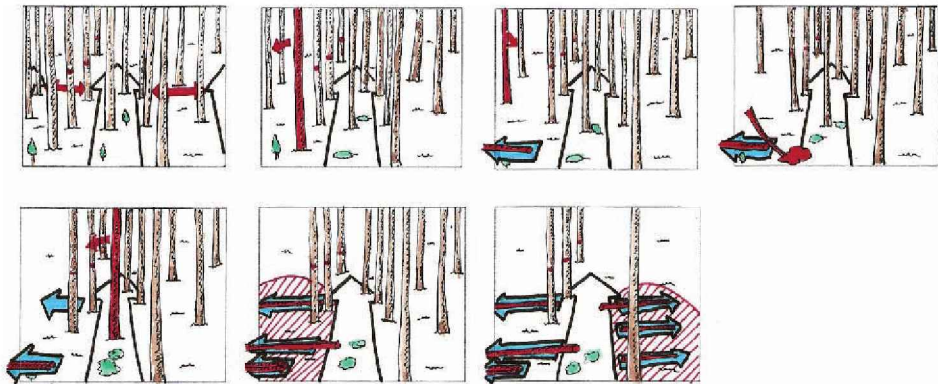


Figura 2.37. Apeo planificado en cortas selectivas

1. Se determina la **posición de la calle** y se señala la misma. La distancia entre las calles viene marcada por el doble del alcance de la grúa del autocargador o por la altura media de la masa. Debe elegirse la distancia mínima de estas dos opciones.
2. En la calle se **podan los árboles situados a ambos lados** y se **elimina la maleza de la franja** en que se está actuando (15-20 m). No se cortan los árboles de la calle. Se planifica la actuación de la entrecalle.

3. **Se tira el primer árbol del borde de calle que será el más grande de todos** y ese determina el lugar donde se apilarán el resto de árboles. Se apea cruzando la entrecalle y sirve de apoyo al resto de árboles que se van a apea levantando la altura de trabajo.
4. Se apean los árboles sobre el que sirve de base y se apilan a medida que van cayendo, cuidando de que las pilas queden dentro de la franja de acción de la grúa del autocargador o cable de *skidder*.
5. Se termina el trabajo en la entrecalle y se apean los árboles situados en la calle.
6. Se planifica la siguiente franja de actuación (15-20 m) y se repite el procedimiento descrito (pasos 1 a 5).

Se finaliza el trabajo de un lado de la entrecalle antes de comenzar con el otro

Se realiza la corta en el otro lado de la calle y la madera está lista para su extracción. Esta técnica es adecuada en montes en los que los árboles tienen gran cantidad de ramas delgadas.

Recomendaciones a tener en cuenta:

- Apear y apilar en una sola operación: apilar los árboles pequeños es fácil. Se realizan dos cortes superpuestos y se trabaja con la motosierra por uno de los lados. Se inclina el árbol, guiándolo hacia la posición deseada.

Para simplificar el apilado: se tala el árbol de manera que la copa quede levantada del suelo. Se sujeta el tronco con las pinzas o gancho de maderero y se coloca el árbol sobre la pila.

- b) Técnica denominada **“banco de trabajo”**: adecuada para el apeo de árboles grandes (se pueden obtener trozas para aserradero y para trituración), arbolado con mucha **ramosidad** (se busca dejar las ramas concentradas en la calle) o en terrenos sensibles al tránsito de maquinaria (para que pasen sobre las ramas). El método asegura una altura de trabajo adecuada, facilita el desramado y evita esfuerzos por malas posturas de los operarios. Los restos (ramas secas, maleza, etc.) quedan concentrados en la calle, lo que protege al suelo y a las raíces del tránsito de maquinaria (Figura 2.38).

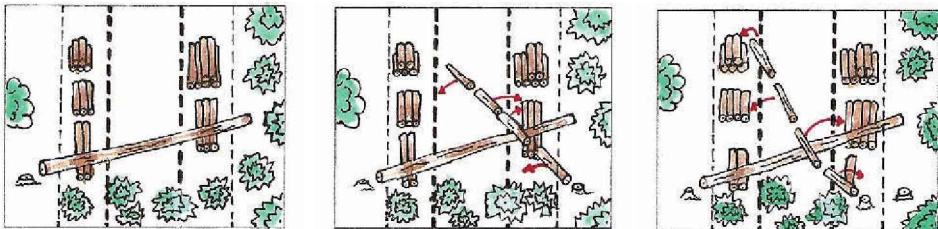


Figura 2.38. Técnica de apeo planificado de banco de trabajo

1. Primero se podan los árboles y se elimina el matorral de la calle en un trecho equivalente a la altura de dos árboles.
2. Se apean, a continuación, uno o dos árboles “caballete” (que son seleccionados de los del borde de calle) y que quedan **atravesados** en la calle. Estos árboles servirán de banco de trabajo en el desramado y apilado de los siguientes.
3. Se apea el resto de los árboles de la calle sobre el/los caballo/s. Se apea siempre hacia abajo y hacia la zona ya apeada y libre.
4. Se realiza el apeo de los árboles de la entrecalle trabajando a lo largo del mismo desde la zona más próxima a la calle y más despejada. Se apean los árboles más cercanos a la calle, hacia un lado o hacia otro buscando reducir la distancia de apilado de las trozas. Las **pilas de trozas** que se van creando se utilizan para apoyar los fustes y formar nuevos bancos de trabajo.
5. Se continúa apeando árboles hacia la calle. Tras finalizar el tramo de un lado de la calle se realiza el otro lado de la calle.

Recomendaciones a tener en cuenta:

Se deben aprovechar los accidentes naturales para apoyar los troncos a una altura que resulte cómoda. Hay que facilitar el trabajo de las máquinas de saca clasificando las trozas por destinos: separando claramente las pilas de trozas para el aserradero y trozas para trituración, por ejemplo.

- c) Técnica denominada “**zona de madera**”: técnica adecuada para el apeo de árboles que **no tengan excesiva ramosidad** que permite reducir al mínimo las distancias de reunión. La técnica aparece recogida en la figura 2.39 y se realiza igual que en el caso anterior, tirando los árboles paralelos a la zona de reunión.

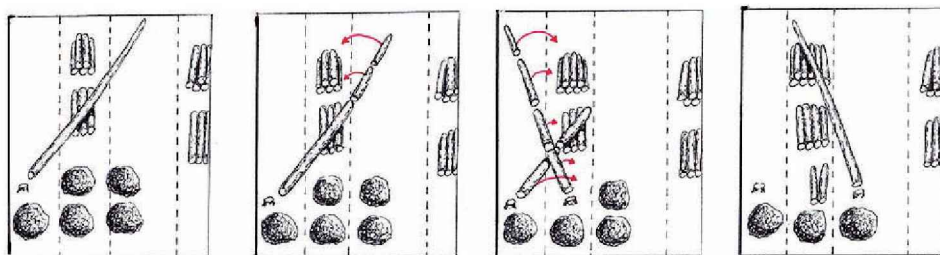


Figura 2.39. Técnica de apeo planificado de zona de madera

- d) Técnica denominada “**apeo en filas**”: método similar al anterior que ofrece gran libertad de actuación. Los troncos proporcionan una altura de trabajo adecuado. El objetivo es limitar en lo posible el apilado manual de trozas y, al mismo tiempo, clasificar la madera, que vaya destinada en estos casos a aserrío, dejándola en el lugar en que se encuentra, fácilmente accesible para la grúa. La única operación manual de apilado que debe realizarse es separar la madera destinada a trituración de la que irá a aserrío. Este método crea una gruesa capa de ramas sobre la que circulará sin dificultades el tractor, evitándose el posible daño al suelo.

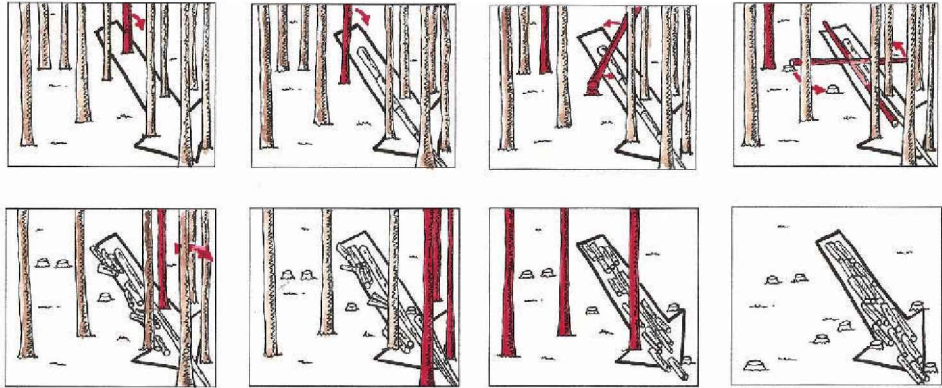


Figura 2.40. Técnica de apeo planificado por apeo en filas

1. Se comienza cortando el árbol más grande y con más ramas sobre la zona de reunión de toda la madera. Se desrama y se marcan las trozas sobre el fuste. Este árbol servirá de caballete para los siguientes.
2. Se apea el siguiente árbol de manera que caiga sobre el árbol anterior y tenga su centro de gravedad sobre el árbol caballete o muy próximo a él.
3. Se desrama el árbol y se marcan las trozas. Si este segundo árbol está bien apeado es fácil hacerlo rotar de modo que quede paralelo al caballete. Si se desea aumentar la altura del caballete se deja el árbol en esa posición. En caso contrario, se puede tronzar.
4. Se continúan apeando los árboles de manera que caigan sobre el caballete. Se guía al árbol durante su caída haciendo que el centro de gravedad caiga próximo al caballete. Se consiguen apilar las trozas o el fuste entero en la franja de arrastre del cabrestante del *skidder* o al borde de calle para ser sacados con la grúa del autocargador.
5. Se selecciona un nuevo árbol, suficientemente grueso para servir de caballete.
6. Se sigue avanzando por el trayecto predefinido, apeando primero los árboles que se encuentran más próximos a la fila.
7. A continuación se apean los árboles que están más alejados. Si algunos de ellos se encuentran demasiado lejos para dirigirlos o tenderlos con facilidad sobre el caballete, no se apean hasta la siguiente fila.
8. Finalmente, se tronza el árbol que se utilizó como caballete.

Recomendaciones a tener en cuenta:

Si el árbol no cae equilibrado sobre el caballete, se utiliza una barra de derribo con gancho maderero para hacer rodar el tronco y colocarlo en una posición equilibrada.

- e) Técnica denominada "**bancos paralelos**": adecuada para el trabajo en laderas con **fuerte pendiente** y terreno bastante uniforme. Después de apea los árboles se

dejan rodar ladera abajo. De esta forma los troncos quedan perfectamente apilados sin necesidad del duro trabajo que esto suele conllevar.

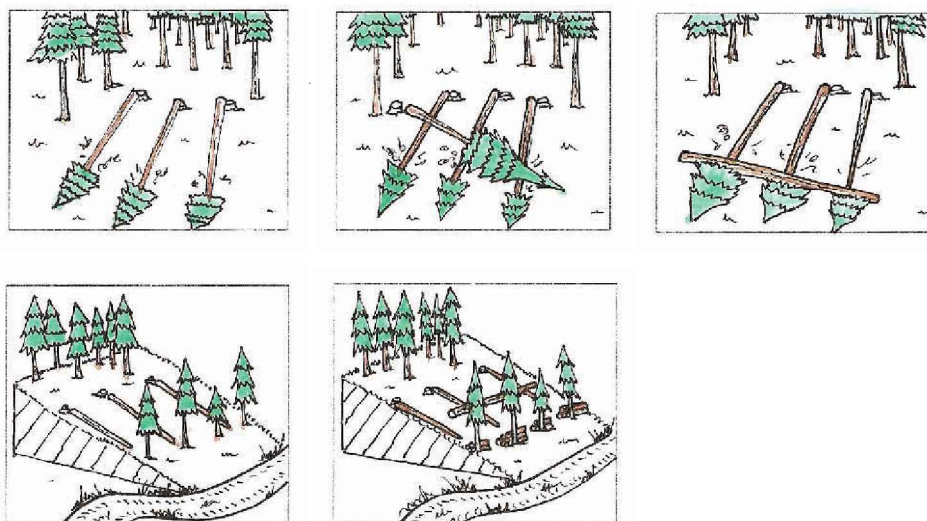


Figura 2.41. Técnica de apeo planificado por bancos paralelos

1. Se empieza apeando tres o cuatro árboles de gran diámetro en la dirección de la ladera, con la copa apuntando hacia abajo. Se desraman y marcan las trozas.
2. Se continúa apeando a lo largo de la franja al pie de la ladera. Mientras se desrama, el motoserrista debe colocarse en la parte más alta para evitar tener un accidente (si los troncos ruedan durante el desramado).
3. Se sigue subiendo por la ladera. Se intenta que debajo de los árboles que sirven de caballete no queden acumuladas ramas o arbustos, ya que podrían impedir que los troncos rodasen con facilidad.
4. Se apean los árboles de manera que la copa esté orientada ladera abajo pero ligeramente hacia uno de los lados. De esta forma, cuando el árbol comience a rodar el recorrido del extremo inferior del tronco será mayor que el de la copa.
5. Se poda el tronco y se marcan las futuras longitudes de tronzado antes de terminar de cortar la bisagra y dejarlo rodar. Es bueno dejar varios árboles en pie al final de la ladera para que actúen como freno. Se talan y podan varios árboles antes de descender ladera abajo para tronzar los troncos.
6. Se sigue talando por la ladera. Hay que comenzar siempre por los árboles que se encuentran en la parte inferior, trabajando desde abajo hacia arriba. Finalmente, se trocean parcialmente los árboles utilizados como caballete.

Recomendaciones a tener en cuenta:

- Se deja una buena bisagra al realizar el corte de apeo para que el tronco permanezca unido al tocón hasta que se decida moverlo.

Al trocear los árboles utilizados como caballete no hay que cortar todo el tronco, sino que se deja una **bisagra**, como al talar. De esta manera con la grúa se podrá recuperar el fuste entero

- f) Técnica de apeo planificado para el **arrastre de fuste entero**: adecuada para la **corta final** (a hecho o casi) de árboles de grandes dimensiones en terrenos que permiten el arrastre. Los fustes caen a una altura de trabajo adecuada y en la calle queda una capa de restos de corta. Los fustes se agrupan correctamente para ser enganchados por el cable del *skidder* que saca los árboles de forma arrastrada.

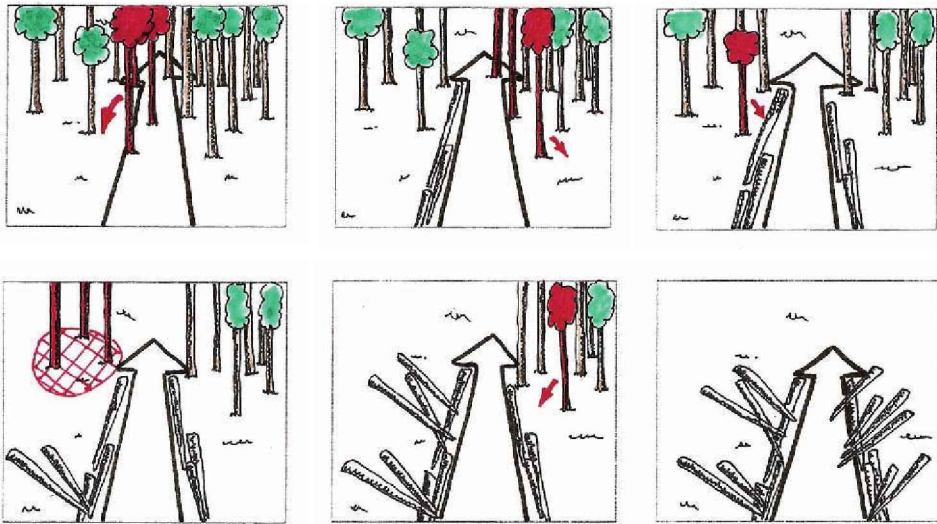


Figura 2.42. Técnica de apeo planificado para arrastre de fuste entero

1. Se apean los árboles de un lado de la calle. Se realiza el apeo de una franja de en torno a dos veces la altura media del árbol.
2. Se apean los árboles del otro lado de la calle de forma que esta queda claramente definida.
3. Se apean otros árboles de forma que queden dispuestos en forma de espina de pescado con las copas apuntando hacia la calle. Si el terreno tiene pendiente se comienza desde abajo hacia arriba y desde la zona más cercana a la calle hacia la zona más alejada. Se utilizan los primeros árboles apeados como banco de trabajo o caballete y se continúa trabajando, intentando agrupar la mayor cantidad de fustes posible.
4. Se continúa en el mismo lado hasta llegar al final del área de corta.
5. Se repite el procedimiento en el otro lado de la calle.

Los fustes habrán quedado perfectamente agrupados, lo que simplificará la tarea de engancharlos a la máquina de arrastre.

2.2.1.2. Elementos a considerar en la dirección de caída del árbol

2.2.1.2.1. Distancias de seguridad

La distancia de seguridad es la distancia mínima a que deben situarse otros operarios, personas o maquinaria presentes en la zona de trabajo, para asegurar que no ocurre un accidente.

La distancia de seguridad en el momento de arranque de la motosierra es de **2 metros**.
Ninguna persona debe estar a menos de esa distancia

La distancia de seguridad respecto de otro operario en el apeo manual es de dos veces la altura del arbolado que se está derribando. Esa es la distancia mínima a mantener con respecto a otros trabajadores o máquinas que operan en la misma obra (Figura 2.43). En algunos textos se recomienda subir esta distancia hasta 2,5 veces la altura presumida del árbol a apearse.

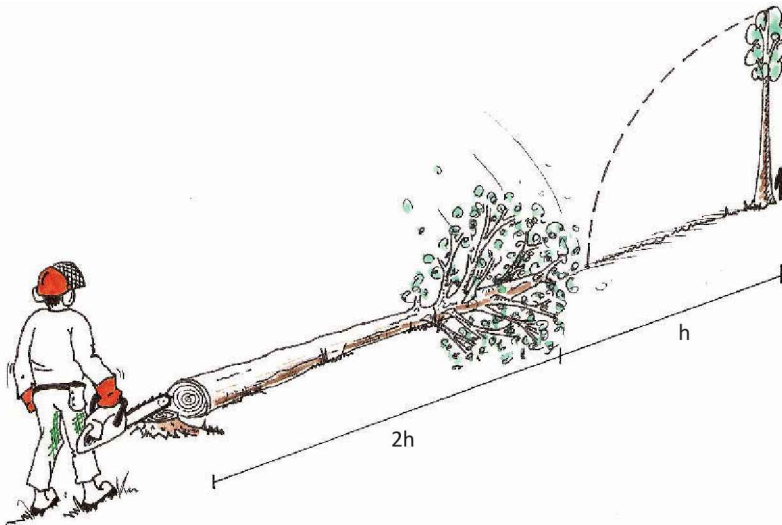


Figura 2.43. Distancia de seguridad en apeo de árboles (h : altura del árbol)

El peón forestal que esté ayudando al motoserrista en la operación de corta (por ejemplo, apilando) deberá situarse cerca de la base del árbol en el lugar que le indique el motoserrista que apea el árbol. El motoserrista deberá mantener la distancia de seguridad que, si se está trabajando con **procesadoras forestales**, debe ser la mayor de las siguientes:

- 25 metros con respecto a la circunferencia de giro máxima descrita por la grúa del cabezal cosechador.
- 2-2,5 veces la altura de los árboles.

La distancia de seguridad respecto a tractores forestales **autocargadores** o tractores agrícolas adaptados es de 25 metros como mínimo con respecto a la máquina. En el caso de ser un **skidder** o tractor con un cabrestante en que se utilice el cable para sacar madera, la distancia mínima de seguridad es de 25 m alrededor del cable extendido.

Estas distancias respecto de la maquinaria tienen especial relevancia en cortas en plantaciones (choperas, por ejemplo) ya que en ellas se concentra gran cantidad de maquinaria y personal en una pequeña superficie.

2.2.1.2.2. Vías de escape

Las vías de escape son las dos diagonales opuestas a la dirección de caída del árbol. Tal y como indica el nombre, es el lugar por el que debe retroceder el motoserrista una vez que ha acabado el corte de apeo y se produce la caída del árbol. Existe cierta probabilidad de que el árbol en su caída retroceda y el lugar más seguro es una de estas vías de escape. La importancia de estas vías de escape se hace clara en caso de que aparezcan complicaciones, como cuando un árbol que se quería tirar hacia adelante cae para atrás inesperadamente, por ejemplo por pudriciones internas.

Siempre es recomendable realizar adecuadamente el corte de dirección e introducir una o dos cuñas en el corte de tumbado aunque no parezca necesario. Se evita así que el árbol se incline hacia atrás

Las vías deben estar despejadas de matorral, pedregosidad, y cualquier tipo de obstáculo que pudiera provocar la caída del operario en su retirada tras apeo un árbol. Es imprescindible, por tanto, limpiar la vegetación que rodea al árbol antes de apearlo.

En la figura 2.44 se muestra un ejemplo de determinación de zonas de riesgo para el motoserrista. La situada detrás del árbol es la dirección de caída seleccionada por el motoserrista, que ha realizado los cortes de apeo adecuados para que el árbol caiga hacia esa zona. La zona rayada delante del árbol es la zona de riesgo hacia la que el árbol podría caer en dirección opuesta a la definida por el operario.

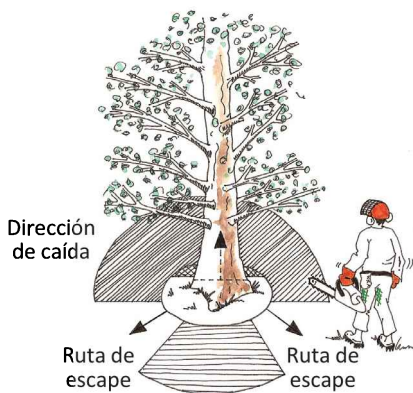


Figura 2.44. Vías de escape el motoserrista en el apeo de los árboles. Zonas de riesgo sombreadas

2.2.1.2.3. Obstáculos: tendidos, edificios y otros

Los tendidos y edificios son obstáculos muy importantes en el apeo de árboles. En el reconocimiento previo se debe registrar su situación y organizar el trabajo en los alrededores de los mismos.

En el entorno forestal el operario puede encontrar tendidos de teléfono o eléctricos, edificios (viviendas, refugios de montaña, etc.), infraestructuras, etc. En los casos en que forman parte de patrimonio (castros, dólmenes, etc.) hay que recordar que es necesario pedir permiso para realizar cortas en sus alrededores.

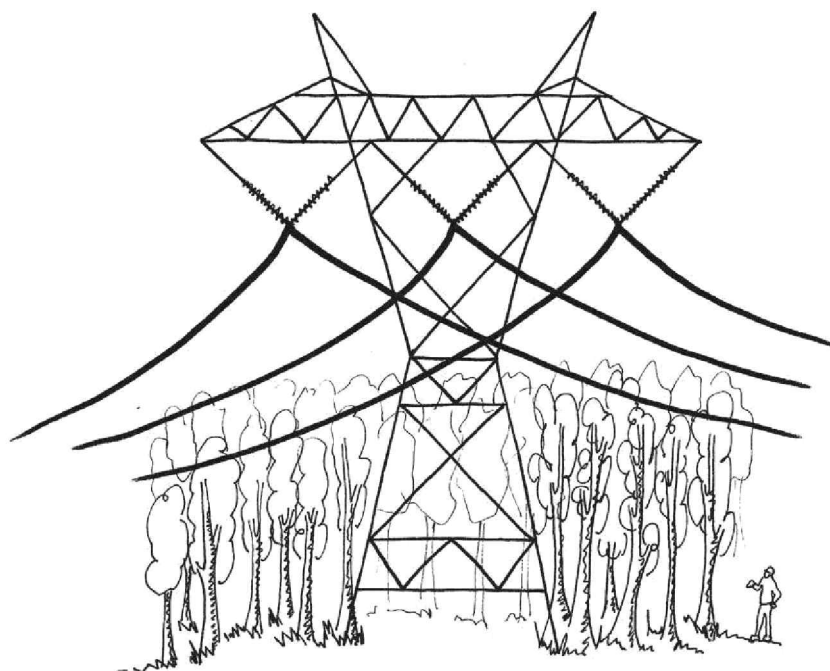


Figura 2.45. Tendido eléctrico en monte

En el caso de realizar apeo de árboles en zonas próximas a líneas de alta tensión (Figura 2.45) se deben tomar las siguientes medidas:

- El jefe de obra debe asegurarse de que los árboles nunca podrán llegar en la caída libre ni al tendido, ni a la distancia mínima de seguridad de las líneas eléctricas. Estas distancias son variables según la tensión existente en dichas líneas.
- Las distancias mínimas de seguridad para evitar el riesgo de arco eléctrico con respecto a bosques, árboles y masas forestales, según el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión (RTLEAAT-Decreto 3151/68), son las que determina la siguiente fórmula:

$$\text{Distancia} \geq 1.5 + U/100 \text{ metros}$$

Donde U es la Tensión Nominal de la línea en Kilovoltios. Independientemente de lo anterior, la distancia mínima a la que un árbol derribado puede acercarse en su caída a una L. A. T. será de cuatro metros en ambientes secos y ocho metros en el caso de ambientes húmedos.

- El jefe de obra comunicará telefónicamente al responsable de la empresa eléctrica cualquier incidencia o anomalía.

Debe citarse que en España se realizan, cada vez con más frecuencia, trabajos de mantenimiento de vegetación próxima a líneas eléctricas desde helicóptero (Figura 2.46). Estos trabajos exigen conocer, además de las recomendaciones del apeo, la normativa específica para el trabajo forestal con helicópteros.



Figura 2.46. Trabajos de mantenimiento de vegetación próxima a líneas de alta tensión desde helicóptero y detalle de la sierra empleada

2.2.1.2.4. Observación de los árboles a talar

El operario forestal debe conocer las diversas fuerzas que actúan sobre el árbol y que pueden dificultar el apeo. El operario decide la dirección de caída más idónea, para lo que se tendrá en cuenta la caída natural del árbol (Figura 2.47).

La dirección de **caída natural** del árbol es aquella en la que el árbol tiende a caer debido a factores como su propio peso, su estado vegetativo, la inclinación de su fuste, la forma de la copa, la fuerza y dirección del viento, el peso de la nieve, etc. Se puede realizar una valoración inadecuada de alguno de estos factores y, en esos casos, un pequeño error será suficiente para que se produzcan situaciones peligrosas.



Figura 2.47. Factores a observar antes del apeo (rama lateral, viento, forma de copa)

Una negligencia o error de apreciación de alguno de los factores que determinan la caída de un árbol puede causar **accidentes graves**

Los operarios comienzan a valorar el estado del árbol que van a apeaar desde el momento en que finaliza la elaboración del árbol anterior y antes de empezar el desplazamiento al siguiente elevan la mirada hacia arriba evaluando su estado: ven la copa, su inclinación, si está partido en altura, si tiene ramas gruesas laterales, etc. Desde esa posición se tiene más perspectiva, pero aun así al acercarse a la base se vuelve a valorar el estado del árbol.

2.2.1.2.4.1. Estado general del árbol a talar: morfología y fisiología

El motoserrista, en función del estado del árbol a cortar, escoge la **técnica de apeo** apropiada en condiciones óptimas de seguridad, disminuyendo los posibles daños en el entorno y facilitando la posterior operación de saca.

Además, en esa evaluación se debe prever el comportamiento del árbol y los eventuales peligros que puedan surgir. Por eso, antes de cortar un árbol hay que observar, al menos, los siguientes puntos:

– **Morfología** del árbol:

- **Tipo de fuste:** comprobar si está torcido o es recto. Hay que tener especial cuidado con árboles partidos por el viento o la nieve que pueden tener ramas o la copa unida, en todo o en parte, al árbol.
- **Grosor del árbol:** distinguiendo árboles finos de pequeño diámetro, árboles medios y árboles gruesos de gran diámetro (altura y volumen), cuyo grosor puede ser superior a dos veces la longitud de la espada de la motosierra que se está utilizando (Figuras 2.48 y 2.49).



Figura 2.48. Masa joven con diámetros medios en torno a 15 cm



Figura 2.49. Masa madura con diámetros medios en torno a 50 cm

- **Altura del árbol:** es la que marca la distancia de seguridad entre los operarios. Además se tiene en cuenta para no invadir pistas u otras zonas. Por último hay siempre que intentar evitar que los árboles al caer se enganchen en otros en pie, provocando lo que se conoce como “árboles engarbados” o “árboles enganchados”.
- **Forma de copa:** considerando si es regular y simétrica o irregular y asimétrica. Las copas irregulares pueden hacer variar el centro de gravedad del árbol.



Figura 2.50. Árbol con copa asimétrica por rama lateral
(Foto: Pablo Pazos)

- **Ramosidad:** es, junto con la forma de copa, especialmente importante. Se puede distinguir entre árboles con gran volumen de ramas o con poco volumen, con ramas quebradizas o ramas elásticas. Los árboles de gran porte con abundancia de ramas de gran tamaño y en un lado del árbol (lo que se conoce como “porte en bandera”) puede presentar problemas en el apeo al funcionar la ramosidad como una vela frente al viento (Figura 2.51).



Figura 2.51. Árboles con porte en bandera

- **Base del tronco:** se debe comprobar su estado y si el árbol está ahorquillado o bifurcado. Dos fustes que han crecido juntos se denominan “gemelos” y se recomienda que si se apea uno de los dos, se apea el otro también.
 - **Forma del tronco:** fundamentalmente, si es cónico o cilíndrico, si está torcido o si tiene costillaje o irregularidades laterales.
- **Fisiología del árbol:** se debe tener en cuenta sobre todo el estado de la madera del árbol que se va a apea, distinguiendo entre árbol sano o árbol con posibles podredumbres o daños internos. En árboles viejos es posible que se detecten síntomas de podredumbre interna. Por ejemplo, hayas de gran tamaño pueden presentar la anomalía denominada “corazón rojo” en la parte interna del fuste, fase de pudrición de la madera que provoca una pérdida de resistencia a tener en cuenta para controlar el apeo y que el árbol no se caiga antes de lo programado por el motoserista. De forma similar, los pinos pueden tener chama, o los castaños y nogales tener chancro

o tinta que afectan a las características y resistencia de la madera. Además, se debe tener en cuenta que la madera de las coníferas en invierno es más dura (en parada vegetativa la madera presenta más dureza que en actividad vegetativa), mientras que en las frondosas pasa lo contrario.

2.2.1.2.4.2. Árboles especiales: inclinados o descompensados, huecos, muertos, enganchados y derribados por el viento

El operario se debe fijar en el tipo de árbol que va a apear comprobando si está **inclinado** o está descompensado, es decir, si su centro de gravedad (cdg) está desplazado de la posición central (por ejemplo con porte en bandera o con ramas gruesas en el lateral de fuste).

En la figura 2.52 se puede ver la situación de diferentes centros de gravedad en dos árboles y la dirección de caída natural de cada uno de esos fustes.

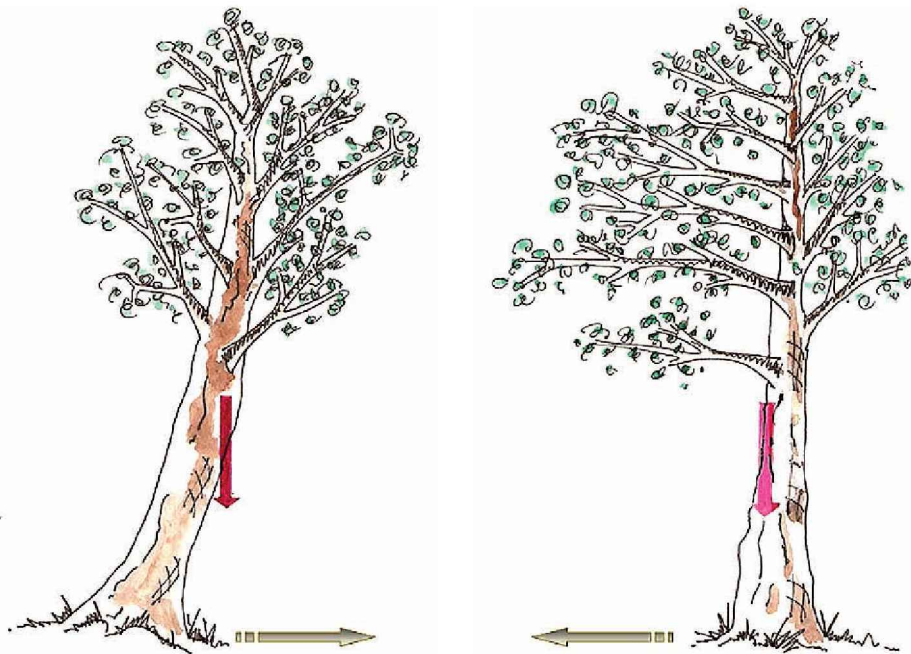


Figura 2.52. Centro de gravedad (cdg) de diferentes árboles y dirección de caída natural

Los **árboles muertos** se apean como los demás salvo que se sospeche que exista podredumbre interna u oquedades. Si es así, hay que tener especial cuidado y dejar la franja de fractura o charnela (más ancha para evitar que el árbol caiga de forma imprevista). En cualquier caso, es una situación peligrosa por la dificultad de estimar su resistencia.

Especial mención merece el trabajo con árboles quemados (Figura 2.53) tras un incendio forestal. Se debe tener en cuenta que la madera está más seca y puede ser más quebradiza que con el árbol verde. Las condiciones de trabajo son muy duras ya que el motoserrista no está bajo cubierta arbolada y sufre más las condiciones meteorológicas; además, el manejo de

la motosierra en apeo, desramado y tronzado genera movimientos de cenizas que implican que el mantenimiento del filtro tiene que ser más frecuente. El operario inhala gran cantidad de ceniza durante esas labores pero el momento más problemático es cuando el árbol cae y levanta la ceniza del suelo generando una falta de visibilidad durante unos momentos. Es fundamental mantener en todo momento las distancias de seguridad y se recomienda trabajar con mascarillas.

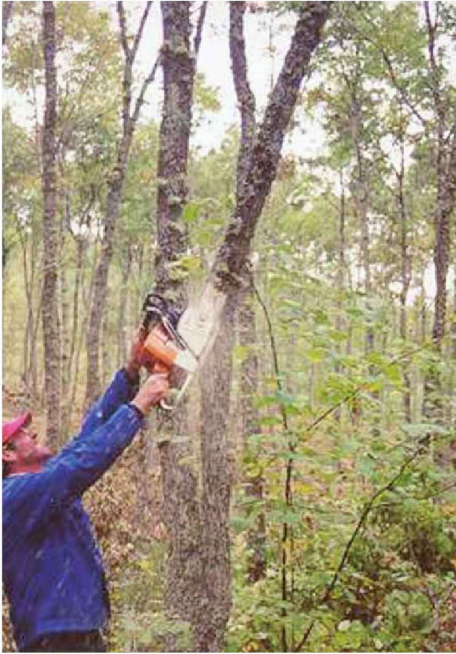


Figura 2.53. Árboles muertos tras un incendio

Los árboles engarbados (es decir, enganchados) se originan durante el apeo de árboles en pie cuando al caer un árbol sobre otro queda enganchado en su ramaje

El engarbe o enganche de un árbol es una situación de riesgo y se debe proceder de manera adecuada. Cuando durante su apeo, un árbol queda enganchado en otro, existe tendencia por parte de los operarios a solucionarlo de forma arriesgada. Es importante recordar que hay que **evitar actuaciones de peligro**, y por tanto:

- No intentar tirar el árbol enganchado manualmente. Utilizar la técnica adecuada.
- No apear el árbol que soporta el enganchado.
- Nunca apear otro árbol sobre el enganchado.
- Nunca realizar cortes con la motosierra por encima de la altura del hombro para que el fuste caiga fuera de control.



Figuras 2.54 y 2.55. Malas prácticas de tronzado en altura



Figura 2.56. Trabajo en los alrededores de árbol derribado



Figura 2.57. Intento de apeo de árbol enganchado

Para derribar el árbol enganchado deben emplearse las herramientas adecuadas antes de cortarlo. Lo mejor es usar **medios de saca** para derribarlo (mulas, tractores) tirando de él

Los **árboles derribados por el viento** se producen tras episodios periódicos de alta intensidad y velocidad de viento en algunas regiones de Europa. En este tipo de catástrofes se cae gran cantidad de madera, quedando muchos árboles partidos a diferentes alturas, otros desarraigados parcial o totalmente y algunos enganchados en otros que permanecen en pie (Figura 2.58).



Figura 2.58. Árboles derribados y desarraigados total y parcialmente

Al tratarse de catástrofes, las autoridades y administraciones se movilizan con urgencia tanto para despejar de arbolado principalmente las vías de acceso como para no tener problemas de plagas en la primavera o verano siguiente. Sin embargo, aun siendo necesario actuar con tal rapidez, debe mantenerse como prioridad la seguridad de los trabajadores. Para ello es esencial conocer las técnicas adecuadas para evitar la gran cantidad de accidentes laborales que se han producido históricamente en estas circunstancias.

La **clasificación** de árboles afectados por vendavales distingue entre árboles totalmente derribados y árboles inclinados o engarbados (proyecto STODAFOR):

- **Árboles derribados** totalmente, que tienen la copa en el suelo y pueden ser:
 - Desarraigados con la raíz totalmente descalzada o con parte de la raíz unido al suelo.
 - Árboles partidos, se distingue los partidos por la base (se puede utilizar el fuste para madera larga) y árboles partidos en altura (no se puede usar más que para madera de poca calidad; generalmente se tronzan como madera corta).
- **Árboles no derribados pero afectados** de diferentes modos, que generalmente tienen desplazados sus centros de gravedad y se clasifican en los siguientes tipos:
 - Árboles con la copa ladeada lateralmente en la misma dirección en que les incidió el viento pero con sistema radical sano, firmemente unidos al suelo.
 - Árboles con la copa ladeada lateralmente con el sistema radical ligeramente levantado pero en contacto suficiente con el suelo.
 - Árboles enganchados en otros en pie con sistema radical dañado y en contacto insuficiente con el suelo.

- Árboles cuya copa está ligeramente dañada por pérdida de una rama lateral gruesa (generalmente en frondosas).
- Árboles cuya copa está dañada por pérdida de ramas laterales, afectando incluso a la punta que afecta a la conformación del árbol.
- Árboles con pérdida total de copa, quedando solo una rama lateral.

2.2.1.2.4.3. Características de la madera: dureza, fibrosidad, resistencia, tracción y compresión

La madera a cortar con la motosierra va a presentar diferencias de resistencia en función de la especie de que se trate y de la forma de crecimiento del árbol.

Los árboles que han crecido inclinados o con fuerte exposición a viento lateral pueden presentar la denominada **madera de reacción** (Figura 2.59). Esta inclinación obliga al árbol a modificar su anatomía y produce un tipo de fibras vegetales diferentes de las normales, cuyas características más destacables están encaminadas a compensar la inclinación (Figura 2.60).



Figura 2.59. Madera de reacción



Figura 2.60. Masa arbórea con madera de reacción

La madera de reacción en el caso de las coníferas se forma en el lado contrario a la inclinación del árbol, con células denominadas de compresión, mientras que en las frondosas se forma en el mismo lado de la inclinación, con células denominadas de tensión o tracción (Figura 2.61).

Las fibras en la madera de reacción son más duras y también, menos resistentes y frágiles que las de la madera normal. Este fenómeno y la inclinación que lo causa deben tenerse en cuenta en el apeo pues puede que el árbol se caiga antes de tiempo o en una dirección no prevista. También puede incluso producirse una rotura en la base, circunstancias todas ellas que pueden ocasionar accidentes de cierta gravedad además de provocar una pérdida de madera.

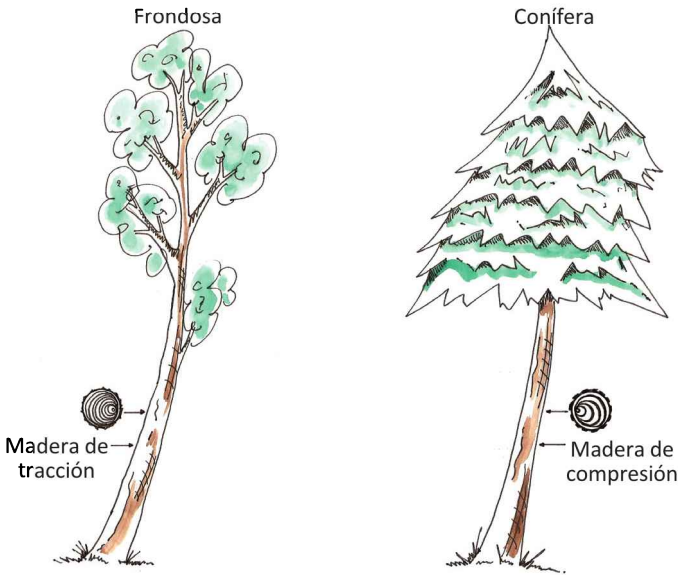


Figura 2.61. Madera de reacción en coníferas y frondosas

La **excentricidad de corazón o tableadura** sucede cuando la anchura de los anillos de crecimiento se produce de forma desigual dentro de una misma capa, repitiéndose esta circunstancia a lo largo de los años (Figura 2.62). Se origina en causas genéticas o por la madera de reacción. Este defecto en la sección del árbol también puede provocar la caída del árbol de forma incontrolada.

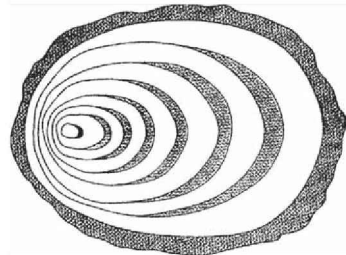


Figura 2.62. Excentricidad y tableadura (Vignote, 1995)



Figura 2.63. Árbol de fibra revirada

La **fibra revirada o espiralada** de un árbol es una anomalía que se caracteriza porque en el crecimiento del árbol, su fibra se orienta de forma inclinada respecto del eje, desarrollándose helicoidalmente con mayor o menor ángulo. El desarrollo helicoidal puede ser de derechas o diestro (izquierda-abajo, derecha-arriba) o de izquierdas (derecha-abajo, izquierda-arriba) (Figura 2.63). En cualquier caso, la resistencia del árbol es menor y con ello su caída se puede producir de forma inesperada, poniendo en riesgo la seguridad de la operación.

2.2.1.2.4.4. Condiciones meteorológicas: vientos, heladas, nieve y niebla

Las condiciones meteorológicas influyen en el apeo de los árboles y los operarios deben saber valorarlas adecuadamente. Un error de apreciación puede provocar una situación inesperada y poner en riesgo la seguridad del trabajador. Además es un factor a tener en cuenta para el confort del operario. Las temperaturas extremas o la presencia de lluvia aceleran la fatiga y perjudican la concentración del operario.

El viento modifica el estado de las fuerzas que actúan sobre el árbol y puede modificar su dirección de caída, por lo que el operario tiene que tenerlo presente cuando efectúe el apeo. Además, un viento intenso puede provocar que se rasgue la madera y el árbol caiga de forma incontrolada.

Por encima de los 50 km por hora de velocidad del viento, deben suspenderse las operaciones de apeo y tala de los árboles

Las **heladas muy fuertes** y continuas a lo largo de varios días pueden provocar que los primeros centímetros de la base del árbol se hielan. Con ello aumenta de forma muy importante la dureza del árbol. Se puede facilitar el apeo cambiando los ángulos de los dientes gubia de la motosierra, pero la dureza de las condiciones de trabajo puede llegar a hacer aconsejable que esos días se suspendan los trabajos previstos.

La presencia de **nieve** supone un problema para realizar el apeo puesto que, para descubrir la base del árbol y conseguir llegar a ella, obliga a quitarla. El trabajo en esas condiciones solo compensa cuando la altura de nieve sea de unos centímetros. Se debe considerar que en la copa queda retenida una gran cantidad de nieve que puede alterar la dirección de caída prevista o desprenderse bruscamente sobre el operario.

Para alturas de **nieve** mayores de 30 cm, se aconseja suspender los trabajos previstos hasta que las condiciones se normalicen

La **niebla** espesa impide al operario observar la dirección natural de caída del árbol, la situación de las ramas, la existencia de ramas muertas u otros elementos, y puede hacer que la operación sea realmente peligrosa. Al igual que en los casos anteriores, el operario debe suspender los trabajos hasta que cese.

La **lluvia** es un fenómeno meteorológico no solo desagradable sino también de riesgo: además de reducir el rendimiento del operario hace mucho más resbaladizo el terreno, convirtiendo los accidentes por caídas al mismo nivel en el accidente de trabajo más frecuente en los aprovechamientos madereros. En algunas zonas de España, en donde el fenómeno de lluvias es pequeño (Andalucía, Castilla La Mancha) es frecuente que no se trabaje mientras llueve; en cambio, en zonas de lluvias más frecuente (Galicia, Asturias, Cantabria y País Vasco) solo se deja de trabajar cuando son demasiado intensas. En todo caso, se debe tomar especial cuidado en el movimiento de los trabajadores y, por supuesto, exigir que los operarios lleven Equipos de Protección Individual (EPIs) indicados para evitar estos deslizamientos o resbalones.

Por último, el **calor intenso** provoca un aumento muy grande de la fatiga. Es recomendable modificar la jornada de trabajo, llegando al monte momentos antes del amanecer y abandonándolo cuando el calor es intenso. Debe beberse agua abundante y frecuentemente, aunque no se tenga sensación de sed. En montes incendiados es especialmente grave la exposición al calor y puede haber presencia de troncos quemándose internamente. En estos casos hay que tomar medidas de seguridad adicionales.

2.2.1.2.5. Posiciones adecuadas de trabajo

Los métodos adecuados de trabajo con herramientas manuales permiten que el cuerpo realice movimientos de forma natural para no forzar nunca a posturas incómodas o extrañas.

Los resbalones son causa frecuente de accidentes. Deben utilizarse siempre **botas antideslizantes** para el trabajo forestal

Para ello se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Situar los **pies** firmemente en el suelo sin riesgo a resbalarse. Para ello debe situarse de tal manera que las piernas estén separadas un pie por detrás de la una de la otra. Las botas deben tener suelas antideslizantes para evitar los resbalones (Figura 2.64).
- Mantener la **motosierra** cerca del cuerpo. El centro de gravedad de la motosierra y el del motoserista deben estar lo más cerca posible (Figura 2.64). La motosierra se debe apoyar en el tronco y las piernas. Esto alivia el peso sobre la espalda y los brazos, y también permite controlar la motosierra con la máxima fuerza posible en caso de retroceso. Los brazos y manos guiarán la motosierra con movimientos naturales soportando el menor peso posible.
- No forzar la **espalda**. El trabajo en el monte implica numerosas acciones que suponen un esfuerzo para la espalda y ciertas articulaciones (Figuras 2.67, 2.68 y 2.69). En el apeo hay dos momentos en que es de la mayor importancia emplear posturas adecuadas:
 - Al realizar el apeo o la retirada de vegetación alrededor del árbol el operario debe agacharse doblando las piernas, manteniendo la **espalda lo más recta posible** apoyando los codos en sus rodillas. Así descansa parte del peso de la motosierra en las piernas (Figura 2.65).
 - En el uso de la palanca de apeo, esta se debe utilizar de forma adecuada: tras introducirla en el corte de caída el operario debe doblar las rodillas y mantener **la espalda lo más derecha y vertical** posible para asegurar una distribución adecuada de la carga (Figura 2.67). En esa postura se puede aplicar esfuerzo sobre los músculos de las piernas.
- Para el **agarre** adecuado de la motosierra se debe tener en cuenta:
 - El **dedo pulgar** debe estar siempre rodeando el manillar, para evitar que la motosierra salga despedida de las manos en el caso de provocarse un golpe de retroceso (también llamado rebote o *kickback*) (Figura 2.66). La mano izquierda se

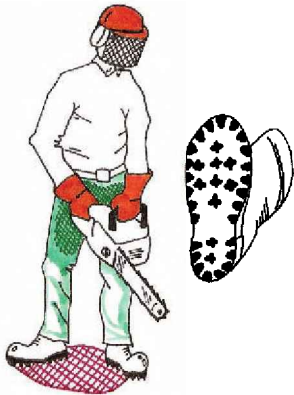


Figura 2.64. Posición de pies adecuada



Figura 2.65. Posición adecuada en el apeo

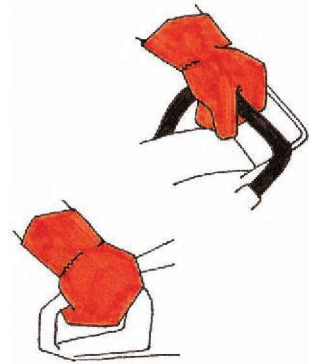


Figura 2.66. Posición adecuada de manos

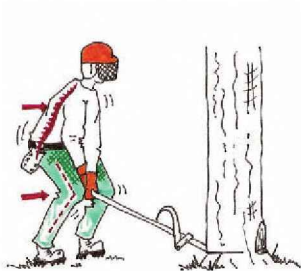


Figura 2.67. Posición adecuada para el uso de la palanca de derribo

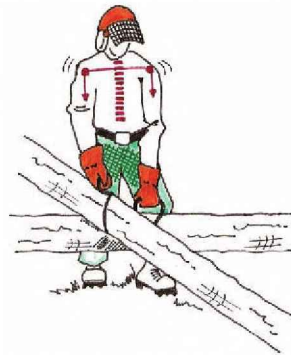


Figura 2.68. Posición adecuada del trabajador durante el movimiento de trozas

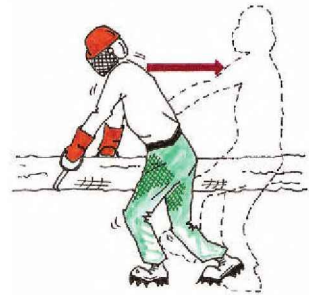


Figura 2.69. Posición adecuada del trabajador en el desplazamiento de trozas

desliza a lo largo del manillar cuando se cambia de posición de trabajo, pero sin necesidad de soltar la motosierra.

- Las **muñecas** siempre deben permanecer rectas. Las muñecas torcidas causan esfuerzos innecesarios en los músculos y los brazos se cansan rápidamente. El manillar gira en la mano cuando se cambia de posición de la motosierra. Al permitirse el giro del manillar sobre la mano, habrá ocasiones en que el operario tendrá que acelerar con el pulgar en lugar de con el resto de dedos.



Figura 2.70. Apeo de árbol

2.2.1.3. Herramientas de apoyo en el apeo de árboles: cuñas, palancas de derribo y martillo

Las herramientas básicas para el apeo de árboles de forma dirigida y controlada son las cuñas, las palancas de derribo y el martillo.

Las **cuñas** son herramientas esenciales para el apeo y el tronzado seguro (Figura 2.71). En el mercado existen cuñas de plástico, de aluminio, de madera y de hierro, aunque estas últimas son poco adecuadas para el apeo.



Figura 2.71. Diferentes cuñas para el apeo

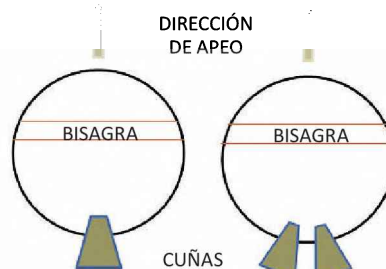


Figura 2.72. Uso de las cuñas

La cuña o la palanca de derribo, al introducirse en la parte opuesta a la dirección de caída, cumplen la función de trasladar el peso del árbol hacia esa dirección de caída.

El uso de la **cuña** es conveniente cuando el árbol es recto y tiene el peso en el centro o cuando el peso del árbol actúa en sentido contrario a la dirección de caída

Se debe seleccionar la cuña correcta para el trabajo a realizar. El tamaño y la longitud de la cuña dependen de su uso. Si la cuña es demasiado pequeña puede ser ineficaz. Las cuñas deben introducirse golpeándolas con una maza. Siempre hay que dar de lleno con la maza para introducir la cuña en el corte.



Figura 2.73. Cinturón de motoserriero con gancho, limas, botiquín, cinta métrica y cuña

Se debe comprobar el estado de la cuña antes de su uso. Las cuñas dañadas se deben desecharse. Si se liman, debe hacerse de acuerdo con el ángulo que indica el fabricante y la forma original. Las cuñas se deben transportar en el cinturón del motoserrista de forma adecuada, y no en los bolsillos de la ropa.

La **palanca de derribo** (Figura 2.74) tiene en el extremo una pieza que, igual que las cuñas, se introduce en el corte de apeo y sirve para apalancar el árbol facilitando su caída.

El **giratroncos** (Figura 2.74) es otra herramienta muy útil que sirve para reunir la madera por rotación. Durante el apeo, es útil si el árbol apeado queda enganchado en otro ya que se debe utilizar este equipo u otro similar para girar el árbol y que este caiga al suelo sin riesgos. Las palancas de derribo muchas veces tienen también un gancho para utilizarlo de giratroncos.

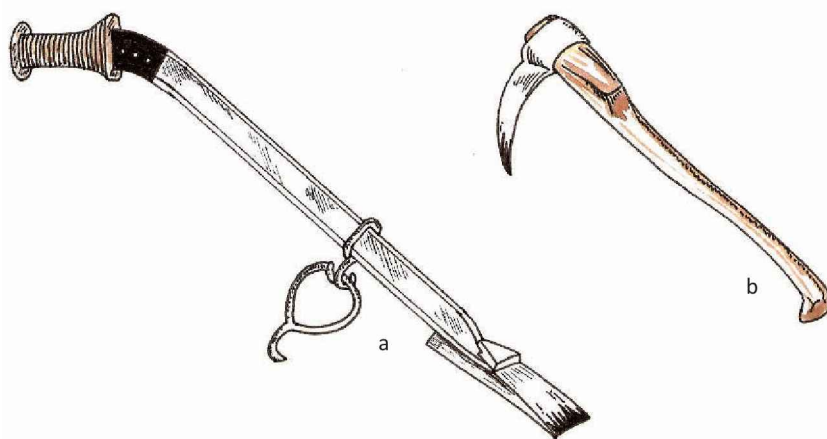


Figura 2.74. Palanca de derribo (a) y Giratroncos (b)



Figura 2.75. Uso de la palanca como giratroncos

El **tirfor o tractel** (Figura 2.76) es un equipo con un cable de enganche que sirve para desenganchar árboles, arrastrar fustes situados en zonas no accesibles o forzar apeos en dirección opuesta a la de caída natural del árbol. De mismo modo actúan los cabrestantes portátiles acoplables a la motosierra (Figura 2.76). El tensor manual se emplea para distancias de hasta 20-25 m. El cabrestante, hasta 50 m.

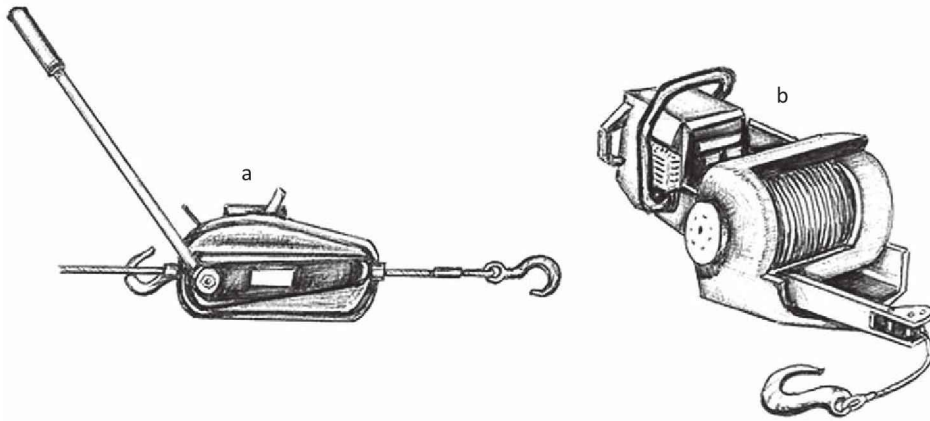


Figura 2.76. Tirfor o tractel (izquierda) y cabrestante acoplado a una motosierra (derecha)

2.2.1.4. Técnicas básicas de apeo

El motoserrista debe ir provisto del equipo complementario y de seguridad y antes de iniciar el trabajo, debe **comprobar**:

- Los niveles de combustible y aceite.
- Que la cadena está correctamente afilada.
- Que la cadena tiene la tensión adecuada.
- Que el engrase de la cadena funciona adecuadamente.

El **arranque** de la motosierra se debe hacer con la motosierra apoyada en el suelo, sólidamente sujeta con un pie y con el freno de la cadena operativo. En esas condiciones se tira de la correa de arranque con la mano diestra. Existen otros métodos de arranque distintos, pero suponen un mayor riesgo para el operario y no son recomendables por razones de seguridad.

La cadena de la motosierra corre hacia adelante por la parte superior de la espada girando por la punta hacia la parte inferior. El punto más problemático es la parte superior de la punta por el **riesgo de retroceso**.

Previamente a la descripción de las técnicas de apeo, debe saberse que las tres formas de discurrir el corte (en el apeo, desramado y tronzado) son:

- a) Corte con la cadena **tirando** (Figura 2.77). La cadena corre hacia atrás, hacia el operador: es decir, el corte se lleva a cabo con la cadena corriendo por la parte inferior



Figura 2.77. Modalidad de corte con la cadena tirando. Las flechas representan la dirección del esfuerzo del motoserrista

de la espada. La máquina es atraída por la cadena –con lo que se reduce el esfuerzo requerido para hacer penetrar la motosierra en la madera– y los dientes de apoyo permiten hacer giros en abanico con facilidad, lo que también disminuye el esfuerzo físico.

En esta modalidad, la parte de la cadena bajo mayor tensión solo roza con la espada en un pequeño tramo de la parte baja de la guía: el comprendido entre la madera y el piñón de arrastre. Por ello, la motosierra dispone de más potencia útil, se desgastan menos piñón, espada y cadena y se reducen las vibraciones. Finalmente, hay que señalar que en este corte el serrín sale proyectado hacia atrás.

- b) Corte con la cadena **empujando** (Figura 2.78). La cadena corre hacia adelante, realizándose el corte con la parte superior de la espada. En este corte, el serrín sale hacia delante. Prácticamente todo el perímetro de la espada roza con la cadena tensionada, por lo que el desgaste es mayor. Además, la espada tiende a salirse del corte (empuja), obligando al operario a hacer fuerza para profundizar.



Figura 2.78. Modalidad de corte con la cadena empujando

El riesgo de retroceso o **rebote** de la motosierra se produce cuando la cadena se atasca al cortar por la punta de la parte superior [cadena empujando] y se produce un movimiento brusco hacia atrás [retroceso]. Cuando se corta con la parte inferior de la motosierra [cadena tirando] se puede producir un movimiento brusco hacia delante [tirón]. Estos riesgos pueden evitarse utilizando las **garras** de la motosierra para sujetarla al tronco

- c) Corte de **punta**. La parte de la cadena que ataca la madera es la que corre por la punta. Este corte es el más delicado de realizar, dado que existe el peligro de que se produzca el rebote. Por ello, no se debe introducir la punta directamente, sino empezar cortando con la parte inferior de la espada e ir girando poco a poco la motosierra de forma que solo se introduzca la punta cuando la espada haya profundizado al menos su propia anchura. Esta técnica se conoce también como corte de mortaja.

El apeo es una operación que exige del motoserrista la máxima destreza. En primer lugar, por su propia seguridad. En segundo, por los daños que puede causar el árbol en su caída. Y en tercer lugar, porque la forma de realizar el apeo condiciona el resto de las operaciones de la explotación, con lo que se convierte en una **fase crucial** para la planificación de su conjun-

to. Las técnicas de apeo planificado, ya comentadas, tienen siempre en cuenta facilitar esas fases posteriores de trabajo. Es reseñable su influencia sobre las siguientes fases:

- El **desrame y tronzado** se realiza de forma adecuada si se consigue que el árbol caído quede ligeramente levantado del suelo –apoyado en otros árboles, pilas, etc.–, ya que el motoserrista puede desramar sin necesidad de inclinarse mucho, reducir el esfuerzo apoyando la motosierra en el fuste, y ahorrarse tener que girar el árbol para desramarlo por la parte inferior. En el tronzado, tener el árbol ligeramente elevado le permite atacarlo por la parte más conveniente, sin correr tanto riesgo de que la cadena se atasque o tropiece con piedras u otros objetos.
- La **reunión** de la madera se facilita si el apeo se dirige de forma que el árbol, en su caída, se aproxime al punto de reunión –por ejemplo, al lugar en que haya que apilar sus trozas–, y se reduce el transporte manual de la madera, que es una de las operaciones más duras de las que componen el aprovechamiento.

A continuación se desarrollan las diferentes técnicas de derribo en función de las condiciones del árbol y del terreno.

2.2.1.4.1. Corte de dirección: corte de apeo, bisagra y control de caída

Antes de realizar los cortes de dirección, se estudia cuál es la dirección de caída natural del árbol, la zona de reunión elegida, la presencia de otros pies o de regenerado susceptible de resultar dañados, etc.

Se despeja un corredor o ruta de escape y después, se deben cortar –si existen– las ramas bajas del árbol hasta una altura algo superior a un metro, dado que pueden dificultar la ejecución del apeo o, al menos, resultar molestas para el operario.

En un **caso general** de árboles de cierto tamaño que no se encuentran en condiciones especiales –árbol muy inclinado, podrido, bifurcado, etc.–, el apeo se realiza mediante el corte de entalladura y el corte de caída (Figura 2.79):

- El corte de **entalladura** es un corte abierto que se realiza en el lado hacia donde se quiere dirigir la caída del árbol. Para darlo, el motoserrista se sitúa mirando hacia la dirección de caída, apoyando la rodilla y el hombro en el árbol para aligerar el peso. Coloca la motosierra sobre el tronco en la dirección de caída. El corte de entalladura debe ser un corte inclinado (hacia el centro del árbol y hacia abajo) con un ángulo de al menos 45°. Después se realiza un **corte horizontal** por debajo del corte de entalladura y que converja con él.
- El corte llamado **de caída** o tumbado es un corte recto que se debe dar en el lado opuesto a la dirección del apeo, dejando una pequeña franja sin cortar para que actúe como un eje o bisagra alrededor del cual girará el árbol al caer.

Para asegurarse de que no se corta la bisagra al profundizar más en la madera, el motoserrista debe observar desde la parte superior del corte de entalladura la adecuada convergencia de cortes. Cuando se encuentran ambos cortes, se desecha una pequeña porción de madera.

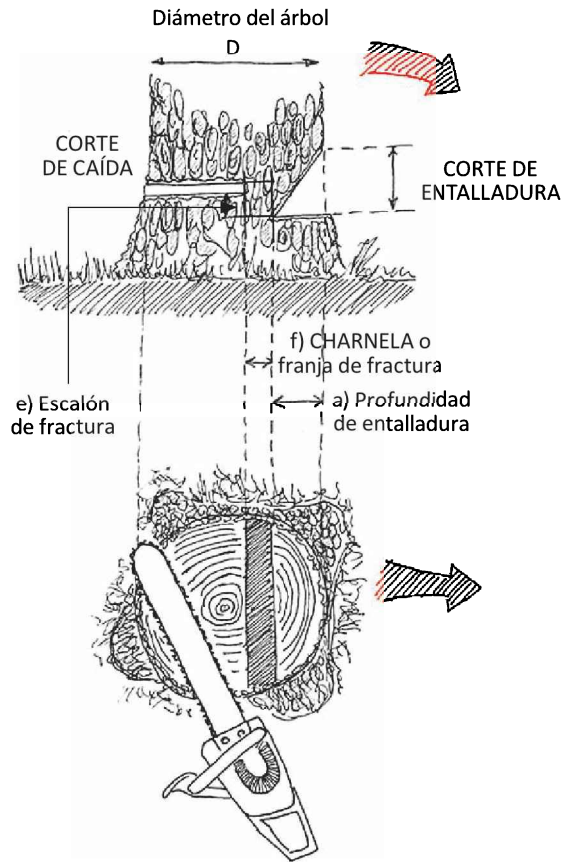


Figura 2.79. Ejecución de los cortes que componen la técnica básica de apeo

Es importante dar las **dimensiones correctas** a los cortes de apeo. No quedarse corto en el corte de entalladura. No cortar de más. No cortar la bisagra

Para que el árbol de cierto tamaño no aprisione la espada frenando el movimiento de la cadena durante el corte de caída, conviene que antes de que se pueda producir el asentamiento del árbol, se introduzca una cuña que lo impida y que fuerce la caída en la dirección deseada.

Considerando que se denomina (Figura 2.79):

- "D" al diámetro del árbol,
- "h" a la altura de entalladura,
- "a" a la profundidad de la entalladura,
- "e" al escalón,
- "f" a la anchura de la charnela o franja de fractura,

las **dimensiones** aproximadas del corte de apeo, pueden describirse y analizarse de la siguiente forma:

- El **corte de la entalladura** vendrá dado por las siguientes expresiones:
 - La **altura h** de la entalladura debe oscilar entre la quinta y la sexta parte del diámetro, es decir:

$$\frac{D}{5} > h > \frac{D}{6}$$

Si la altura de la entalladura (h) es demasiado pequeña se corre el riesgo de que el árbol, después del corte de caída, no tenga holgura suficiente para bascular y quede a merced del viento. Si, en cambio, la altura es muy grande, se desperdiciaría madera innecesariamente.

- La profundidad **a** de la entalladura debe estar entre un tercio y un sexto del diámetro, es decir:

$$\frac{D}{3} > a > \frac{D}{6}$$

Si la profundidad **a** de la entalladura es muy grande, se corre el riesgo de que el árbol caiga prematuramente. Si es muy pequeña, la madera puede astillarse axialmente en su caída, reculando contra el motoserrista.

- El **corte de caída** se realiza un poco por encima del corte de entalladura formando un escalón. Es conveniente que el escalón sea mayor cuanto menos resistente sea la madera. Si no se dejase escalón de fractura, podría vencerse el árbol hacia el lado del motoserrista, con el consiguiente riesgo. La altura del escalón debe oscilar entre la décima y la vigésima parte del diámetro, es decir:

$$\frac{D}{10} > e > \frac{D}{20}$$

- La **charnela o bisagra** tiene como función evitar que el árbol caiga en una dirección imprevista, esto es, de forma incontrolada. Por ello se deja una franja de madera que actúa como eje, llevando al árbol –al menos, dentro de ciertos límites– a caer en la dirección deseada. En ocasiones, puede ser necesario forzar la caída auxiliándose con una palanca que se introduce en la ranura del corte de tumbado. La charnela suele ser en torno a **una décima parte del diámetro**.

La charnela debe ser **más ancha** cuanto menos resistente sea la madera (podriciones internas, madera congelada, etc.)

2.2.1.4.1.1. Apeo de árboles cuyo diámetro es menor de la longitud de la espada

Se pueden distinguir dos casos: el apeo de árboles pequeños y árboles medianos.

a) Técnica de apeo de **árboles pequeños**:

En determinadas cortas es necesario derribar pies de menos de 20 cm de diámetro en la base. Estos arbolitos pueden ser apeados sin corte de entalladura, simplemente con un corte horizontal completo y empujando después hacia la dirección de caída. Cuando el diámetro en la base no supera los 15 cm, se puede incluso emplear maquinaria ligera de desbroce, tal como motodesbrozadoras equipadas con discos de corte.

b) Técnicas de apeo de **árboles medianos** de diámetro inferior a la longitud de la espada de la motosierra:

Estos árboles se pueden apea según dos procedimientos:

- **Sin cambio de posición** por parte del operario (Figura 2.80). El operario se sitúa en un lado del árbol, efectúa los cortes de entalladura con la parte de la cadena que corre hacia atrás –con la cadena tirando– y, sin moverse del sitio, ejecuta el corte de caída en el lado contrario, con la parte de la cadena que corre hacia delante –con la cadena empujando–. En este caso no es normalmente necesario utilizar cuña ni palanca de apeo, por el pequeño tamaño del árbol.

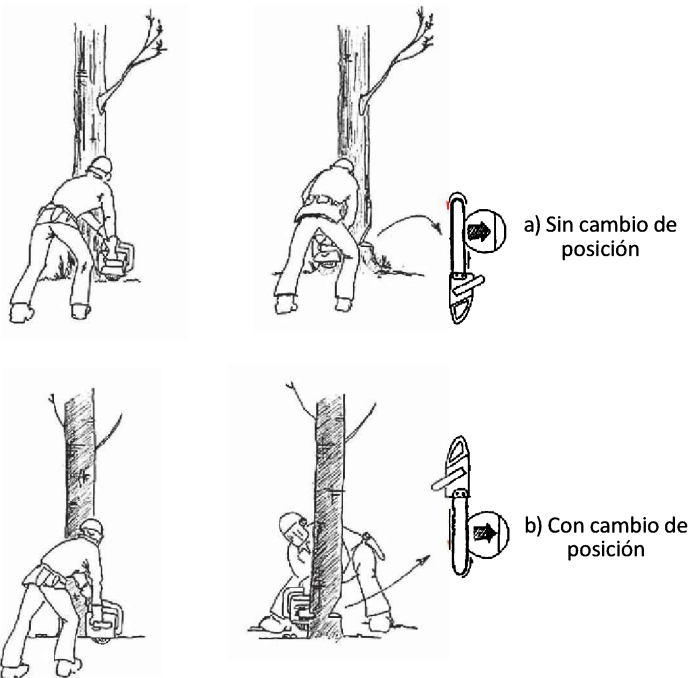


Figura 2.80. Apeo de árboles medianos sin cambio de posición (esquema superior) y con cambio de posición (esquema inferior)

- **Con cambio de posición** del operario (Figura 2.80). Los cortes se llevan a cabo siempre con la parte de la cadena que corre hacia atrás (con la cadena tirando), lo que obliga al operario a cambiar de posición para efectuar el corte de caída. Tampoco suele ser preciso emplear cuña ni palanca.

2.2.1.4.1.2. Apeo de árboles cuyo diámetro es mayor que la longitud de la espada

Se van a distinguir dos casos: el de árboles medianos cuyo diámetro en la base está comprendido entre una y dos veces la longitud de la espada, y el de árboles grandes, con un diámetro en la base superior al doble de la longitud efectiva de la espada.

- Técnica de apeo de árboles medianos con **diámetro en la base inferior a dos veces la longitud de la espada** de la motosierra (Figura 2.81): se realiza el corte de entalladura como en el caso anterior. El corte de caída se debe iniciar justo por detrás de la charnela, es decir, se inicia el corte desde un lateral y no desde atrás, con la técnica básica conocida del corte de mortaja.

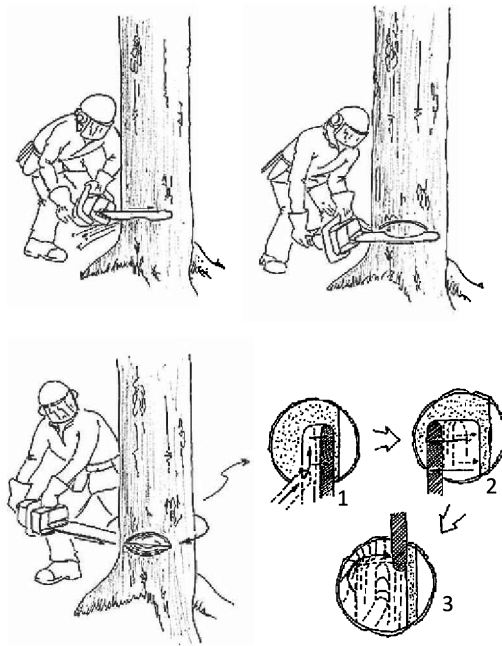


Figura 2.81. Técnica de apeo de árboles medianos con diámetro inferior a dos veces la longitud de la espada de la motosierra

Por tanto, la operativa en este caso es:

1. Cortar con la parte inferior de la espada de la motosierra, introducir la espada hasta un poco más de la mitad del fuste y de forma paralela a la charnela.

2. Se hace un corte recto hacia atrás con la parte inferior de la espada. Si es necesario introducir la cuña o palanca de derribo para evitar que la espada de la motosierra quede atrapada.
3. Se finaliza el corte de tumbado rodeando por detrás la base del árbol y dejar la madera de la charnela en la anchura adecuada, igual que al lado contrario. A este corte también se le llama en abanico.

Es necesario introducir una cuña para evitar que la espada de la motosierra quede aprisionada. Posteriormente golpeando la cuña con la maza se ayuda al apeo en la dirección deseada.

Existe riesgo de rebote. Asegurarse de no tocar, en ningún momento con la parte superior de la punta a la madera

- b) Técnica de apeo de árboles grandes, con diámetro en la base superior a dos veces la longitud de la espada de la motosierra: se realiza el corte de entalladura en dos fases, como se muestra en la Figura 2.82 y se describe a continuación:

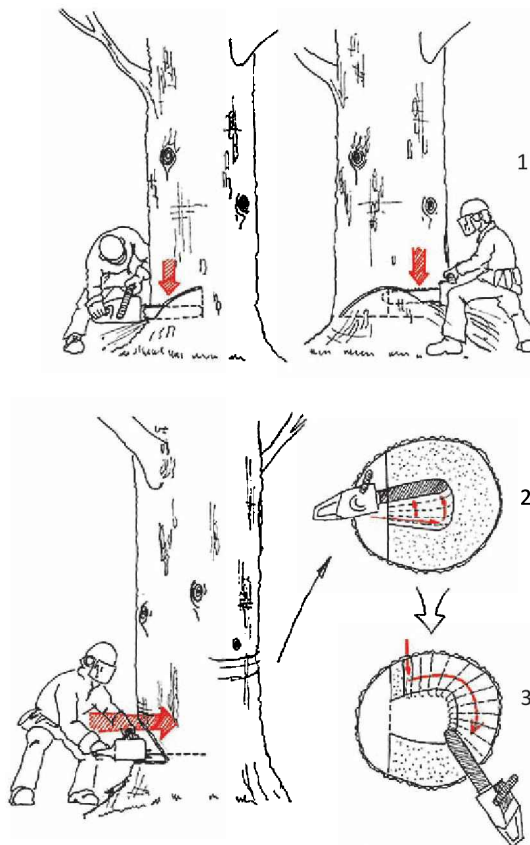


Figura 2.82. Técnica de apeo de árboles grandes

1. Se realiza un corte de mortaja, a través del centro de la entalladura, para eliminar el núcleo central de la sección del árbol.
2. El corte de caída se debe iniciar igualmente con un corte de mortaja, aunque en este caso en un lateral, e ir rodeando toda la parte trasera del árbol hasta completarlo. Al igual que en el caso de los árboles medianos, es conveniente insertar en el corte una cuña o palanca de apeo a mitad de la operación.

2.2.1.4.1.3. Apeo de árboles inclinados

Con estos árboles se corre el peligro de que, al iniciar el corte de caída, el fuste se raje axialmente retrocediendo violentamente hacia la posición del motoserrista. También puede ocurrir que el árbol caiga antes de lo esperado. Por ello, se recomienda emplear alguna de las siguientes técnicas de apeo:

- Hacer un doble corte de entalladura (Figura 2.83), esto es, dos cortes algo laterales que se encuentren apuntando hacia la dirección de caída.
 1. Se hace un corte de entalladura en un lateral a la dirección de caída.
 2. Se realiza otro corte de entalladura al otro lado. Hay que asegurarse de que el punto de intersección de ambos apunta en la dirección de caída y de que ese punto está en el interior del borde del árbol.
 3. Se hace el corte de apeo por etapas para que el árbol caiga despacio.

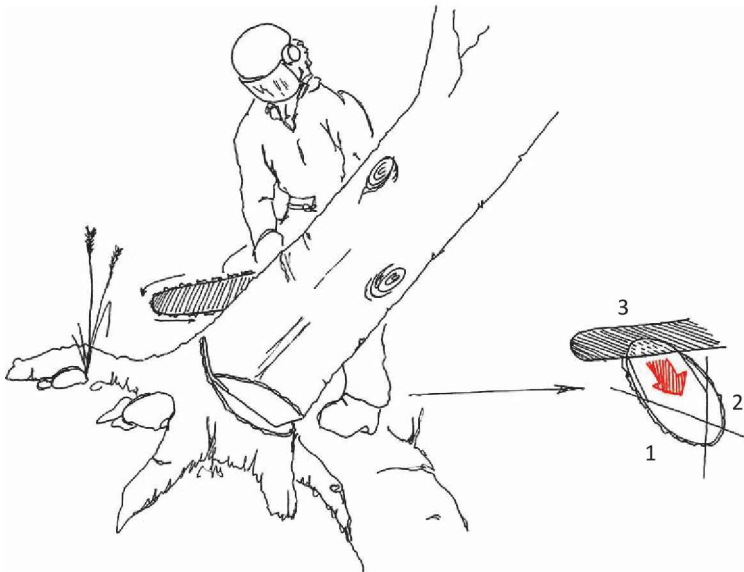


Figura 2.83. Técnica de corte de árbol inclinado con doble entalladura

- Ejecutar el corte de caída de dentro hacia fuera (Figura 2.84) como se describe a continuación:

4. Realizar un corte de entalladura normal.
5. Desde la charnela, es decir, por un lateral del árbol, realizar un corte en mortaja, penetrar con la motosierra hasta el fondo del árbol y realizar el corte de apeo de dentro afuera. Así aseguramos que tiene un trozo de madera de sostén hasta el momento justo en que finalizamos el apeo.

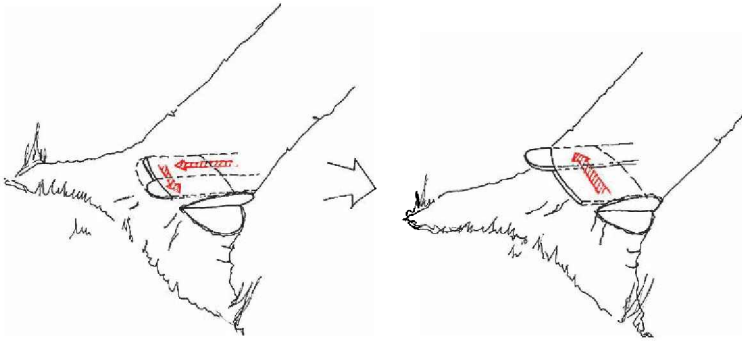


Figura 2.84. Técnica de derribo de apeo de árboles inclinados

- Si se quiere apear un **árbol en dirección opuesta a la de caída** se deben utilizar técnicas complejas, por lo que se suelen utilizar cuando la dirección en que el árbol está inclinado –o hacia la que presenta una caída natural muy marcada– pone en riesgo infraestructuras o propiedades. En estos casos, es necesario auxiliarse de algún medio mecánico que obligue al árbol a caer hacia la dirección deseada.

Lo más recomendable es auxiliarse de la fuerza de un **tractor**, a través de un cabrestante. Puede ser necesario escalar el árbol para amarrar el cable a cierta altura, especialmente si es grande, dado que se hace necesario que la fuerza transmitida por el cable ejerza un momento suficiente y para ello es bueno aumentar la distancia a la base (brazo de dicho momento). Este cable deberá tensarse –no excesivamente– antes de comenzar los cortes de apeo. En ocasiones, para una mayor seguridad, puede ser necesario amarrar más de un cable.

Para que el árbol no caiga en la dirección del tractor conviene emplear una **polea de derivación**. También se pueden emplear tensores manuales o cabrestantes acoplables a la motosierra de un modo análogo al descrito (Figura 2.85).

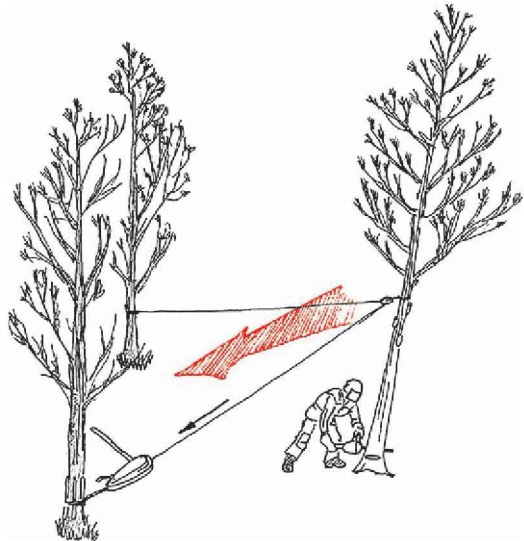


Figura 2.85. Uso de tensor manual para forzar la dirección de caída

2.2.1.4.1.4. Apeo de árboles con aletas o costillas

El apeo de árboles con aletas o costillas laterales se debe hacer limpiando previamente dichas aletas o para redondear la base e impedir que en el apeo el árbol se quede enganchado sobre una de estas aletas.

El procedimiento se inicia con el corte horizontal de la aleta y continúa con el vertical (Figura 2.86). No se debe hacer el corte horizontal más profundo de lo que va a ser el vertical. Este corte vertical tiene que ser paralelo al eje del árbol.

Para ello, tras cortar las aletas, el árbol se apea según el diámetro eligiendo la técnica correcta de entre las ya descritas.

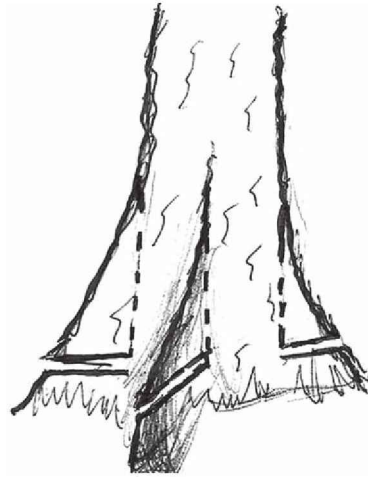


Figura 2.86. Apeo de árbol con aletas

2.2.1.4.1.5. Técnica de derribo de árboles enganchados

El derribo de árboles enganchados (o engarbados) es muy peligroso y exige ser muy cuidadoso con la técnica adecuada. Los engarbes se producen frecuentemente tanto en el caso de derribos por viento o nieve como en cortas selectivas de masas espesas.

Lo primero e imprescindible en estos casos es conseguir la caída completa del árbol engarbado. Para ello se debe proceder de la siguiente manera:

1. Hay que decidir la dirección en la que el árbol puede rodar más fácilmente (que suele ser la dirección contraria al árbol sobre el que está enganchado).
2. Se debe utilizar un giratroncos o un palo o fuste como palanca (Figura 2.87). En el caso de que esto no resultara suficiente, se hace necesario tirar de la testa o hacer girar el árbol con un cable de tractor, de cabrestante acoplable a motosierra o de tensor manual, caso que se ilustra en la figura 2.88. Si se dispone de tracción animal en la zona (mulas o caballos) también se podrían utilizar para desenganchar el árbol.

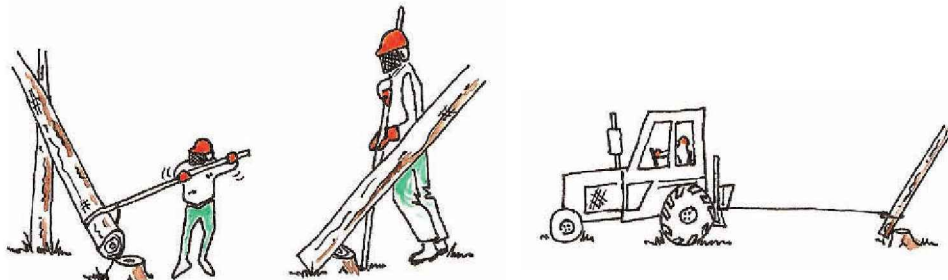


Figura 2.87. Uso de giratroncos, palancas o cable de tractor para el apeo de árboles engarbados

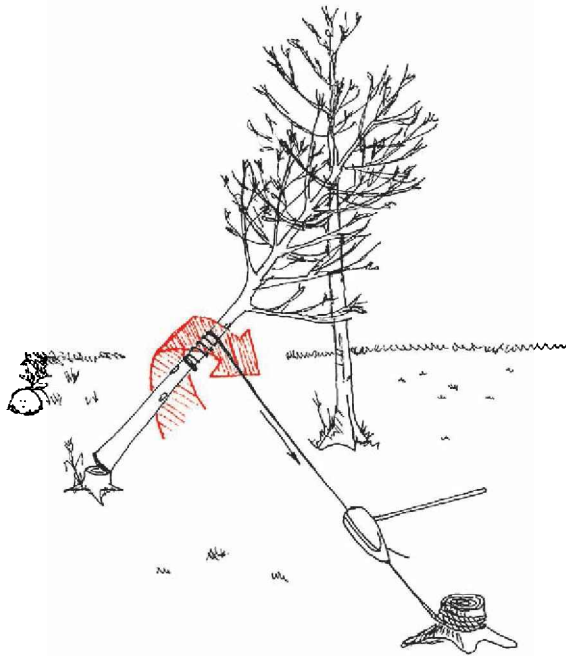


Figura 2.88. *Uso de un tensor manual para liberar un árbol enganchado*

3. Si no se consigue desenganchar el árbol se debe señalar la zona. Nunca se puede abandonar la zona y el árbol sin dejar señales claras que permitan detectar el problema a quienes se aproximen.

Resulta **extremadamente peligroso** cortar de nuevo el árbol enganchado, aunque sea por un sitio distinto. No debe hacerse jamás. Tampoco hay que intentar cortar el árbol en que ha quedado apoyado ni tirar un tercer árbol sobre el que quedó enganchado. Los riesgos para la seguridad de realizar estas prácticas son inaceptables

2.2.2. Procesado

El procesado incluye diferentes operaciones siendo las fundamentales el desramado, la medición, el tronzado, la clasificación y el apilado.

2.2.2.1. Operaciones previas al desramado

El **desramado** consiste en cortar todas las ramas del árbol mediante el empleo de la motosierra. La parte baja del árbol suele tener pocas ramas; en la zona intermedia existen habitualmente ramas gruesas o medias; por último, la parte cercana a la punta tiene ramas finas y abundantes (Figura 2.89).

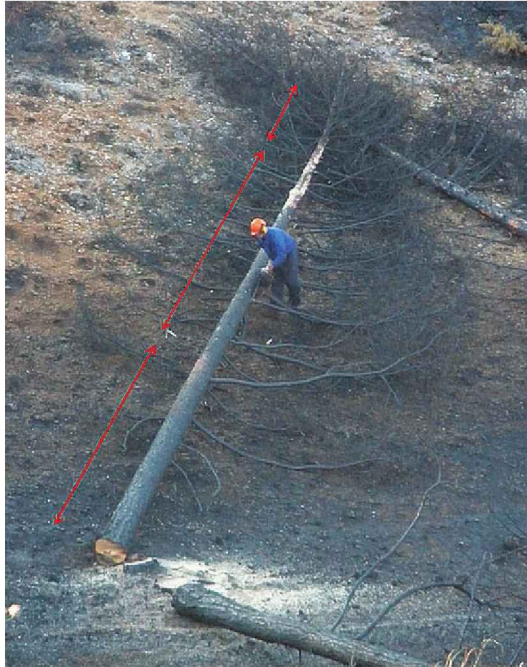


Figura 2.89. Motoserrista desramando un árbol (Fotografía: Alberto Moya)

La **planificación previa** es fundamental. En la fase de apeo se debe pensar en facilitar la labor de desramado y de reunión de la madera, y para ello se debe hacer apeo dirigido o planificado tirando los árboles hacia la zona de reunión y tratando de que queden a alturas de trabajo adecuadas.

Se debe tener en cuenta que el desrame es la operación manual que más tiempo ocupa al motoserrista y con mayor proporción, en términos absolutos, de accidentes. Es por ello fundamental buscar la máxima ergonomía y seguridad para reducir la fatiga, minimizar los riesgos y procurar el máximo rendimiento.

El nivel de **riesgo** debe ser conocido por el operario *a priori* y aumenta por diferentes causas:

- Tanto las **ramas partidas** en la caída del árbol como las cortadas con la motosierra dificultan los movimientos, impiden ver el suelo con claridad y en ocasiones, si la madera está húmeda, provocan resbalones.
- Las **ramas aplastadas** o dobladas en la caída del árbol pueden reaccionar como ganchos o ballestas al ser liberadas.
- Las **posturas de trabajo** acercan la espada de corte al cuerpo y a los pies del operario. Es fácil colocarse dentro de la trayectoria de desplazamiento de la espada con el consiguiente aumento de riesgo.
- En zonas de **pendiente**, el árbol apeado se apoya sobre ramas que, al cortarlas, pueden provocar que el fuste ruede sobre el operario.

- El riesgo de **rebote** aumenta mucho ya que existen numerosas ramas y obstáculos contra los que la punta de la espada puede chocar.

Se debe evaluar el árbol y la posición en que ha quedado tras ser apeado, así como las fuerzas a que se ve sometido ese árbol identificando:

- Zonas hacia las que puede rodar el árbol en el desramado o tronzado y, por contraposición, las zonas seguras para el trabajo que serán las del lado alto de la pendiente.
- Zonas del árbol sometidas a tensión o compresión que, si se cortan, pueden provocar movimientos inesperados del árbol o ramas.

Se visualiza por el aspecto exterior del fuste, la calidad y posibles productos a obtener. Si se va a realizar el tronzado y la clasificación de madera en monte se deben conocer las exigencias de la industria y los defectos que devalúan el valor o invalidan el uso de las trozas para determinados destinos.

2.2.2.2. Altura de trabajo

Una altura de trabajo adecuada reduce el esfuerzo físico, facilita la respiración del trabajador y provoca menos carga sobre la espalda. La altura recomendada está entre 50 y 70 cm del suelo, es decir, con el fuste entre la rodilla y la cadera del operario.



Figura 2.90. *Altura de trabajo inadecuada en la operación de desramado*

La altura de trabajo se genera ya durante el apeo. Para ello se debe tirar un árbol en la dirección de la zona de apilado y posteriormente se debe cruzar sobre él otro que haga las labores de banco de trabajo (Figura 2.91), es decir, para que sobre ese árbol se apeen los siguientes y queden a la altura de trabajo adecuada. Al caer los árboles sobre el banco se facilita la reunión de la madera ya que por rotación es fácil mover el fuste entero o las trozas.

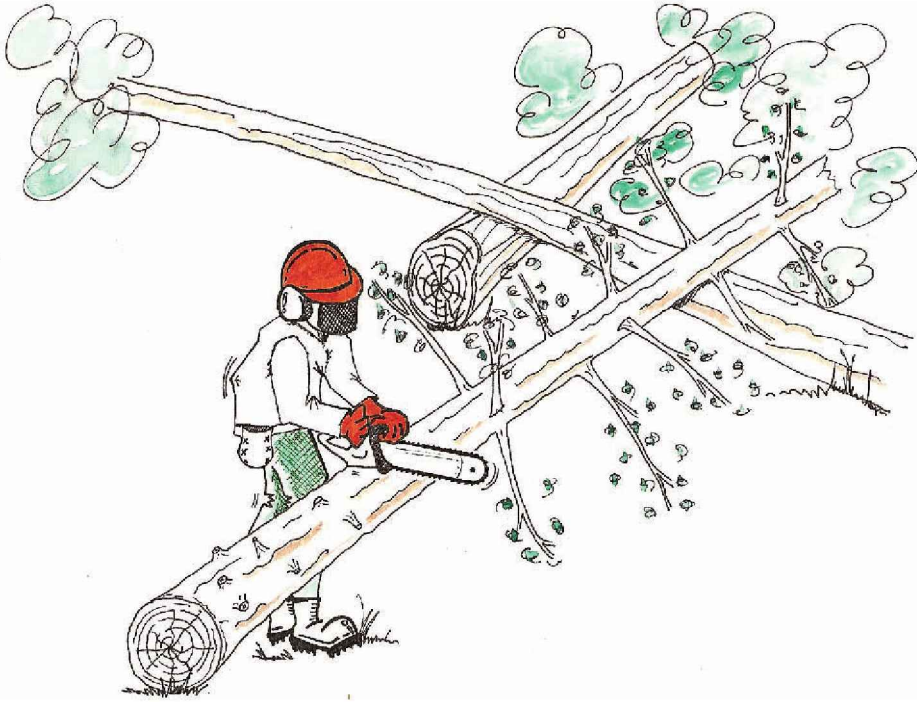


Figura 2.91. Altura de trabajo adecuada en la operación de desramado

2.2.2.3. Posiciones de trabajo

La posición de trabajo debe ser la adecuada: esto es fundamental para evitar **accidentes** (cortes con motosierra) y daños a la **salud** (lumbalgias, hernias, etc.) o para que, en caso de que el accidente se produzca, tenga la menor incidencia posible. Las figuras 2.92 y 2.93 muestran ejemplos de posturas de trabajo inadecuadas.

Las posturas adecuadas se enumeran a continuación:

- Los **pies** siempre deben colocarse de manera **estable** y firmemente apoyados en el suelo antes de empezar a desramar ya que el riesgo de resbalones y/o rebote es muy alto (Figuras 2.94 y 2.95). Para ello hay que tener las piernas abiertas en sentido longitudinal y en sentido trasversal, porque esto permite resistir mejor todo tipo de fuerzas independientemente de sus sentidos.
- Hay que evitar doblar la **espalda**.



Figura 2.92. Motoserristas trabajando con un apoyo en el suelo inestable



Figura 2.93. Motoserrista trabajando con la motosierra demasiado separada del cuerpo

- Las **rodillas** se deben mantener ligeramente dobladas (Figura 2.94).
- La **motosierra**, siempre que se pueda, hay que apoyarla en el tronco a desramar o en la pierna derecha y lo más cerca posible del motoserrista para mejor control de la motosierra y para no hacer esfuerzos inadecuados. Además de esta forma el serrín no será proyectado sobre el rostro del operario.
- La **pierna derecha** siempre debe estar por detrás de la proyección de la empuñadura y la **pierna izquierda** se debe situar hacia afuera y delante, lejos del alcance de la espada (Figura 2.95). La distancia al tronco es aproximadamente de 10 cm.
- No se deben desplazar los pies durante el momento del desrame, es decir, al cortar las ramas el motoserrista debe estar **quieto**.
- En los **desplazamientos** el motoserrista debe colocar la espada de la motosierra entre el tronco y sus pies.

Se debe evitar en todas las fases del trabajo el **giro del cuerpo** y las cargas oblicuas. Se trata de moverse como un robot, sin girar la cintura. El desramado de la parte inferior del tronco debe hacerse posteriormente a la cara superior, volteándolo y colocando esa parte inferior hacia arriba. Sin embargo, es tristemente habitual que los motoserristas no lo hagan así, sino agachándose y reculando periódicamente, lo que les obliga a posturas de trabajo inadecuadas y les hace perder el ritmo de trabajo.

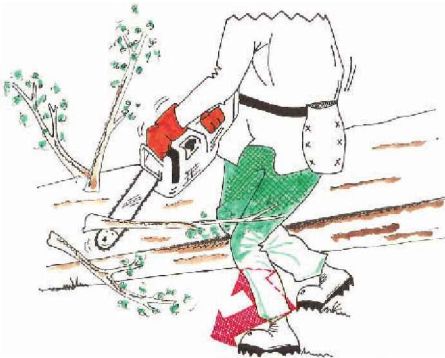


Figura 2.94. Rodillas ligeramente dobladas

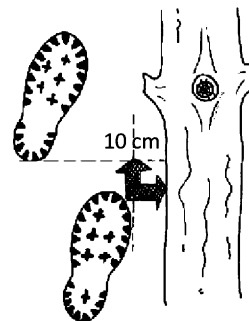


Figura 2.95. Posición del motoserrista durante el desramado

2.2.2.4. Zonas de riesgo

Las zonas de riesgo son aquellas en que existe mayor probabilidad de que ocurra un **accidente**. Por ello, deben evitarse en la medida de lo posible por medio de las siguientes recomendaciones:

- Colocarse en el lado del tronco más seguro para el operario. Si estamos en terreno con pendiente, debemos situarnos siempre **aguas arriba** del fuste para evitar que el tronco se venza sobre el operario por cualquier motivo (rotura de rama de apoyo, etc.).
- El suelo lleno de ramas es inestable en algunas ocasiones, por lo que se debe buscar la **zona más estable** para los pies. Existe un riesgo muy elevado de resbalones.
- Durante el desramado de la zona situada en el lado contrario a la posición del operario hay que tener cuidado con los **pies** y las **piernas** por la posibilidad de que, inadvertidamente, la espada de la motosierra los alcance.
- En todo momento hay que tener cuidado con el riesgo de **rebote**, dado que hay muchos obstáculos (otras ramas, otros troncos, el suelo...) que pueden ser tocados accidentalmente con la parte superior de la espada de la motosierra.

La motosierra debe estar próxima al cuerpo y a la vez la espada debe mantenerse **alejada de las piernas** y los pies. Esto parece contradictorio pero el motoserrista experimentado sabe cómo combinar ambos criterios

Durante el desramado el buen motoserrista fuerza poco la espalda y mueve mucho sus piernas, con pasos cortos y seguros. Además, mantiene siempre la espada apuntando hacia el frente y cuando debe cortar ramas en el suelo, echa primero sus pies hacia atrás. Por último para alcanzar una rama es mejor dar un paso que estirar los brazos y la espalda.

2.2.2.5. Técnicas de desramado: palanca, péndulo, parte ventral del tronco, ramas gruesas

Las técnicas de desramado a emplear varían en función del tamaño y distribución de las ramas y son las siguientes:

- a) El **método de palanca**, que se utiliza normalmente para el desrame de árboles con **ramas delgadas** (de hasta aproximadamente 4 cm de diámetro) distribuidas de **forma regular, es decir, con tendencia al crecimiento verticilado** (ramas agrupadas en zonas y con espacio libre entre cada grupo de ellas). El nombre del método proviene de que la sierra se emplea como una palanca. Se realiza un zigzag alrededor del árbol (Figura 2.96).

La motosierra realiza el recorrido de rama a rama, dando la vuelta según se muestra en las figuras 2.97 y 2.98. El desplazamiento del motoserrista dependerá de la **distancia entre ramas**, distinguiéndose:



Figura 2.96. Técnica de desramado para árboles de ramas delgadas distribuidas simétricamente según el método de palanca

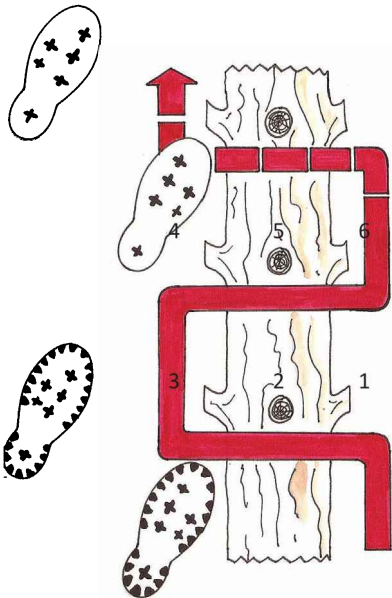


Figura 2.97. Secuencia de trabajo del método de palanca con distancia entre ramas inferior a 70 cm

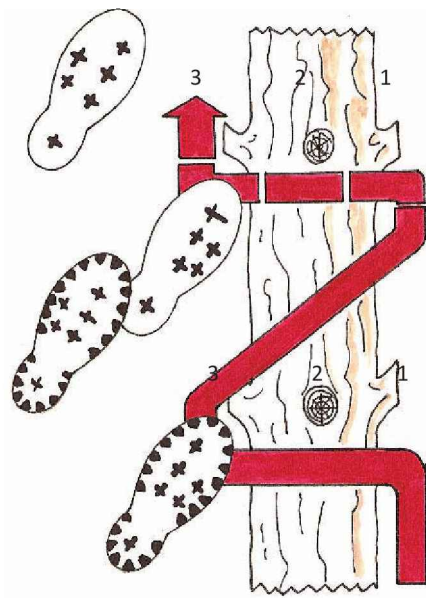


Figura 2.98. Secuencia de trabajo del método de palanca con distancias entre ramas mayor de 70 cm

- Si la distancia entre ramas es **menor de 70 cm** (es decir, un paso no forzado de un motoserrista de estatura media), las etapas del movimiento serán:

1. Se corta la primera rama con la cadena empujando excepto si es una rama de gran dimensión, que se cortará con la cadena tirando. Después se apoya la motosierra sobre el fuste.
2. Se corta la segunda rama con la cadena empujando y la espada apoyada.
3. Se apoya la motosierra en el muslo derecho.
4. Se desplaza la motosierra hacia adelante apoyada en el muslo derecho. Se corta la cuarta rama con la cadena empujando (o tirando si es una rama de gran dimensión).
5. Se apoya la espada de la motosierra sobre el fuste. Se usa la cadena empujando.
6. Se corta la sexta rama con la cadena tirando.

Por tanto, el motoserrista desrama desde la posición inicial con los pasos del 1 al 6 y **se desplaza en el punto 6** (Figura 2.97). En ese momento la motosierra queda completamente apoyada en el tronco y las piernas están fuera del alcance de la espada. Tras ello se recorre el entrenudo del árbol (es decir, el espacio entre un grupo de ramas y el siguiente) avanzando con la motosierra entre el tronco y las piernas del operario y se inicia el ciclo de nuevo en el siguiente verticilo (es decir, el siguiente grupo de ramas).

Si la distancia entre ramas es **mayor de 70 cm** se varía el recorrido y el motoserrista se desplaza en la posición 3 (Figura 2.98). En el punto 1 (6 en el caso anterior) se debe tener especial cuidado con la sierra porque puede llegar a alcanzar el pie derecho y estar vigilante para evitar tocar el suelo o las otras ramas con la punta de la espada generando riesgo de rebote.

El motoserrista no debe olvidar trasladar la motosierra al **lado opuesto** del tronco antes de dar un paso adelante. El tronco le servirá de **protección**

- b) El **método de péndulo** es el adecuado para el desrame de árboles con **ramas delgadas** (de hasta aproximadamente 4 cm de diámetro) **distribuidas aleatoriamente**.

El desramado se realiza mediante la técnica representada en la figura 2.99. Este método resulta adecuado para árboles de ramas delgadas, árboles con muchas ramas y árboles con ramas distribuidas aleatoriamente, es decir, sin verticilos patentes ni entrenudos claros. Este método también resulta adecuado en montes densos donde suelen existir, habitualmente, muchos árboles con ramas delgadas e incluso secas.

La secuencia de avance y trabajo de la motosierra en este método es (Figura 2.100):

1. El primer movimiento se produce en el lado izquierdo del árbol y se corta un conjunto de ramas con la cadena empujando.
2. A continuación, se apoya la motosierra en el fuste y se cortan las ramas tirando y acercando la motosierra al operario.
3. Se cortan las ramas del otro lado con la cadena empujando.

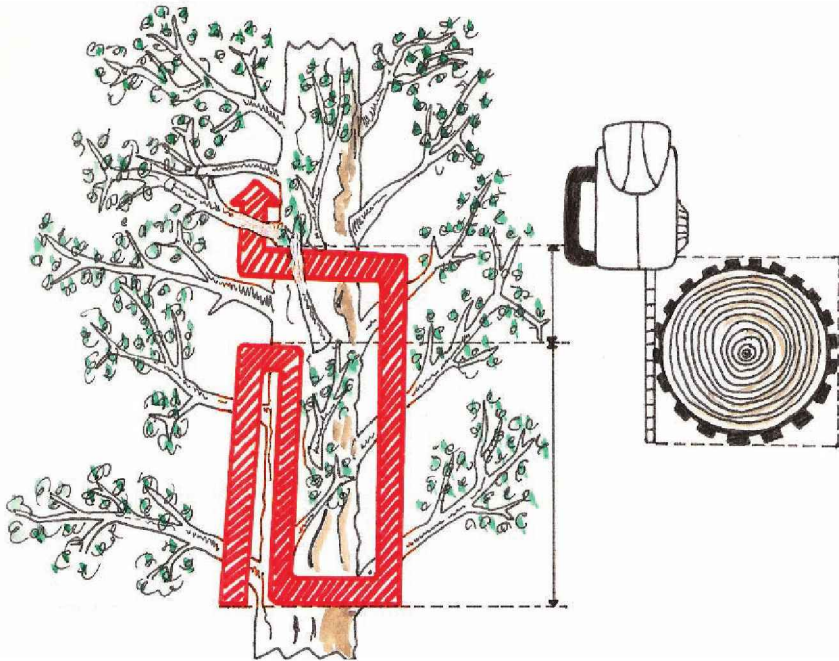


Figura 2.99. Método de péndulo para el desramado de árboles con ramas delgadas y distribuidas aleatoriamente

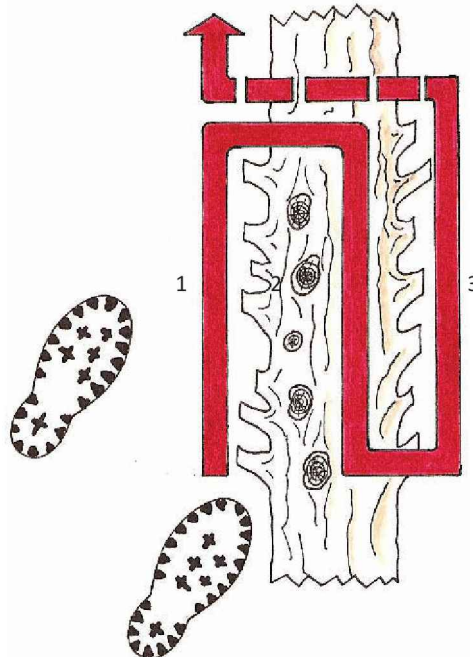


Figura 2.100. Secuencia de trabajo del método de péndulo

La longitud que se recorre con el movimiento que se asemeja a un péndulo (de ahí su nombre) es de 60-80 cm. Tras finalizar el recorrido del péndulo se avanza moviendo primero el pie derecho y manteniendo la motosierra en el lado derecho. El desramado de la parte inferior se hace igual que en el método de palanca.

En el trabajo en monte es muy habitual conjugar ambos métodos, no solo entre distintos árboles de la masa a cortar, sino incluso en cada árbol, ya que en buen número de pies las ramas bajas son finas y claramente verticiladas (el crecimiento verticilado es propio de árboles jóvenes), las medias son gruesas y en la punta vuelven a ser finas pero irregularmente distribuidas (Figura 2.101).

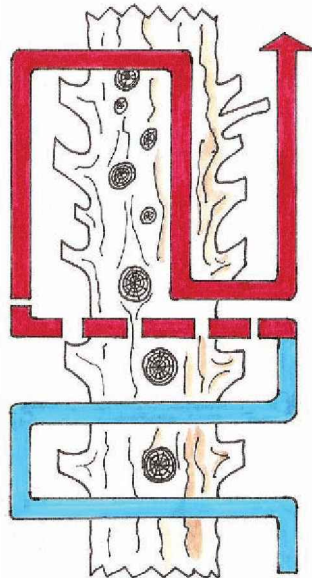


Figura 2.101. Técnica de desramado mixta

- c) En cuanto a las **técnicas para el desramado de la parte de abajo del tronco**, ya se ha indicado que lo más aconsejable es girar el árbol y desramar sus caras “ocultas” igual que la cara “vista”. Pero también se ha mencionado que, ante la pérdida de tiempo (y rendimiento) que esto implica, se suele actuar de otras formas. Se describen a continuación tres recomendaciones para mejorar este trabajo:
- Si en el apeo se emplea el método de **banco de trabajo** la rotación del tronco será más fácil y rápida. Se debe utilizar el giratroncos para voltear el árbol, y tras ello desramar la parte inferior de una sola pasada aprovechando que el motoserrista, que ha desramado la cara “vista”, debe regresar hacia la base del árbol (Figura 2.102).

El método más adecuado cuando los troncos están a una altura adecuada es que el motoserrista tras desramar, pasa al otro lado del árbol y lo voltea. Se desrama desde la punta hasta la base con la motosierra empujando.

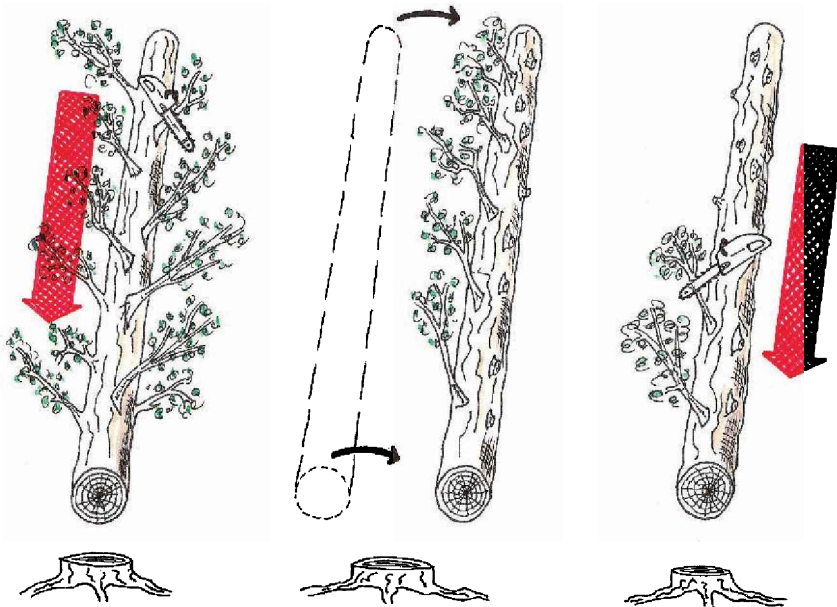


Figura 2.102. Desramado de la parte inferior del árbol tras su volteo

- Si no se ha empleado un método de apeo planificado y el **tronco** está **bajo** o en el suelo, el motosierrista puede girar el tronco y, sin cambiar de lado, situarse en el lado izquierdo del fuste. Así, procederá al desramado desde la punta hasta la base con la cadena tirando.
 - Si el fuste está elevado, las ramas situadas **bajo el fuste** se cortan volviendo periódicamente hacia atrás (muy habitualmente, cada vez que se dan dos pasos hacia adelante). Se utiliza para desramar la cadena empujando. La ventaja de este método es que el tronco entero queda desramado de una sola vez.
- d) Técnica de **desramado de árboles con ramas gruesas** (de más de 4 cm de diámetro). Se pretende evitar que la espada de la motosierra quede atrapada y que las ramas realicen movimientos incontrolados y puedan golpear al trabajador. La técnica de desramado coincide en muchas ocasiones con la técnica de tronzado que se explica más adelante en este texto.

Se debe seguir una secuencia de actuación que, podemos decir, “reduce” el problema de cada rama actuando desde fuera hacia dentro (Figura 2.103):

1. Cortar las ramas exteriores que puedan interferir u obstaculizar el trabajo del operario.
2. Actuar realizando uno o varios cortes sobre las ramas gruesas sometidas a tensión (debido a su peso o al aprisionamiento consecuencia de la caída). La técnica coincide con la de tronzado.
3. Por último se corta la rama principal a ras de fuste.

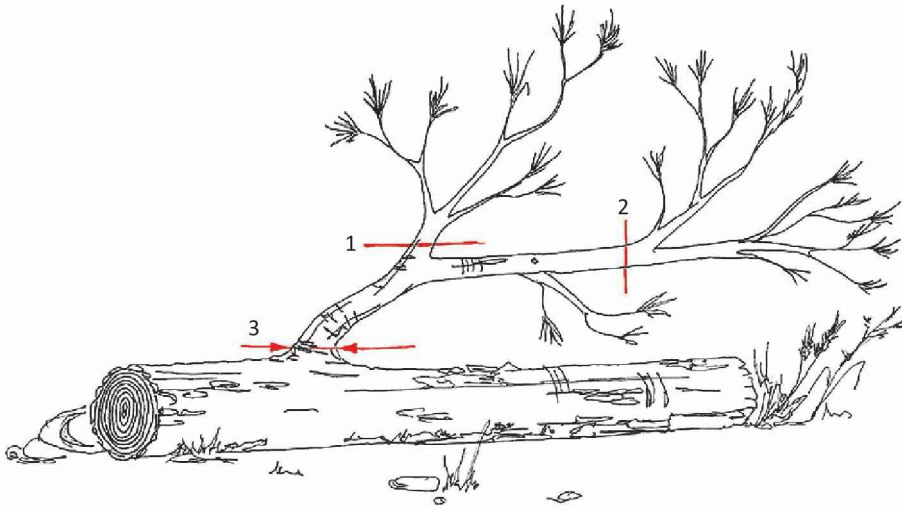


Figura 2.103. Técnica de desramado de árboles con ramas sometidas a tensión

Hay que tener especial cuidado con el desrame de aquellas ramas que estén soportando el fuste, dado que pueden moverse y atrapar al motoserrista. Esto es especialmente peligroso en pendiente, cuando la eliminación de ramas clavadas en el suelo que pueden estar sujetando el árbol provoca que el fuste ruede o deslice bruscamente.

Se debe prestar especial atención al **movimiento del árbol** y de las ramas para prevenir posibles accidentes.

Cuando las ramas son muy grandes es muy posible que se rajen durante el desrame, por lo que debemos dar el corte en dos tiempos: primero por el lado inferior y luego por el superior.

2.2.2.6. Medición de la trozas

El tronzado consiste en la división del fuste, ya apeado, en una serie de trozas de una longitud determinada que suele venir exigida por su transporte o los requisitos de la fábrica de destino. Cuando hay más de un destino, se tronza a longitudes variables.

El tronzado afecta tanto al valor de la madera como al del producto elaborado y puede revalorizar la madera (adecuándola a las longitudes que exigen las industrias y evitando a estas una fase de transformación) o depreciarla (dejando el fuste convertido en trozas de longitud inadecuada para su uso o transporte, y por tanto, forzando a usos de menor valor).

Las **normas de medición** de las trozas son las siguientes:

- Se empieza el tronzado (y por tanto las mediciones de cada troza) **desde la base** del árbol por ser esta la zona con madera de mayor diámetro y que suele ir a mejores destinos. Se continúa el avance hacia la punta.



Figura 2.104. Tronzado de la madera en cargadero

- Para **madera de calidad** se elimina la rodaja de la base en que se haya efectuado el corte de entalladura. Un ejemplo claro son las trozas de desenrollo, de gran tamaño y altísimo valor añadido, en que la longitud de tronzado debe ser de 2,6 m o múltiplos de esta cantidad, y el tronzado debe ser perpendicular al eje. La troza basal, por ser la troza mejor de dimensión y calidad (menos ramas) presenta potencialmente como destino esta industria (que es la que más paga) pero debido al corte de entalladura la base no es totalmente perpendicular. El operario debe conocer esto y debe repasar la base para dejarla totalmente recta y a partir de ahí realizar su medición (Figura 2.105).
- La longitud se mide con ayuda de una **cinta métrica** o similar desde la base de la troza hasta llegar a la longitud deseada, y así sucesivamente. No es recomendable empezar la medición por el ápice del fuste, porque las correcciones finales (longitudes cortas, sin uso industrial de calidad) se producirían en la troza basal, que es potencialmente la más valiosa.
- Si la troza presenta **curvatura**, la medida se hace desde los extremos de la troza. Para destinos de aserrado u otros valiosos se hace el saneado de la pieza si es posible eliminando la zona curva y continuando con un tronzado normal.
- Si la troza tiene **fendas** (rajas en la testa) se elimina la rodaja afectada por estas y se mide a continuación.
- La longitud de tronzado se realiza con una **tolerancia** admitida, es decir, se sobredimensiona un poco la longitud en previsión de pérdidas de longitud por mermas o posibles errores de medición.



Figura 2.105. Eliminación de la rodaja basal para la adecuada medición de trozas destinadas a chapa

- La madera de trituración (pasta o tableros) y la xiloenergética no es exigente en cuanto a defectos de la madera. Por ello se tronza como madera corta con longitudes entre 2 y 2,5 m (es decir, impuestas por el transporte) y no se eliminan los defectos.

El **tronzado de calidad** se realiza mejor en fábrica, cargadero o parque intermedio que en el monte a pie de tocón, ya que el pago a destajo de los trabajadores puede llevar a insuficiente cuidado en el tronzado.

El equipo más adecuado para la medición son cintas métricas auto enrollables colgadas del cinturón del operario (Figura 2.106). La cinta se engancha en un extremo de la troza y a medida que avanza el motoserrista se extiende. En la medida adecuada se hace una marca, se desengancha la cinta y se tronza el fuste.



Figura 2.106. Cinta métrica

Otra forma de realizar la medición del tronzado es usando una vara rígida como patrón. A la vara se le ha dado la longitud a la que se desea trozar y se coloca paralelamente al fuste, señalando en este el extremo de las futuras trozas. Este sistema es poco adecuado y refleja una escasa formación de los motoserristas que lo emplean, ya que complica la operativa (habitualmente un motoserrista tronza y otro porta la vara), reduce los rendimientos y es incluso, inseguro para el trabajador, ya que la vara es un obstáculo en caso de tener que huir por caída inadecuada del árbol. Aun así, en España aún es común verlo en tronzados en cargadero, en choperas o incluso en el monte, siendo populares las varas de avellano. En países forestalmente más avanzados, en cambio, está claramente desterrado.



Figura 2.108. Medición en cargadero con cinta métrica



Figura 2.108. Motoserrista tronzando y, a su lado, operario con vara de medir

2.2.2.7. Técnicas de tronzado

En función del sistema de aprovechamiento elegido, el tronzado puede ejecutarse a pie de tocón, en la zona de reunión, en cargadero o en fábrica. En maderas valiosas (destinada a la industria de la chapa) se prefiere extraer el fuste entero para tronzar con cierto control y calidad en cargadero o fábrica. En maderas de menor calidad y valor se puede tronzar en monte.

El tronzado es una de las fases de elaboración de la madera que representa **poco porcentaje de tiempo** (menor, por ejemplo, que el desramado). Pero implica serios riesgos de rebote o de accidentes por golpes de la troza si rueda y los motoserristas se encuentran en posición inadecuada

La posición adecuada es como aparece en la figura 2.109, los pies separados en torno a 30-40 cm, uno detrás de otro y firmemente apoyados en el suelo y las rodillas ligeramente dobladas.

Para realizar adecuadamente el tronzado se precisa determinar las **tensiones** a que se encuentra sometido el fuste (zonas sometidas a tracción y zonas sometidas a compresión).

Durante el tronzado, el fuste tiene riesgo de rodar hacia abajo. El operario debe situarse aguas arriba del fuste para evitar ser golpeado.

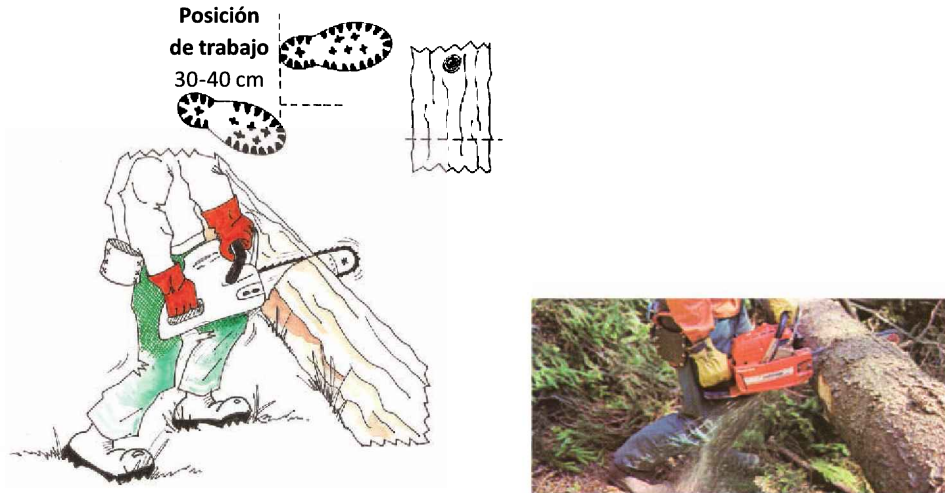


Figura 2.109. Posiciones correctas durante el tronzado

2.2.2.7.1. Tensión y comprensión de la madera

El fuste a tronzar está sometido a dos tipos de fuerzas:

- Fuerzas de **tracción**, que provocan zonas que al ser cortadas con la motosierra tienden a abrirse y separarse.
- Fuerzas de **compresión**, que provocan zonas que al ser cortadas tienden a juntarse y a aprisionar o atrapar la motosierra (Figura 2.110).

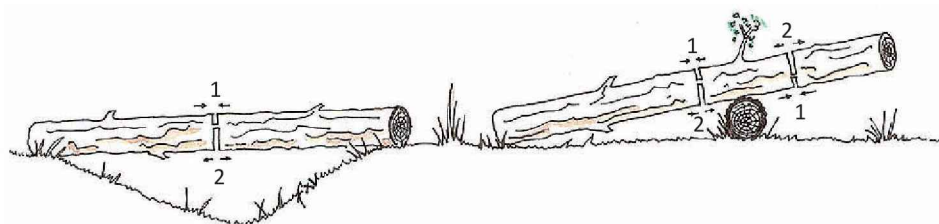


Figura 2.110. Técnicas de tronzado en función de la distribución de tensiones en el fuste: zonas comprimidas (1) y zonas traccionadas (2)

El tronzado se debe efectuar comenzando por la zona sometida a esfuerzos de compresión y dando un corte perpendicular al eje del fuste. Hay que profundizar no más de la tercera parte del diámetro. Tras ello, se completa el corte por el lado opuesto que estará sometido a tensiones de tracción.

Si se ejecutase la totalidad del corte de una vez, y se empezase en la zona traccionada, la madera se rajaría un poco antes de finalizar como resultado del elevado esfuerzo de tracción a que se sometería la escasa sección de la troza que queda sin cortar. Si se tratara de hacer al revés, es decir, empezando por la zona comprimida, la motosierra se atascaría como conse-

cuencia del cierre o “pellizco” del árbol. Y si se empezase el corte desde la zona traccionada y se pretendiera rematarlo desde la zona comprimida, o bien la motosierra quedaría aprisionada (lo que ocurriría al rebasar la mitad del diámetro) o se rajaría la madera sometida a tracción antes de completar el corte.

De acuerdo con este principio, en el caso de una **troza apoyada** en los dos extremos, se iniciaría el corte por arriba y se completaría por abajo, con sumo cuidado de enrasar ambos cortes. Si la troza que se quisiese cortar tuviese la testa al aire –estuviese en voladizo–, se iniciaría el corte por abajo y se completaría por arriba.

2.2.2.7.2. Técnicas de corte o tronzado

En función del diámetro del fuste, de las fuerzas de tensión a que está sometido y de la longitud de la espada de la motosierra que se va a emplear se distinguen las siguientes técnicas de tronzado:

- a) **Pies pequeños** no sometidos a fuerza de tensión: se cortan con un único corte transversal al tronco.
- b) **Pies medios o grandes**, sometidos a **tensión escasa** o moderada y con diámetro **menor** que la longitud de la espada de la motosierra:
 - Si la zona de **compresión** está **arriba** (Figura 2.111, izquierda) se debe cortar primero en la parte superior hasta aproximadamente 1/3 del diámetro (o hasta que la madera empiece a pellizcar la espada); después, se corta la parte inferior.
 - Si la zona de **compresión** está **abajo** (Figura 2.111, derecha), se inicia el corte en la parte **inferior** hasta alcanzar 1/3 del diámetro (o el comienzo de pellizcado de motosierra); después se finaliza por la parte superior.
 - Si se corre el riesgo de que la troza al desprenderse del tronco atrape la espada de la motosierra se detallan dos soluciones:
 - Hacer el corte **ligeramente inclinado** haciendo presión hacia abajo, lo que permite a la troza caer sin pellizcar la motosierra.
 - También se puede hacer el corte superior desfilado del inferior, es decir, levemente desplazado; así se evita el problema.
- c) Pies con **diámetro mayor** que la **longitud de la espada** de la motosierra.
 - Fibras **superiores a compresión**: se inicia el corte tal como describe la figura 2.112, izquierda. Los cortes se realizan en el siguiente orden:
 1. Se corta por la parte del fuste situada al lado del motoserrista.
 2. Se corta en torno a un tercio de la parte superior situada a compresión.
 3. Sin sacar la espada se rodea el tronco por la parte exterior pero sin cortar el núcleo central de la troza.
 4. Se corta por la parte inferior.
 5. Se finaliza cortando del núcleo central de **abajo a arriba**.

- Fibras **superiores a tracción**: se hace de forma análoga, excepto el corte final, que debe ir de **arriba a abajo** (Figura 2.112, derecha).

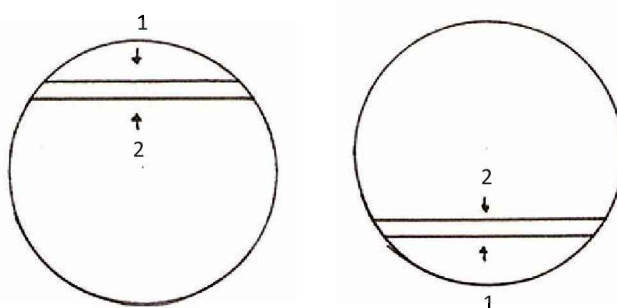
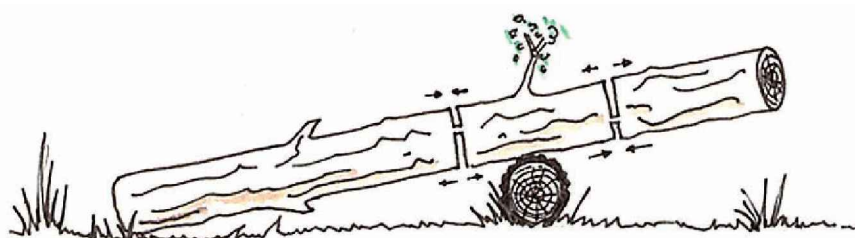
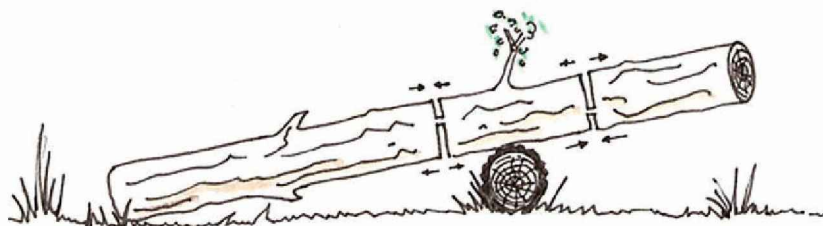


Figura 2.111. Técnicas de tronzado para troncos con diámetro inferior a la longitud de la espada de la motosierra



Tronco más grueso que la longitud de la barra de la guía

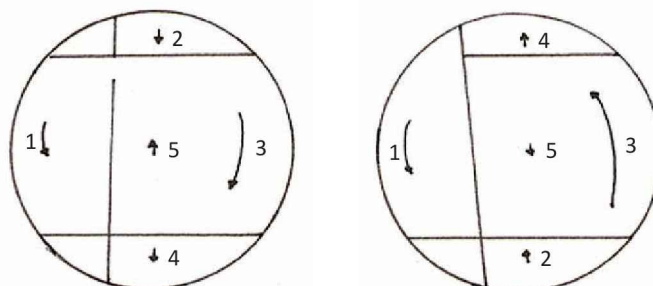


Figura 2.112. Técnicas de tronzado con diámetro superior a la longitud de la espada

- d) Pies **medios** o grandes sometidos a **tensión fuerte**: se realiza el tronzado en dos etapas. Un buen ejemplo de este tipo de árboles son los derribados por viento, que en ocasiones caen entre obstáculos (rocas, otros árboles, raíces...) que les tensionan en diferentes direcciones. Su tronzado es una actuación de **gran riesgo**.
- Si la **longitud de la espada** es **mayor** que el diámetro del fuste se realiza un corte simple en la parte sometida a **compresión**. **El corte profundizará entre D/5 y D/3** y se finaliza por el **lado opuesto**. Con tensión extrema se debe hacer un corte de entalladura similar al que ya se describió en el apeo, en la zona sometida a compresión.
 - Si la **longitud de la espada** es **menor** que el diámetro del fuste es recomendable realizar una **entalladura en “V”** en la zona a compresión, similar a la descrita para el apeo de árboles inclinados.

Es importante observar el color del serrín que sale durante el apeo o el tronzado, ya que permite detectar **podriciones** o anomalías internas de la madera. También sirve, al ver serrín de la corteza, para saber cuándo ha finalizado el corte de tronzado

2.2.2.8. Clasificación y apilado

2.2.2.8.1. Calidades de la madera

En el tronzado es esencial que los motoserrietas determinen, o al menos conozcan, los **criterios de calidad** precisos para destinar la madera a un uso final u otro (aserrado, desenrollo, trituración, etc.). Solo así podrán realizar un tronzado adecuado y una correcta clasificación. Además, podrán optimizar la obtención de los diferentes productos maximizando los ingresos por la madera y, a su vez, la rentabilidad económica del monte.

Además de conocer las **longitudes** de troza que se exigen en las fábricas para cada uso final, hay que saber qué **defectos** deprecian la calidad de la madera. Por tanto, se debe observar el árbol apeado y optimizar el tronzado realizando el **saneado** de la madera, fase en que se podrán incluso eliminar partes defectuosas del fuste. En la figura 2.113 se puede ver un ejemplo en que se elimina la parte basal por estar hueca. En la figura 2.114 se recogen diferentes curvaturas del fuste, que deberán ser corregidas o eliminadas para un tronzado óptimo destinado a aserrado, ya que si no se provocarían las pérdidas de productividad que indica la última figura de la derecha en las tablas elaboradas.

Los defectos admitidos por los diferentes destinos se recogen en la Tabla 2.6. Los operarios que trabajan con madera de trituración o xiloenergética no se tienen que preocupar excesivamente de los defectos ya que estas industrias admiten casi todos. Los operarios que tronzan para otros destinos sí deben conocerlos y sanear las trozas todo lo posible.

La **curvatura del fuste** es debida a diferentes causas (viento, pendiente, etc.). Una forma de estimar el valor es relacionar la longitud **L** del árbol con la flecha **f**. Un árbol de curvatura media presenta valores de **f** comprendidos entre 2 y 4%. Valores superiores al 4% implican curvaturas grandes (Figura 2.115).



Figura 2.113. Saneado de la madera en el fuste apeado

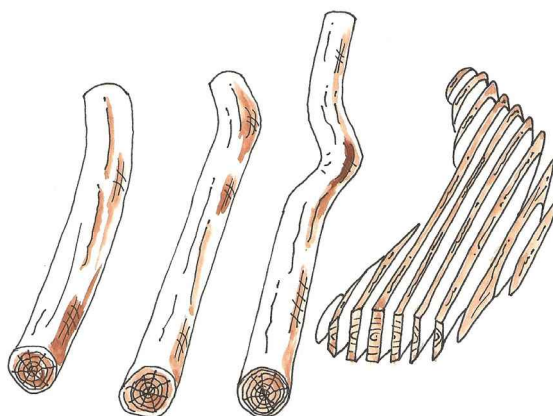


Figura 2.114. Pérdida de productividad en tablas aserradas por defecto de curvatura en tronco

Destino	Curvatura	Conicidad del fuste	Nudos	Fendas acebolladura	Picadura	Azulado	Pudrición
Apeas	NO	NO	Poca	Poca	NO	Poco	NO
Cercas	Escasa	Escasa	Poca	Poca	Poca	Poco	NO
Postes	NO	NO	Escasa	Escasa	NO	Escaso	NO
Tableros	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO
Pasta	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Aserrado	Escasa	Escasa	Escasa	Escaso	NO	Escaso	NO
Desenrollo	Muy escasa	Muy escasa	Escasa	Escaso	NO	Escaso	NO
Chapa plana	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Xiloenergía	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ

Tabla 2.6. Defectos admisibles por tipo de industria de destino

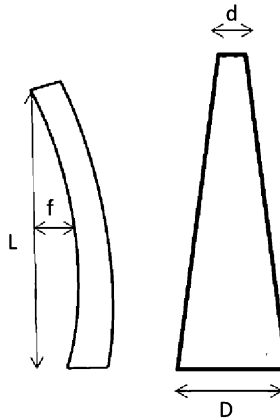


Figura 2.115. Medida de la curvatura y la conicidad

La forma del árbol, simplificándola, es cónica. El factor de conicidad del fuste se mide como un cociente expresado en tanto por ciento. En el numerador se pone la diferencia del diámetro en la base (D) y el diámetro en la punta (d); en el denominador la distancia que les separa (que puede ser la altura del fuste o la longitud de la troza). Valores en esta relación por encima del 3% (o del 4% si la troza es mayor de 25 cm) implican conicidades grandes.

El nudo es una inclusión de una porción de una rama dentro del tallo del árbol. El defecto que provoca en la madera es muy variable, según sea el proceso seguido por la rama en el árbol y según sea el destino industrial de esa madera.

Para la industria del aserrío, el nudo se mide como la relación entre el diámetro mayor del nudo y el diámetro menor de la troza, expresado en tanto por ciento. La valoración de este defecto tiene máxima importancia en esta industria y aún más en destinos de chapa a la plana o desenrollo.

Los nudos se pueden **clasificar** de la siguiente forma:

- a) Por el estado del nudo (Figura 2.116):
 - **Nudo sano y adherente:** el que tiene su origen en una rama que en el momento de cortarla está viva. Los tejidos de la rama y del fuste se encuentran perfectamente unidos y trabajan de una forma conjunta ante los esfuerzos que puedan surgir. De ahí el nombre de **adherente**.
 - **Nudo negro:** el que tiene origen en una rama que en el momento de la corta ha desaparecido o se encuentra muerta de forma natural. La muerte natural de la rama es causada por falta de actividad fotosintética y debido a la acción del viento o la nieve, se rompe por la zona basal o cercana a esta.
 - **Nudo saltadizo:** el que se produce cuando la rama, de forma natural, artificial o accidental, se rompe, no por su base, sino dejando un muñón. También se produce cuando la rama permanece muerta por períodos de tiempo muy prolongados.

En ambos casos, el árbol sigue creciendo en grosor, englobando poco a poco el muñón de la rama o la propia rama, pero sin que exista adherencia entre ambos (Figura 2.116).



Figura 2.116. Tipos de nudos

El que un árbol pade de forma natural con o sin muñón es característico de la especie y de la procedencia. En la figura 2.117 puede observarse una imagen de un rodal de pino silvestre (*Pinus sylvestris*) de la sierra de Guadarrama en que la poda natural se ha producido de forma limpia y sin dejar muñón. En la figura 2.118, en cambio, se aprecia cómo las ramas finas del pino de Oregón (*Pseudotsuga menziesii*) no autopodan igual, por lo que los nudos que se produzcan en esa madera serán saltadizos.



Figura 2.117. Árboles con poda natural limpia



Figura 2.118. Árbol con autopoda inadecuada

- **Nudo vicioso o podrido:** suele tener su origen en una rama que se rompe en plena actividad fisiológica, bien accidentalmente, bien por efecto de una poda. En este caso, la herida producida queda expuesta a la posible deposición de esporas que encuentran un medio idóneo para su desarrollo, dada la falta de duraminización de la rama.

b) Por el tamaño de los nudos. El tamaño de la rama depende de la especie (por ejemplo, el pino piñonero (*Pinus pinea*) tiene ramas gruesas y el abeto rojo (*Picea abies*) finas. Pero también de factores como la luminosidad que recibe la rama. Así, la zona basal de los fustes suele tener ramas más delgadas que la parte media-alta de la copa. En árboles crecidos en espesura, las ramas bajas quedan rápidamente sin luz y se ralentiza su crecimiento hasta la muerte de la rama. Por ello las ramas alcanzan menores grosores que si el árbol vive aislado, sin competencia lateral. Naturalmente, si en cualquier árbol se podan las ramas de forma temprana, los nudos de los árboles alcanzarán un tamaño inferior al que alcanzarían si no se podase.

Una clasificación habitual en cuanto a tamaño establece los siguientes valores:

- Nudo muy pequeño (<20 mm).
- Nudo pequeño (entre 20 mm y 40 mm).
- Nudo mediano (entre 40 mm y 60 mm).
- Nudo grande (entre 60 mm y 70 mm).
- Nudo muy grande (>70 mm).

Las **coloraciones** (Figura 2.119) son causadas por hongos que se alimentan de los nutrientes existentes en las células de la madera. El principal efecto sobre la madera es el cambio de coloración. El origen puede ser la deposición de las esporas transportadas por el viento sobre heridas abiertas en los árboles o su introducción a través de escolítidos que atacan árboles debilitados o muertos.



Figura 2.119. Coloración



Figura 2.120. Madera con pudriciones

Las **pudriciones** son causadas por hongos que se alimentan de la pared de las células de la madera, originando su destrucción (Figura 2.120). Los ataques de los hongos a los árboles vivos pueden iniciarse al producirse una herida (rotura de ramas causadas por caída de los árboles colindantes, viento o nieve, daños por rayos, picaduras de insectos...), o cuando el árbol está debilitado por cualquier razón (vejez, defoliación...). También pueden producirse por contaminación de árboles enfermos vecinos a través de rizomorfos.

Los ataques de hongos al fuste ya apeado se producen en condiciones de humedad de la madera y temperatura ambiental parecidas a las de los hongos

Las **picaduras** son agujeros de apenas unos milímetros de diámetro, dispuestos en galerías y causados por insectos que en alguna fase de su desarrollo se alimentan de sustancias contenidas en la madera (Figura 2.121). Atacan a los árboles muertos en pie o recién apeados siempre que la madera se encuentre con elevado contenido en humedad. Entre estos ataques son típicos en coníferas los producidos por *Pissodes notatus*, *Hylobius abietis*, *Blastophagus piniperda* e *Ips acuminatu*; en la encina el de *Cerambyx cerdo*; en el Chopo los de *Cryptorrhynchus lapathi*, *Sesia apiformis*, *Saperda carcharias* y *Melanophila picta*; en el olmo, diferentes *Scolytus* y en el Eucalypto el de *Phoracantha semipunctata*.



Figura 2.121. Madera con picaduras

Este defecto puede originarse también cuando el árbol aún se encuentra vivo, pero generalmente debilitado (con defoliación por ataques de plagas de insectos defoliables, quemado por incendio etc.). También se dan cuando se produce un desarrollo anormal de la población de este tipo de insectos (plagas, acumulación de leñas...).

Es relevante saber que en arbolados urbanos cada vez es más frecuente el ataque de termitas de la especie *Kaloterms flavicollis* (Fabricius), normalmente como consecuencia de las heridas causadas por poda. Estas termitas vacían el interior del árbol facilitando a su vez el ataque posterior de hongos. Son muchas las especies objeto de estos ataques, destacando el plátano de sombra, el ciruelo japonés, el olivo y el almendro.

2.2.2.8.2. Clasificación de la madera: por clases y medidas

Ya se ha mencionado la necesidad de clasificar la madera para sus diferentes destinos industriales. La clasificación se puede realizar en monte, en cargadero (Figura 2.122), en parque intermedio o en el parque de fábrica. De un mismo árbol pueden salir trozas para diferentes destinos implicando la necesidad de separarla.



Figura 2.122. Clasificación en cargadero

Si se clasifica la madera **en monte** puede ser necesario marcarla para que el medio de saca distinga claramente la madera por uso final. En ocasiones, se colocan en diferentes posiciones según destinos: unas paralelas a la calle y otras perpendiculares apoyadas en árboles en pie.

Además de los defectos de calidad ya descritos, la clasificación se realiza en función de longitudes y diámetros. Los diámetros mínimos (en punta delgada) y máximos de las trozas según los diferentes destinos aparecen en la Tabla 2.7.

La longitud mínima admisible por la industria también aparece recogida en la Tabla 2.7 pero las longitudes de tronzado en monte serán, respetando las longitudes mínimas, las acordes para la carga óptima de los medios de saca (autocargador, *skidder*, tractor) o del transporte.

Destino	Diámetro punta delgada (cm)	Diámetro máximo (cm)	Longitud mínima (m)	Clase
Chapa	35	160	2,6	A
Tablero contrachapado	30	160	2,6	A-B
Aserrío muebles y/o carpintería	20	200	2	B
Aserrío construcción	20	100	2,4	C
Aserrío envases y palets	15	40	1,2	C
Postes	10	30	6	B
Estacas y cercas	7,5	12,5	1,5	B
Tableros de partículas y fibras	6	35	2	D
Pasta celulósica	6	35	2	D
Xiloenergética	Sin límites			
(*): Clase: clase de calidad acorde a normas europeas				

Tabla 2.7. Exigencias de calidad de la industria de primera transformación española

2.2.2.8.3. Distribución de las pilas

Las pilas deben quedar bien formadas y a disposición de los medios de saca. Si existen diferentes destinos y se clasifica la madera en monte, hay que separar las pilas y marcarlas o colocarlas de diferente forma para evitar la confusión del medio de saca.

Las cortas donde se puede realizar el **apilado manual** son aquellas que se realizan sobre árboles de pequeño tamaño (diámetro medio de 10-25 cm). Son cortas selectivas generalmente y la distribución de las pilas de madera corta en monte aparece recogida acorde a los siguientes **esquemas**:

- En el sistema de madera corta, en **pendientes inferiores al 30-35%** en donde puede entrar un autocargador, se hacen pilas **en el borde de las calles**, distanciadas entre 14 y 30 m. La pila es del tamaño aproximado de la capacidad de la grúa del autocargador o múltiplos de ella (Figura 2.123). El volumen oscila entre 0,3 y 0,7 m³ lo que implica que la formen de 6 a 14 trozas aproximadamente.
- En el sistema de madera corta en **pendientes superiores al 30% e inferiores al 50%** se puede emplear en la saca el **skidder**, practicando la **saca en paquetes** o "*packsaking*". El tractor saca una pila de madera corta por viaje. Por ello se hacen pilas muy voluminosas, de entre 1,5 y 3 m³, que representa entre 30 y 60 trozas aproximadamente. Como los operarios manuales tronzan y apilan la madera, su rendimiento baja, aumentando el coste de elaboración de la madera. Sin embargo, el rendimiento del skidder aumenta por llevar en cada viaje el doble de madera de la que llevaría si enganchara fuste entero. La distancia entre calles oscila, al igual que en el caso anterior, entre 14 y 30 m (Figuras 2.124 a 2.126).

En el enganche, el volumen de esta pila y su tamaño dificultarían el paso del cable de *skidder* por debajo de la pila. Para evitar problemas se ponen una o dos trozas per-

pendiculares a la pila y en línea de máxima pendiente. La pila apoya sobre estacas clavadas en el suelo o sobre una troza basal.

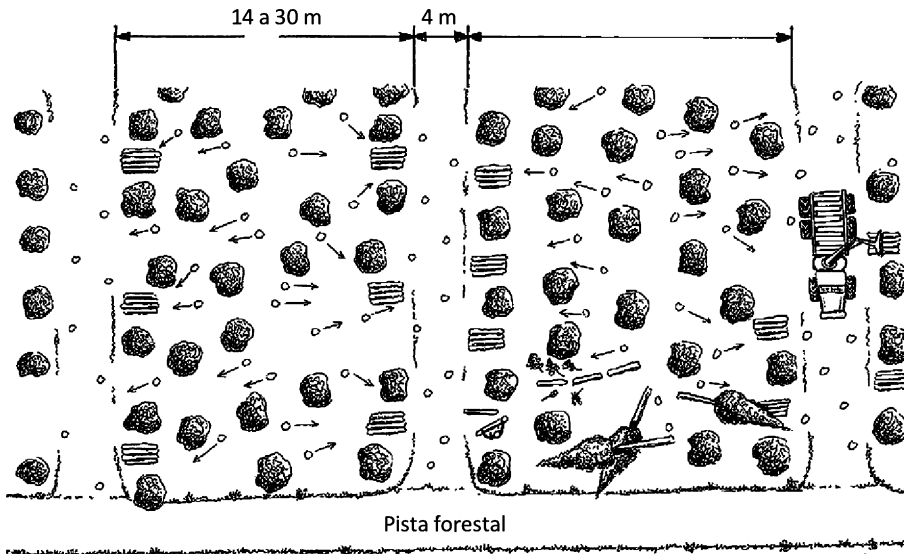
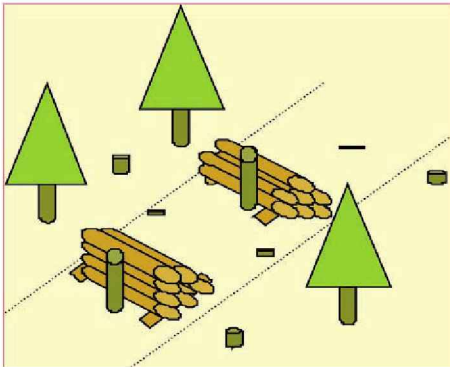


Figura 2.123. Distribución de pilas en cortas selectivas para sacar con autocargador



Figuras 2.124 y 2.125. Distribución de pilas en cortas selectivas para sacar con skidder en paquetes

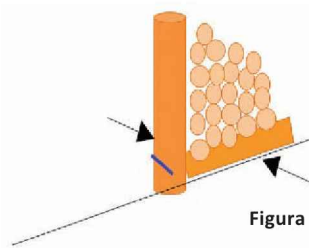


Figura 2.126. Posición de las trozas de apoyo en la pila para sacar con skidder

- c) Si las pendientes son superiores al 50% no se suele entrar con maquinaria en el monte. Se emplean mulas o cable aéreo para sacar la madera y se suele sacar fuste entero. En España hay excepciones a esta norma; por ejemplo, en el País Vasco, dado que el coste de la saca con tracción animal o cable aéreo es muy alto y que existe en los montes buena densidad de pistas, se suele actuar realizando la saca cableando los paquetes de madera desde la pista hasta 50 m de distancia aproximadamente.



Figura 2.127. Skidder cableando desde pista

En el caso del apilado manual de **fuste entero** o madera larga con el **apeo planificado** es relativamente fácil rotar la madera como ya se describió anteriormente en este texto.

Para el adecuado **apilado** se deben cumplir las siguientes **normas** (Figura 2.128):

- Dejar siempre **libre la calle** o pista para los desplazamientos del tractor de saca; esto implica apilar la madera a los lados del área prevista para el movimiento de las máquinas, excepto en el caso de la saca con *skidder* en paquetes, en que se deja la madera en el centro de la calle.
- Si se saca con **autocargador** se debe apilar, aproximadamente y como mínimo, la capacidad de la pinza, evitando la carga de piezas sueltas.
- En **pendiente**, para evitar que las pilas se desmoronen, conviene apilar en línea de máxima pendiente o apoyando las pilas en árboles en pie. En este último caso, es ne-

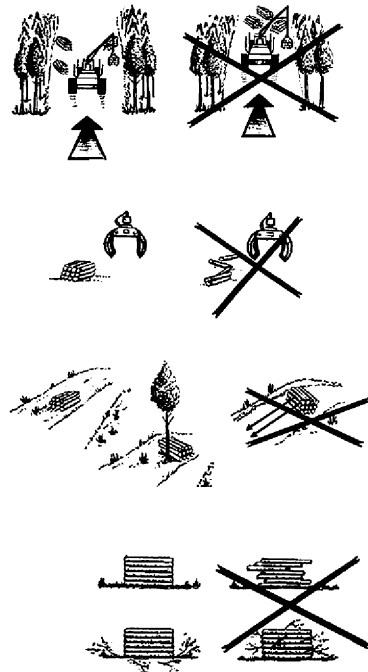


Figura 2.128. Normas para el correcto apilado de la madera en monte

cesario que el tractorista que va a cargar estas pilas tenga experiencia y habilidad suficientes para hacerlo sin dañar dichos árboles.

- Las pilas deben estar **bien formadas**, sin trozas que sobresalgan lateralmente y sin que la pila contenga residuos.

2.2.2.8.4. Técnicas y herramientas utilizadas

Además de las técnicas de apilado ya descritas, es esencial conocer las modalidades de **movimientos** y traslado de trozas a la pila, que son las siguientes:

- Traslado de trozas por **lanzamiento**: consiste en elevar la troza del suelo y tirarla en la dirección de la pila. Se hace con trozas de pequeño diámetro y con distancias de dos a ocho metros.

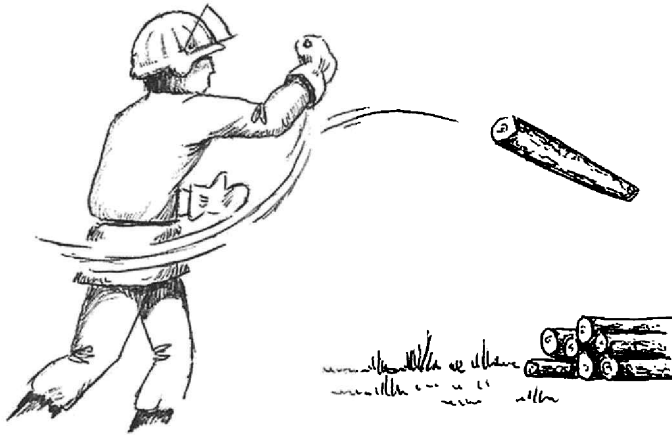


Figura 2.129. Lanzamiento de troza

- Traslado de trozas por **basculación**: consiste en levantar la troza por uno de sus extremos y voltearla. La distancia recorrida en este movimiento es la longitud de la troza.

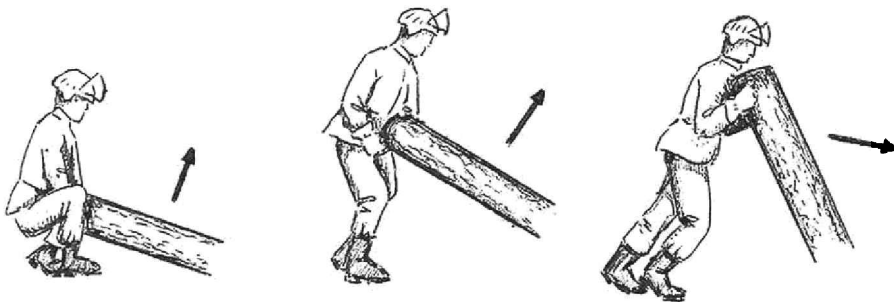


Figura 2.130. Basculación de troza

Los movimientos de lanzar y bascular se pueden emplear para acercar las trozas a la pila, pero posteriormente hay que recogerlas y manipularlas de nuevo para depositarlas correctamente en la pila.

- Traslado de trozas **en vilo**: consiste en coger la troza del suelo y llevarla no más de 10m hasta depositarla en la pila. Se trasladan trozas no muy pesadas: como máximo una persona traslada trozas de 35-40 kg y dos personas, trozas de hasta 75 kg, ya que la legislación de seguridad y salud sobre manipulación de cargas lo estipula así. Se pueden emplear herramientas auxiliares como ganchos o pinzas de maderero.

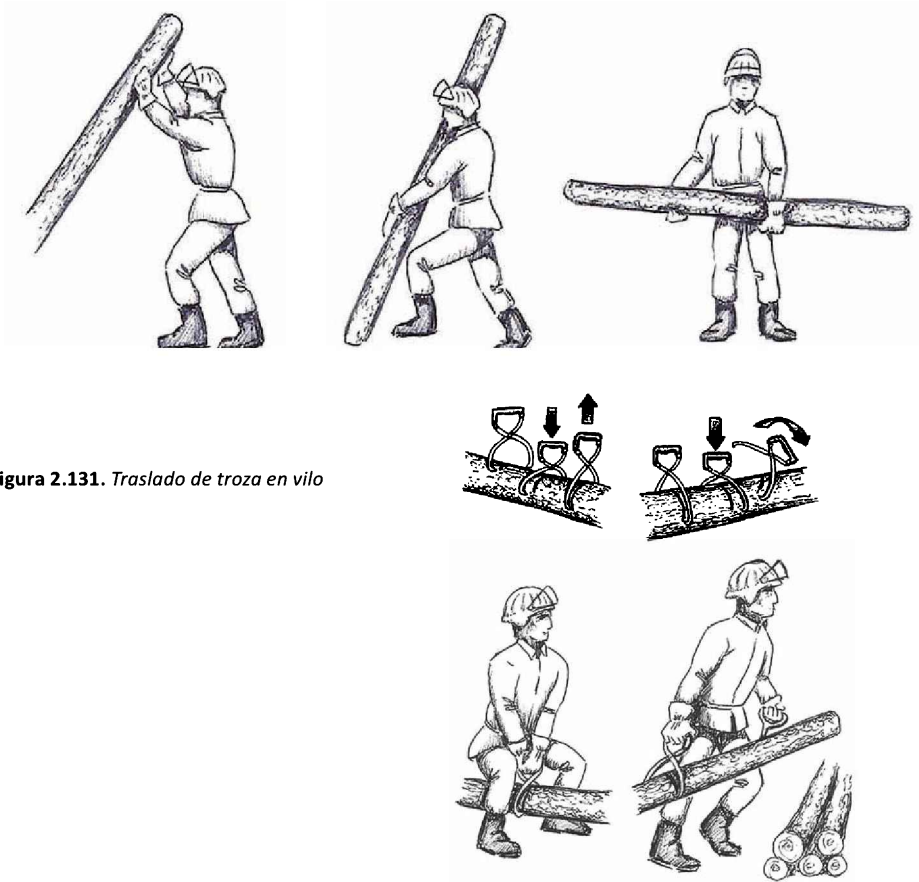


Figura 2.131. Traslado de troza en vilo

- Traslado de trozas **por arrastre o rotación**: supone desplazar la troza sin elevarla del suelo. Se realiza con trozas muy grandes que, por su peso, son difíciles de manipular y desplazar. Se opta por moverlas un poco y usarlas de base para la formación de una pila. Si se realiza un banco de trabajo el movimiento de rotación de la madera es más sencillo, incluso para fustes enteros pequeños. Se pueden utilizar palancas o giratroncos.

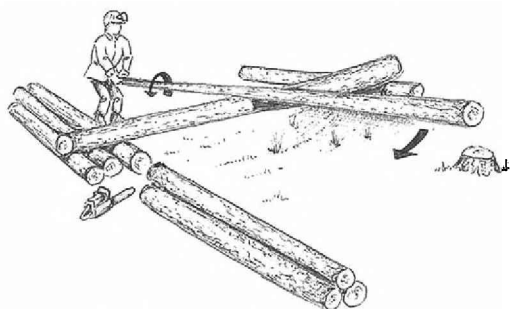


Figura 2.132. Rotación de troza

Para disminuir el esfuerzo sobre la espalda, se emplean las siguientes herramientas:

- **Gancho de maderero:** herramienta ligera muy adecuada para enganchar la madera por un extremo y elevar la base de la troza del suelo y luego bascularla. Para llevarla en vilo se deben utilizar uno o dos ganchos lo que permite no tener que descender tanto para coger la madera. Se levanta la troza con el gancho y, cargado el peso sobre las rodillas, se traslada a la pila (Figura 2.131).
- **Pinza de maderero:** se utiliza de la misma forma, pero al enganchar un extremo es fácil enganchar el otro en el extremo del fuste contrario.
- **Giratroncos:** presenta diseños variados, desde un gancho sencillo a una palanca de derribo. Su uso es muy sencillo permitiendo al operario trabajar en una posición óptima, prácticamente de pie. Se engancha el fuste y se hace palanca para provocar el giro del árbol o troza.



Figura 2.133. Palanca de derribo con gancho giratroncos, pinzas y gancho de maderero

- **Hacha:** es más pesado y genera más riesgos que el gancho maderero y se utiliza fundamentalmente para elevar uno de los extremos de la troza. El deterioro de la madera es mayor.
- **Cinta métrica:** se utiliza para medir las trozas y fustes, suele ser de 15 a 25 m y se lleva en el cinto del motoserrista. Estas cintas tienen un gancho en su extremo, de manera que un solo operario pueda medir las trozas.
- **Varas de medir:** son varas rectas (habitualmente de avellano) que suelen medir 2,5 m y se utilizan en algunas ocasiones. Su uso en monte es incómodo por lo que son más frecuentes en el tronzado en cargadero.

2.3. SEGURIDAD Y NORMATIVA

2.3.1. Riesgos de seguridad y salud de la motosierra

Un **riesgo** es la probabilidad que ocurra un accidente o se genere una enfermedad o dolencia. La motosierra es una herramienta de trabajo cuyo empleo entraña riesgos para la salud e higiene de los trabajadores.

La legislación española obliga a que todas las actividades profesionales tengan una **evaluación de riesgos** para la salud de las personas que lo desempeñan. Una evaluación es un listado de los riesgos, la probabilidad de que ocurran y la estimación de su gravedad en caso de que se produzcan. La legislación obliga a anticiparse a los accidentes: su estudio es una acción **preventiva**.

Se debe considerar además que toda persona, antes de emplear la motosierra debería pasar un examen médico que certificase que es apto para desarrollar el trabajo. Los menores de 18 años no pueden realizar trabajos con motosierra, por estar catalogado como trabajo penoso con riesgo de accidentes.

Los **riesgos específicos** asociados al uso de la motosierra son:

- **De naturaleza músculo esquelética:** lesiones en músculos y articulaciones por el esfuerzo continuado que supone sostener, desplazar y emplear un objeto pesado y vibrante como la motosierra. Se aconseja no levantar cargas puntuales de más de 30 kg o de 15 kg si es de forma continuada. Se dan situaciones de sobreesfuerzos cuando la motosierra queda atrapada en un fuste o troza al ser aplastada por las piezas a cortar. También si el operario mueve trozas para facilitar su trabajo. Las consecuencias de estos sobreesfuerzos son la aparición de lumbalgia, hernias discales y otras dolencias. Se aconseja usar palancas y ganchos madereros.

Siempre se debe tener una correcta higiene postural. Hay que evitar la habitual tendencia a sobrecargar la espalda en vez de doblar las rodillas. Se debe mantener la motosierra lo más próxima al cuerpo, porque así se sobrecarga menos la espalda. Por supuesto, hay que evitar sobreesfuerzos al empujar un árbol, mover un tronco o sacar una espada atrapada en un fuste.

La exposición prolongada de los individuos a las **vibraciones** provoca importantes efectos sobre la salud

Los efectos más significativos que provocan las vibraciones de la motosierra son de tipo vascular, osteomuscular y neurológico. Dependiendo de su intensidad y el tiempo de exposición acumulado pueden causar sensaciones muy diversas que van desde la simple incomodidad hasta alteraciones graves, pasando por la interferencia con la ejecución de ciertas tareas como la lectura, la pérdida de precisión al ejecutar movimientos o la pérdida de rendimiento debido a la fatiga.

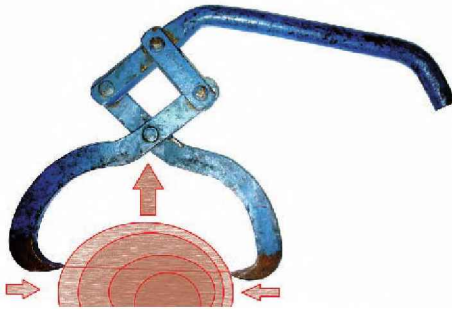


Figura 2.134. Tenazas para elevar trozas



Figura 2.135. Gancho pequeño para llevar en el cinturón

Específicamente se conoce como dedos blancos el **deterioro del sistema nervioso y circulatorio en las manos** y se ha descrito como una enfermedad crónica que puede aparecer en las manos de los motoserristas. La sintomatología es la pérdida de pigmentación en la piel y asociado a esto la persona pierde sensibilidad en las manos.

Otros riesgos son los **golpes de partículas, troncos, cortes por motosierra y resbalones**: el golpeteo con ramas o arbustos es muy frecuente, unido al riesgo de que las virutas de madera expulsadas durante el corte alcancen los ojos u otras partes de la cara.

Es especialmente peligroso y frecuente el corte con motosierra debido al **efecto rebote**, que consiste en un movimiento brusco que se produce cuando el motoserrista emplea la parte superior de la punta para iniciar un corte. La punta se vuelve bruscamente contra el operario pudiendo provocar heridas en el rostro, cuello o pecho, lugares todos ellos críticos. El freno de cadena, si el operario está trabajando como indica la figura 2.136, se acciona al colisionar con el antebrazo del operario en un intento de evitarlo.

En el **efecto rebote** puede volverse el elemento de corte contra el cuerpo del operario. Es un riesgo que puede entrañar **extrema gravedad** para el trabajador

Los **equipos de protección individual (EPI)** son vestimentas de trabajo especialmente diseñadas para amortiguar el daño de estos posibles golpes.

El operario no debe olvidar que en la ejecución de un corte y al cortar con la punta de la espada se puede producir el rebote por reacción. Los elementos anticorte que un operario forestal debe llevar son guantes, botas y pantalón. Los fabricantes ofrecen diferentes productos adaptados a la velocidad de giro de la cadena. Para trabajos forestales, la velocidad de giro que debe considerarse es de 20 m/s.

Los EPI se someten a pruebas de resistencia que certifican que son adecuados para amortiguar las agresiones. En el caso del riesgo de corte, un material anti-corte debe poder detener la cadena de la motosierra antes de contactar con la piel del operario. Un material certificado debe llevar el marcado CE y además un código del tipo EN XXX, que hace referencia al examen que ha pasado.

Otros riesgos asociados al uso de la motosierra en el aprovechamiento forestal se enumeran a continuación:

- **Deterioro del sistema auditivo:** las motosierras, a pesar del silenciador, producen un ruido por encima de lo recomendado por las normas de seguridad y salud laboral. La unidad que mide el ruido es el decibelio. Las motosierras producen ruidos por encima de los 103 dB, muy superior por tanto a lo que aconsejan las normas internacionales y nacionales. Se hace obligado utilizar algún protector auditivo, como orejeras o tapones. La alternativa es el riesgo de sordera. Además de la protección, los operarios deben someterse a pruebas periódicas de agudeza auditiva.
- **Riesgo por picadura de insectos:** principalmente en la época estival, existen áreas con alta concentración de insectos que pueden atacar a los operarios. Entre los más peligrosos están las garrapatas. Son muy habituales en zonas con presencia de ganado doméstico, cierta humedad en el suelo y presencia de hierbas altas. Las picaduras de garrapatas pueden agravarse si no se actúa correctamente. Otros insectos peligrosos son las avispas, las abejas y los mosquitos. Se aconseja el uso de repelentes para evitar sus ataques.
- **Accidentes "in itinere":** se denomina así a los accidentes en los desplazamientos al tajo. Los motoserristas, por la naturaleza de su trabajo, suelen desplazarse en vehículo hasta el lugar de trabajo, muchas veces por caminos de difícil tránsito. Estos desplazamientos tienen riesgo dado el mal estado en el que frecuentemente se encuentran las pistas forestales. Se aconseja llevar las motosierras en el maletero

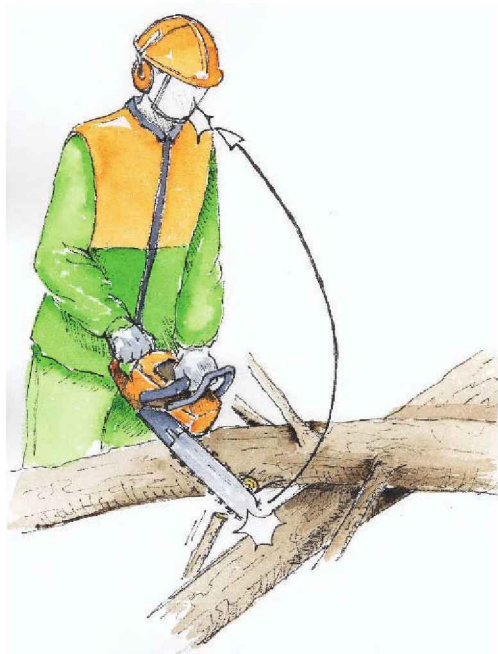


Figura 2.136. El rebote provoca un movimiento brusco de la espada contra el operario

o remolque, no en el mismo habitáculo que los trabajadores, y llevarlas siempre con el protector de espada.

- **Exposición a temperaturas extremas:** es fácil que por la altitud de las masas forestales, se alcancen temperaturas de bastantes grados bajo cero o que en el verano se sobrepasen los 30°C; por ello los trabajadores forestales están expuestos a riesgo de congelación o de golpe de calor. Las medidas de prevención y protección son:

- Usar ropas ligeras, frescas y de colores claros.
- Evitar la exposición al sol.
- Aumentar la ingesta de agua y de sal.
- Al aparecer los primeros síntomas de fatiga (dolor de cabeza, sudor excesivo y pulsación alta) descansar y colocarse en un lugar fresco.
- Usar ropa adecuada al frío.
- Ingerir dietas altas en calorías.

- **Caídas al mismo nivel:** por la irregularidad del suelo forestal y en días lluviosos por los posibles resbalones, caen al suelo por efecto de obstáculos del terreno o por deslizamiento. Las alteraciones de la salud que puede provocar son los traumatismos y las lesiones. Para prevenir y protegerse de este riesgo se deben observar las siguientes indicaciones:

- Usar botas con suela antideslizante.
- Vigilar el terreno que se pisa durante los desplazamientos, fijándose en las irregularidades y obstáculos del terreno y en lo resbaladizo del mismo.
- Evitar saltar y correr.
- Usar el protector de espada en largos desplazamientos.



Figura 2.137. Las furgonetas tipo "pick-up" permiten el transporte de motosierras en habitáculo separado de los operarios

Además de las medidas preventivas, en los tajos debe existir en un Plan de Emergencia

Tener un Plan de Emergencia en caso de accidente es obligatorio e indispensable. Todos los trabajadores deben saber qué hacer en caso de producirse un accidente grave. Hay que conocer, partiendo de la ubicación del monte, los lugares con cobertura telefónica, el centro médico más cercano y sus recursos, y las carreteras principales para alcanzarlo.

2.3.2. Equipos de protección individual (EPI): homologación, caducidad y mantenimiento

La mayor parte de los accidentes se producen por el contacto del elemento de corte de la motosierra con el cuerpo del operario. Otro importante número ocurre por caída de objetos sobre el operario o por resbalones. Para evitar los accidentes se debe utilizar un Equipo de Protección Individual (EPI) que, si bien no disminuye el riesgo, reduce la gravedad del accidente.

El equipo de protección individual está formado por las siguientes prendas (Figura 2.138):



Figura 2.138. Equipo de protección individual del motoserrista

- **Casco protector (1).** Casco ligero con máscara EN 397 contra los posibles impactos sobre la cabeza de ramas, astillas, fustes... Aunque las gafas son más cómodas que la máscara, esta protege toda la cara. El casco debe sustituirse cada 4 años como máximo, ya que el paso del tiempo puede hacer que el material pierda capacidad de absorción de golpes. El peso del casco está entre 0,6 kg y 1,2 kg. Distintos fabricantes ofrecen cascos con protección facial y auditiva.



Figura 2.139. Casco con protección facial y auditiva

- **Protección auditiva (2).** EN 458 y EN -352-1- 2. Evita enfermedades auditivas ocasionadas por el ruido de la motosierra. Sus elementos están preparados para ruidos de alrededor de 110 dB. Las orejeras deben sustituirse anualmente pero para los tapones, por motivos higiénicos, es recomendable mayor frecuencia de reposición. Hay operarios que prefieren los tapones a las orejeras protectores por comodidad, aunque la eficacia de ambos sistemas es similar. Se deben usar auriculares o tapones de estanqueidad suficiente.

El equipo también debe revisarse ante un posible deterioro por mal uso. Un buen mantenimiento, con lavado periódico de las almohadillas de gomaespuma, evita las deformaciones (que disminuyen su efectividad) y la acumulación de sudor y polvo (que pueden provocar infecciones auditivas, además de causar malos olores).



Figura 2.140. Protectores auditivos externos (Fotografía cortesía de Stihl)



Figura 2.141. Protectores auditivos (Fotografía cortesía de Stihl)



Figura 2.142. Tapones para los oídos (Fotografía cortesía de Stihl)

- **Protección facial (3).** Gafas EN 166 o pantallas de protección. Este equipo también está integrado en el casco y puede ser una pantalla facial, unas gafas o ambas a la vez. La pantalla facial de malla protege la cara de la proyección de partículas. No dura más de tres años y hay que hacer un mantenimiento adecuado limpiándola. Para los ojos se deben utilizar gafas protectoras preparadas para impactos de baja energía, y deben cambiarse cada dos años.
- **Guantes con protección anti-corte y anti-vibración (4).** EN 388-EN420. Deben estar hechos con un material que permita el agarre firme y cómodo en todo momento, y deben ir ajustados en la muñeca para impedir la entrada de serrín o polvo. Estos guantes deben disponer de un material que absorba la vibración en la parte de la articulación y la palma de la mano. Además el interior de uno de los guantes debe estar hecho con tejido anti corte: el izquierdo para diestros y el derecho para zurdos. Desde el año 2000 no se permite el empleo de guantes de Clase 0 (velocidades de 16 m/s).
- **Pantalón anti corte (5).** Pantalones, peto anti-proyecciones según norma EN-381 y EN 340 o zahones protectores según norma EN 340, EN 381, EN 385-9, EN 531. Estas prendas se caracterizan por estar compuestas por varias capas. Cuando la cadena corta la primera capa de tela, arranca una gran cantidad de fibras sintéticas que bloquean el piñón de la cadena haciendo que esta se detenga en décimas de segundo. De este modo se reduce considerablemente el riesgo de lesiones. Un pantalón anti corte puede llegar a pesar 245 gramos por m², es decir unos 5 kg frente a los 1,5 kg que pueden pesar unos pantalones largos sin protección. Por tanto, el esfuerzo físico para llevar esta prenda es importante. Por ello, muchos operarios se quejan y los rechazan. Pero es inexcusable su uso por la gravedad y frecuencia de posibles accidentes. Las clases de pantalón en función de la velocidad de la cadena se reflejan en la Tabla 2.8.



Figura 2.143. Perneras anticorte

Clase	Velocidad de la cadena
Clase 0	16 m/s
Clase I	20 m/s
Clase II	24 m/s
Clase III	28 m/s

Tabla 2.8. Clases de pantalón en función de la velocidad de la cadena

- **Botas con protección anticorte (6).** Resisten impactos de hasta 200 julios (norma EN 345). Tienen punta de acero y suela antideslizante. Hasta ahora eran de caucho pero se empiezan a fabricar con materiales de los utilizados en botas de montaña (vibram, contagrip). Tienen material anti-corte bajo el tejido de revestimiento, deben cubrir el tobillo y ajustarse adecuadamente a él para impedir la entrada de restos de corta. Las botas son caras por lo que es importante realizar un mantenimiento adecuado, limpiándolas y aplicándoles crema para cuero con base de silicona.



Figura 2.144. Botas de protección anti corte

Es un calzado muy rígido, con elevado peso y poca transpiración del pie, aunque los nuevos diseños han mejorado su flexibilidad y confort.

Como complementos, algunos fabricantes de motosierras ofrecen calcetines de fibra transpirables y plantillas de aislamiento térmico. Además han aumentado la seguridad protegiendo toda la parte frontal, incluido el empeine y parte baja de la espinilla. Otra parte importante de la bota que se ha mejorado es la suela, lo que es un gran avance ya que cuando llueve o el rocío es intenso, el suelo se vuelve resbaladizo y el riesgo de caída aumenta. Una caída portando una motosierra se puede convertir en un accidente de relativa gravedad.

- **Silbato de aviso o emergencia.** No es obligatorio pero se recomienda su incorporación en la impedimenta del motoserrista porque sirve para avisar rápidamente en caso de accidente.

La ropa debe lavarse con regularidad: los restos de resinas, aceites o combustible influyen negativamente en el funcionamiento de la ropa de seguridad. En caso de estar manchada con líquidos inflamables, se debe cambiar por riesgo de incendio.

Las prendas deben ser adecuadas a la talla del operario y quedar ajustadas, aunque sin limitar la movilidad para evitar enganches en ramas, arbustos y con la propia motosierra. Los guantes y botas deben ser ajustados para evitar la entrada de astillas, restos de corta, etc.

Las prendas del equipo de seguridad deben estar **homologadas**. El **marcado CE** de los equipos de seguridad garantiza su calidad; hay otros marcados con diferentes normas de calidad que garantizan que se cumplen determinados requisitos [EN, CEN, etc.]

2.3.3. Equipos auxiliares: botiquín y herramientas complementarias

Ya se han mencionado los numerosos riesgos a los que están expuestos los operarios. El entrenamiento en la práctica profesional segura, el empleo de los EPIs reglamentarios y la

precaución son ingredientes necesarios para evitar los accidentes laborales. No obstante, en los lugares de trabajo también debe existir también un **botiquín** para responder a posibles accidentes que ocurran.

El botiquín que portan los operarios durante la ejecución de los trabajos debe ser amplio para responder a las posibles lesiones o heridas producidas y los operarios deben estar familiarizados con el empleo de todos y cada uno de los productos incluidos. Además se debe hacer un seguimiento de sus fechas de caducidad para una necesaria reposición.

El botiquín contendrá como mínimo lo siguiente:

- **Analgésico** general, para dolores de cabeza o musculares.
- **Termómetro** para comprobar el estado de los operarios.
- **Guantes de látex**, limpios para poder actuar en la desinfección de heridas o tocar alguna parte sensible como los ojos sin que la manipulación suponga un riesgo de infección.
- **Pinzas sanitarias** dentro de su funda, limpias y desinfectadas. Estas pinzas son muy útiles para retirar pequeñas virutas de ojos o heridas, quitar espinas o astillas de la piel, o aguijones de algún insecto.
- **Tijeras sanitarias**, para cortar las vendas, esparadrapo u otros materiales.
- **Algodón**, para la desinfección y cura de heridas.
- **Goma para torniquete**. Los operarios deberían estar familiarizados con esta técnica de contención ante una hemorragia. Los tajos pueden estar en lugares difícilmente accesibles y relativamente lejos de los centros sanitarios.
- **Vendas** homologadas para uso sanitario.
- **Gasas estériles**, para heridas de menor magnitud.
- **Tiritas**.
- **Desinfectante** para limpiar los objetos como las pinzas, las tijeras u otros objetos que vayan a estar en contacto con ojos o heridas.
- **Antisépticos**, que no deben confundirse con los anteriores. Su función es otra porque pueden aplicarse y son eficaces en heridas abiertas o tejidos vivos. Desinfectantes conocidos son el agua oxigenada, el yodo o el betadine.
- **Repelente para insectos**, muy útiles en zonas de acumulación de agua, ante la existencia de garrapatas, mosquitos.



Figura 2.145. Botiquín

La seguridad y salud en la planificación y ejecución de las cortas y la adopción de las medidas preventivas adecuadas **desciende los accidentes y lesiones** debidas al trabajo

2.3.4. Plan de prevención de riesgos laborales

La seguridad debe basarse en múltiples acciones: usar máquinas con dispositivos de seguridad que reduzcan los posibles accidentes, trabajar mediante técnicas que prioricen la seguridad, y disponer de un Plan de Seguridad y Salud en que se analicen las situaciones de riesgo y se establezcan medidas para evitarlo o reducirlo.

El **Plan de Seguridad y Salud** es un documento que se debe realizar para cada tipo de corta y cada lugar de trabajo. Se debe revisar y actualizar con rigor en cada nuevo lugar de trabajo, pero también hay que modificarlo cuando, sin cambiar de lugar, se modifica el tipo de corta a realizar, las herramientas a emplear, la organización de la cuadrilla, el número de trabajadores o la planificación de la corta.

El Plan de Seguridad y Salud debe ser conocido por los trabajadores y permite afrontar el trabajo a realizar con conciencia por parte de los trabajadores de las siguientes cuestiones:

- **Previsión de situaciones de riesgo** (¿qué accidentes puedo tener? ¿qué problemas para mi salud puedo tener?).
- **Conocer las medidas preventivas de esos riesgos** (¿qué tengo que hacer para evitar los riesgos? ¿qué puedo hacer para no tener patologías por el trabajo a realizar?).
- Si el accidente se produce **valorar la gravedad** (¿cómo afrontar un accidente? ¿puedo curarlo en monte, puedo trasladarlo a centro médico? ¿dónde está el centro médico? ¿debo llamar a emergencias?).
- Conocer cómo **actuar en situación de emergencia** y agilizar las decisiones en momentos urgentes (¿dónde tengo cobertura? ¿cómo pueden llegar las emergencias al lugar del accidente? ¿dónde está la zona adecuada para evacuación aérea?).

La elaboración de los Planes de Seguridad y Salud debe ser rigurosa y las mutuas de accidentes de trabajo se deben esforzar por ver y hacer ver la importancia de estos planes en el sector forestal. Para elaborar un Plan de Seguridad y Salud adecuado se deben conocer muy bien los **aspectos** que se detallan a continuación:

- a) El **trabajo** que se va a realizar: en qué consiste y cuáles son cada una de las operaciones a realizar.
 - El tipo de trabajo: cortas selectivas, cortas a hecho, podas, resalveos, etc.
 - El objetivo del trabajo: aprovechamiento maderero, tratamiento selvícola, prevención de incendios...
- b) El **monte** donde se va a realizar el trabajo:
 - Tipo de terreno, pendiente, fisiografía, climatología.
 - Tipo de árboles a cortar, otros árboles y vegetación presente en la zona, características de la masa (pies/ha, volumen de arbolado, etc.).

- Vías de acceso al monte, red de caminos y carreteras, estado de las mismas, distancia a núcleos de población, localización de zonas con cobertura, ubicación de zonas para evacuar con medios aéreos, etc.
- c) **Medios** humanos que realizarán el trabajo y equipos materiales que se van a utilizar:
- Motoserristas, tractoristas, jefes de obra. Número de personas, coincidencia espacial y temporal de los mismos, edad, experiencia profesional, cursos de formación en primeros auxilios, etc.
 - Motosierras, tractores, camiones, vehículos de traslado de operario a monte, etc. Número de equipos y estado de los mismos.
- d) Evaluación de **riesgos de los trabajadores** y de todos los problemas que puedan surgir durante la ejecución de los trabajos (Tabla 2.9).

EVALUACIÓN DE RIESGOS DEL TRABAJADOR FORESTAL	
Caídas de personas al mismo nivel	Resbalones o pisada sobre trozas o fustes son accidentes muy frecuentes
Caídas de objeto por desplome o derrumbamiento. Árboles	Accidente de los más peligrosos para la vida del operario o tipo de lesiones que produce
Caídas de objetos desprendidos. Ramas	
Caídas de objetos en manipulación manual, herramientas	
Choques contra objetos inmóviles, ramas o fustes	
Cortes y pinchazos	Accidente de los más frecuentes por: Retroceso de la motosierra Rotura de cadena Corte con la espada.
Proyección de fragmentos o partículas sólidas, restos tala	Muy frecuente
Atrapamientos por fustes o trozas	
Exposición al ruido	
Exposición a vibraciones	
Exposición a frío y calor	
Fatiga postural	
Fatiga física por esfuerzos	Sobre todo en caso de apiladores
Sobreesfuerzos físicos puntuales	Sobre todo en caso de apiladores
Accidentes de tráfico in itinere	
Choques contra objetos móviles	Sobre todo si hay presencia de maquinaria en la zona
Caídas de personas a distinto nivel	
Atropellos y golpes por maquinaria forestal	

Tabla 2.9. Listado de riesgos de los trabajadores

- Riesgos de accidentes (cortes, caídas, riesgo de rebote, caída de objetos) o posibles patologías de los trabajadores (manipulación cargas, contaminación acústica, vibraciones, gases procedentes de la combustión, factores bióticos, factores abióticos).
 - Riesgo de accidente con otros transeúntes que pasen por la zona.
 - Riesgos de incendios o catástrofes naturales. Si tras ocurrir alguno de estos sucesos hay que seguir trabajando en la zona se debe revisar el Plan de Seguridad y Salud puesto que han cambiado las condiciones del lugar de trabajo multiplicándose la situaciones de riesgo (tocones o madera quemándose, fustes partidos o desarraigados, polvo del incendio, etc.).
 - Otras personas que puedan acceder a la zona de trabajo, guardería, personal técnico.
- e) **Valoración del riesgo.** Una de las metodologías seguidas para ello es la recomendada por el Instituto Nacional de Seguridad Social (INSH) que valora el riesgo según la estimación de sus consecuencias y su probabilidad de acontecer.
- f) **Elaboración de fichas preventivas** y medidas de actuación para cada riesgo, algunas de ellas recogidas a lo largo de los epígrafes tratados anteriormente.

La **tasa de accidentalidad** en trabajos forestales es significativamente más alta que en otros sectores considerados de alto riesgo. Usando varias fuentes de información, a pesar de las dificultades en la comparación, Klun y Medved (2007) estudiaron los accidentes mortales en el sector forestal en varios países europeos entre 1980 y 2004. En la Tabla 2.10 se presenta una combinación de sus referencias con las de Cabeças (2007) para el caso de España.

Otras interesantes fuentes de información sobre este asunto pueden encontrarse en Nieuwenhuis y Lyons (2002), Neely y Wilhelmson (2006), Albizu *et al.* (2010) o Lefort *et al.* (2003). De su análisis, puede deducirse que:

- En aprovechamientos **semi-mecanizados**, la gran mayoría de los accidentes están ocasionados por motosierras, sobre todo en la fase de apeo y elaboración. La carga de trozas y el contacto con la maquinaria son también causa frecuente de accidentes.
- Las partes del cuerpo heridas con mayor frecuencia son las **piernas**. Las partes del cuerpo más comúnmente afectadas por heridas con motosierra fueron los pies (53 % de las heridas de motosierras), mientras las lesiones por aplastamiento o golpes con trozas ocurren con mayor frecuencia en la parte inferior de las piernas (46%) y pies (21%).
- El uso generalizado de **pantalones de seguridad** anti-corte ayuda a mejorar estos dramáticos datos. Así, puede deducirse de los resultados de Suecia donde, de acuerdo con los registros de accidentes de las autoridades, compañías de seguros y hospitales, las heridas en los brazos fueron las más comunes. Las heridas en las piernas presentan porcentajes menores, similares a las heridas en la cabeza.

País	Sector	Nº accidentes mortales/año	Millones de m ³ de madera talada/año	Muertes/ millón m ³
Suecia	Sector forestal	8.47	77	0.11
Austria	Sector forestal	37	20.1	1.84
Eslovenia	Sector forestal	15.7	3.2	4.9
Suiza	Sector forestal	13.6	7	1.94
Alemania	Sector forestal	40.7	60.7	0.67
Finlandia	Sector forestal (solo profesionales)	6.4	64.3	0.1
Croacia	Sector forestal (solo profesionales)	2.5	5	0.5
España	Sector forestal (Cabeças, 2007)	7.7	15	0.5

Tabla 2.10. Media de accidentes mortales en el sector forestal en varios países europeos en relación con el volumen aprovechado en el periodo 1980-2004

En cuanto a **los accidentes mortales**, la mayoría se debieron a atrapamientos o aplastamientos de la cabeza por caída de árboles. En las operaciones **con motosierra**, el apeo de árboles es la causa más frecuente de accidentes mortales. Puede ser por incorrecta dirección del apeo, porque el árbol rueda o rebota después de la caída o porque golpea otro árbol. La situación que provoca un mayor número de accidentes graves es tirar otro árbol sobre un árbol enganchado para liberarlo. El riesgo se debe a que el árbol que se tira puede rebotar o a que parte de una copa rota de alguno de los árboles caiga sobre el trabajador.

Incluso en los países con mayor énfasis en seguridad, como Suecia, los accidentes mortales dominantes con mucho eran los ocurridos durante la corta y apilado manuales (con motosierra), que ascendían al 78%, seguidos de los accidentes durante la carga y descarga (14%) y durante el trabajo con máquinas (4%). Durante el apeo, las causas más importantes fueron el apeo de árboles enganchados (26%), la mala técnica de apeo (15%), el rebote de la parte basal (11%), la caída de ramas y copa (11%), el trabajo excesivamente próximo a otros trabajadores (11%), el apeo de árboles derribados o partidos por el viento (8%) y el atrapamiento o aplastamiento por detrás durante el apeo (5%). La tasa de accidentes entre operarios con motosierra es claramente mayor que entre maquinistas. En Estados Unidos, diferentes estudios establecen que hay un porcentaje significativamente inferior de aplastamiento o atrapamiento por árboles y ramas en los aprovechamientos mecanizados.

Las principales recomendaciones y sugerencias sobre **formación y gestión empresarial** incluyen nuevos programas de entrenamiento sobre técnicas de trabajo, seguridad y salud, con experiencias prácticas para operarios con motosierra, incluyendo inspecciones y auditorías de control. Se recomienda aplicar nuevos métodos de enseñanza y nuevas tecnologías, rechazando los viejos métodos de enseñanza en favor del aprendizaje interactivo basado en la resolución de problemas.

Las partes críticas de los programas de formación continua son el nivel de estudios de las compañías contratadas para permitir que adquieran un equilibrio entre seguridad y normas,

el aprendizaje de técnicas seguras de trabajo en aprovechamientos semimecanizados, así como el uso y mantenimiento correctos de las motosierras y de los Equipos de Protección Individual (EPIs), el diseño del trabajo manual con motosierra, la prevención de caídas y sobreesfuerzos –incluyendo ejercicios de estiramiento–, la formación en técnicas de conducción segura y en el uso correcto de herramientas manuales.

2.3.5. Cumplimiento de las normas en materia de aceites y residuos

Los trabajos con motosierra en entornos naturales generalmente forman parte de un conjunto de actuaciones que tienen como objetivo la conservación. Este objetivo a veces se combina con otros específicos como la producción de madera o la ejecución de obras para dotar al monte de infraestructuras: pistas forestales, áreas cortafuegos, torres de vigilancia... Por tanto, la motosierra debe causar el menor impacto posible. Esto no solo depende de los fabricantes, sino también de su uso racional por empresas y trabajadores.

Ya se han resumido los impactos negativos que tiene el uso de la motosierra: el ruido, la liberación de gases y líquidos contaminantes al medio y por último el riesgo de incendios. El **ruido** no solo afecta al oído humano, sino que puede perturbar a la fauna silvestre. Algunas especies son muy sensibles, mientras que otras, en cambio, pueden convivir con la ejecución de trabajos forestales. No existe una norma general de aplicación y tampoco existe unanimidad entre los expertos de fauna. En España son los responsables de la gestión forestal los encargados de determinar si existe necesidad de limitar o prohibir en alguna época o momento los trabajos, por ejemplo, en épocas de reproducción.

En relación a **la emisión de gases** contaminantes ya se ha comentado que las nuevas motosierras incluyen mejoras en sus catalizadores que reducen la emisión, aunque no la eliminan. El mantenimiento en buen estado del catalizador es imprescindible. La exposición de los operarios a estos gases se atenúa en entornos abiertos y ventilados. La contribución de estos gases al calentamiento global es muy inferior al empleo de otros vehículos o máquinas. Además es importante destacar la aparición en el mercado de la gasolina E10 que lleva un 10% de etanol. Los fabricantes de motosierras deben adaptar los motores para este nuevo combustible. El empleo de etanol se considera de emisión cero en el balance de emisiones de CO₂ equivalente, puesto que el CO₂ emitido en su combustión es fijado en el ciclo de producción de etanol en la fase crecimiento de las plantas.

El sector forestal tiene una **siniestralidad mayor** que el sector de la construcción, tradicionalmente considerado el de más riesgo

De igual forma que el ruido, existe un **riesgo de incendios** asociado al uso de la motosierra. Para atenuarlo, las motosierras incluyen una pieza denominada matachispas. Además, los equipos de trabajo deben llevar batesfuegos y azadas para que ante un conato de incendio puedan actuar rápidamente. No obstante, en último caso, es la administración forestal la que puede restringir el uso de máquinas en el monte en época o momentos de alto riesgo, práctica habitual en muchas Comunidades Autónomas.

Otro de los riesgos ambientales del uso de motosierras es el **aceite** de la cadena, ya que este aceite se libera al medio ambiente y en grandes concentraciones puede resultar tóxico para los organismos vivos. Desde el diseño y la fabricación de motosierras se mejora el sistema de lubricación disminuyendo la cantidad de aceite. Aun así un operario trabajando una jornada entera con la motosierra puede liberar 1 litro de aceite al medio. Aunque esta contaminación está muy diluida en el tiempo y en el espacio y no tiene consecuencias directas visibles, puede evitarse con productos lubricantes biodegradables. En ellos y en un periodo corto, el producto liberado se descompone por la acción de organismos vivos, produciendo elementos metabolizables y no tóxicos. En algunos países europeos es obligatorio que la lubricación de motosierras se haga con estos productos. En España no, pero sí se considera altamente recomendable.

2.4. MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE PEQUEÑAS AVERÍAS

La motosierra es una máquina sometida a una elevada fatiga, debido al alto número de revoluciones a las que trabaja el motor (alrededor de 11.000 r.p.m.), a las grandes variaciones de demanda de potencia y a lo agresivo del medio: frío, calor, humedad, polvo... Esto obliga a un cuidadoso mantenimiento. Para la reparación de pequeñas **averías** es necesario contar con un conjunto de herramientas y piezas de repuesto:

- **Herramientas específicas:**
 - Herramienta multiuso de la motosierra, con llave de tubo para las tuercas de la espada, llave de bujía y extremo con punta en forma de destornillador (Figura 2.149).
 - Bujía de repuesto.
 - Herramienta para la instalación de la argolla del cordón de arranque.
 - Lima redonda y lima plana para el afilado.
 - Cadena de repuesto. Se aconseja llevar una o varias, convenientemente afiladas, para poder realizar la sustitución en caso de rotura.
- **Herramientas generales:**
 - Juego de llaves Allen desde 3 a 10 mm.
 - Juego de galgas para determinar la separación de los electrodos de la bujía
 - Destornillador plano.
 - Alicates.
 - Pincel o cepillo.
 - Voltímetro.

Las tareas más habituales de mantenimiento de la motosierra y la periodicidad asociada se resumen en la tabla 2.11.

Mantenimiento diario
Afilado superficial (varias veces al día) y en profundidad (cada 1-2 días)
Limpieza del filtro, con pincel y gasolina (1-2 veces al día)
Ajuste tensión de la cadena
Repostado de combustible y aceite de lubricación (varias veces al día)
Comprobación de la lubricación de la espada: orificio de salida del aceite, ranura de la espada, engrase piñón de la punta... (al iniciar la jornada se comprueba, al final se limpian orificios y ranura espada)
Comprobación del freno de cadena/inercia, al inicio de la jornada

Mantenimiento de mayor periodicidad	
Repaso del estado de la espada, detección de fisuras, afilado, girar la espada...	Semanal
Limpieza de la bujía.	Semanal
Limpieza del depósito del combustible con gasolina y aire a presión.	Semanal
Limpieza y revisión del sistema de arranque.	Semanal
Revisión del filtro y conducto de la gasolina.	Mensual
Revisión de la compresión del pistón, existencia de carbonilla.	Mensual
Limpieza a fondo del exterior del motor, el silenciador y el carburador	Mensual
Cambio cadena	Mensual
Cambio espada	2-3 meses
Cambio piñón arrastre	2-3 meses
Cambio bujía	1-2 meses
Ajuste del carburador	Si se detectan anomalías en la marcha del motor

Tabla 2.11. *Tareas más habituales de mantenimiento de la motosierra y periodicidad*

2.4.1. Limpieza: filtro, bujía, entrada aire, tapón combustible, espada, motor

Como se ha mencionado, el trabajo forestal se desarrolla en entornos donde fácilmente se ensucia la maquinaria empleada. Debido a ello, es esencial que el mantenimiento incluya una limpieza rigurosa de las piezas.

Filtro

Una de las partes que precisa mantenimiento diario es el filtro del aire. En el trabajo forestal se genera mucho polvo y parte del mismo acaba depositándose en él. Para permitir la entra-

da de aire en la máquina y favorecer su mezcla con el combustible, el filtro debe limpiarse casi diariamente o incluso durante la propia jornada. Un filtro sucio empeora el rendimiento del motor.

Para su limpieza diaria se aconseja desmontarlo. Se puede usar aire a presión o con un cepillo de dientes frotando con agua tibia y jabón. Después de la limpieza hay que dejarlo secar. Otra opción alternativa al agua es la gasolina pero sin aceite, ya que si no, el filtro queda pegajoso. Nunca se deben utilizar disolventes inflamables: el filtro está junto con el motor de explosión. Los filtros de gomas no pueden limpiarse con aire a presión. Los filtros de velo, ni con agua a presión ni con cepillo.



Figura 2.146. Filtro obturado por polvo de serrín



Figura 2.147. Detalle de la entrada del aire al carburador

Bujía

La bujía es la parte del sistema de encendido a la que el operario debe hacer un mantenimiento semanal. Hay que limpiar la grasa con gasolina y cepillo de alambre. Nunca se debe usar un destornillador o similar, ni siquiera cuando se forme perla: también en este caso se procede de igual manera.



Figura 2.148. Bujía y tapa de la bujía



Figura 2.149. Llave multiuso para bujía, llave fija y destornillador

Se debe comprobar que la bujía mantiene el **reglaje** de separación entre electrodos aconsejado por el fabricante. Se emplea para ello una galga apropiada de iguales dimensiones. Para modificarlo, se fija la bujía con un tornillo de banco de trabajo y se actúa sobre el electrodo exterior, pero nunca sobre el interior. Además se debe mirar si la unión del cable con la bujía está sellada con arandela de seguridad y capuchón.

La bujía se deberá cambiar si se detectan electrodos quemados o desgastados, grietas o roturas en el aislante. Además hay que considerar que un filtro de aire sucio, un carburador mal regulado, o una mezcla incorrecta de aceite y gasolina producirá el deterioro de los electrodos de la bujía y por tanto dificultades de arranque y mal funcionamiento del motor.

Durante la vida útil de una motosierra se necesitan varias bujías. La vida útil de cada una está en torno a 150 horas si el encendido es tipo electromagnético y 300 horas si es tipo eléctrico.

Espada

La espada de la motosierra está sometida a un conjunto de esfuerzos que a lo largo del tiempo la deterioran y obligan a su sustitución. Por apuntar una cifra orientativa, las espadas suelen tener una vida útil de 400 horas. No obstante depende mucho de su uso y mantenimiento.

Sobre la espada gira la **cadena**: es importante para el buen mantenimiento de cadena y espada que la tensión sea adecuada. No debe estar ni muy floja ni muy tensa. Una práctica común de verificación es asegurarse de que no puede meterse entre ambas un dedo pero sí la punta de un destornillador. La **tensión** de la cadena se ajusta apretando o aflojando un tornillo ubicado entre los espárragos de sujeción de la misma (consultar las figuras 2.12, 2.16 y 2.17). Este tornillo, en los nuevos modelos, se acciona mediante manivela de plástico. Hay que tener en cuenta que este sistema tiene un recorrido corto. Es decir, si al montar la espada y cadena se deja muy floja, puede ser que no se llegue a dar la suficiente tensión con el tensor.

El **engrasado** de la espada y la cadena es fundamental porque una falta de grasa puede deteriorar ambas en pocos minutos. Cuando falta grasa y se está cortando, empieza a salir humo por la fricción y la temperatura alcanzadas

Si la espada tiene **piñón de reenvío** hay que limpiarlo cada vez que se reposte, quitando la suciedad de los orificios del engrase e introduciendo grasa por los mismos. Esta grasa se distribuye moviendo el piñón y hay que verificar que la grasa entra sin dificultad. Si no fuera así, habría que revisar el piñón hasta encontrar el problema.

La **acanaladura** debe limpiarse diariamente, prestando especial atención a los orificios que permiten la entrada de aceite desde la bomba de engrase. Se eliminan las rebabas de la espada con una lima plana.

En las operaciones de tronzado de piezas de grandes dimensiones o bien en el apeo, la espada puede quedar pellizcada y forzada. Para sacar la espada no se debe hacer palanca aunque es frecuente ver a los operarios mover bruscamente la motosierra para recuperarla. Estos movimientos provocan deformaciones en la espada. Una deformación supone aumentar la fricción cadena-espada, disminuir el rendimiento de trabajo, aumentar el consumo y acelerar el deterioro. Para mantener la **rectitud** de la espada se aconseja:

- Comprobar que la ranura tiene una profundidad superior a los 6 mm.
- Comprobar que el desgaste de las paredes de la ranura no ha hecho que dejen de estar paralelas y con el asiento de la cadena recto (Figura 2.152).
- Detectar desgastes anormales en algún punto de la espada.
- En las espadas simétricas se aconseja realizar el cambio de posición periódicamente.



Figura 2.150. Engrase y limpieza del piñón de la punta de la espada

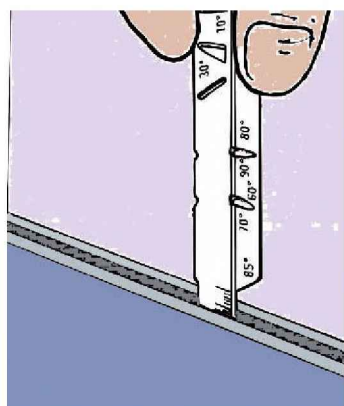


Figura 2.151. Profundidad de la acanaladura de la espada

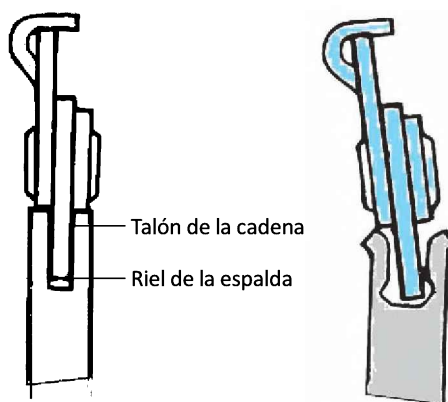


Figura 2.152. Anclaje del talón del eslabón guía

Si se observa algún aplastamiento puntual o abertura excesiva de la ranura, puede intentar rectificarse con un martillo y una placa de acero de espesor similar al de la ranura, aunque será difícil dejarla en perfecto estado.

Algunas espadas tienen un extremo libre intercambiable. Cuando se proceda a sustituirlo, se limpiará bien la zona de unión utilizando una lima y se comprobará que los orificios de engrase del piñón de reenvío están también limpios.

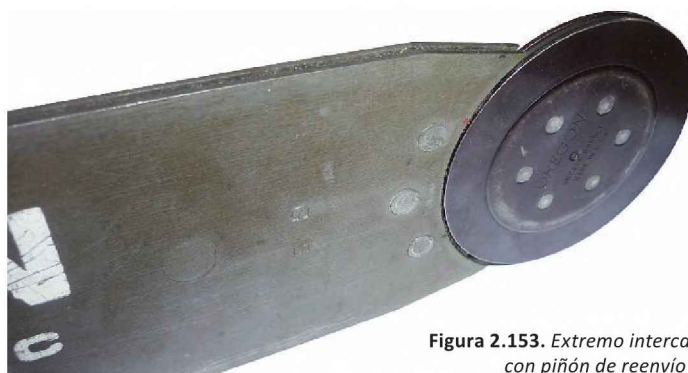


Figura 2.153. *Extremo intercambiable con piñón de reenvío*

Motor

La acumulación de polvo y deposición de humos en partes del motor obliga a una limpieza periódica para su correcta ventilación y refrigeración. Las piezas que deben ventilarse son las aletas de la culata, la toma de aire del dispositivo de arranque, las palas del ventilador del volante, el espacio existente alrededor del volante, la admisión del carburador y el espacio que lo rodea. Se limpiará con un cepillo de cerdas de plástico duro mojado en gasolina. El freno de cadena también debe limpiarse para aumentar su eficacia y durabilidad.

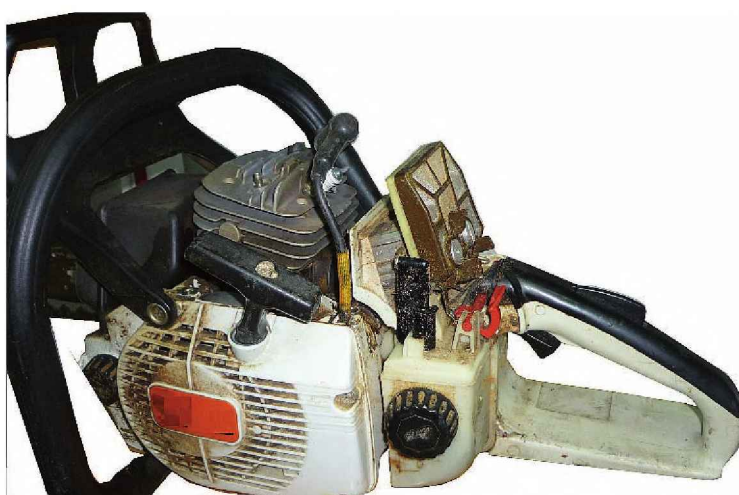


Figura 2.154. *Detalle de un motor y un chasis sucios de grasa y polvo*

Tapón del combustible

En las motosierras antiguas, los tapones de combustible se abren con la llave combinada de cada motosierra, pero las modernas ya permiten abrirlos manualmente a través de un asa plegable. El tapón contiene una arandela de goma que sella la entrada cuando está cerrado. Esta goma se deteriora con el paso del tiempo lo que obliga a cambiar o bien la goma o todo el tapón. Los tapones además tienen un pequeño orificio que permite la entrada de aire del exterior para que en el depósito no haya una presión menor, efecto de la succión de combustible, que dificulte la alimentación del motor. Este orificio debe mantenerse limpio.



Figura 2.155. Detalle del tapón del depósito combustible con cordón antipérdida

2.4.2. Engrase de los órganos de corte

La fricción entre la cadena y la espada exige lubricación. Las motosierras montan para tal función un sistema automático que consiste en un depósito, una bomba y una serie de orificios.

El **depósito** se ubica en el bloque motor de la máquina. Junto al depósito de combustible existe un depósito de menor capacidad que también debe rellenarse periódicamente. Los bidones de combustible empleados en monte cuentan con un apartado para el lubricante de cadena. Para esta operación se aconseja usar un embudo que evite el derrame de aceite, aunque muchos bidones homologados para combustible y aceite incorporan un dispositivo antirrebose.

El aceite pasa del depósito a la **bomba** a través de un **filtro** que evita que entren impurezas. La bomba de lubricación se acciona con el propio cigüeñal de la motosierra, ya sea a través de un tornillo sinfín o de una leva específica. Otra opción es una bomba de membrana conectada al cárter.

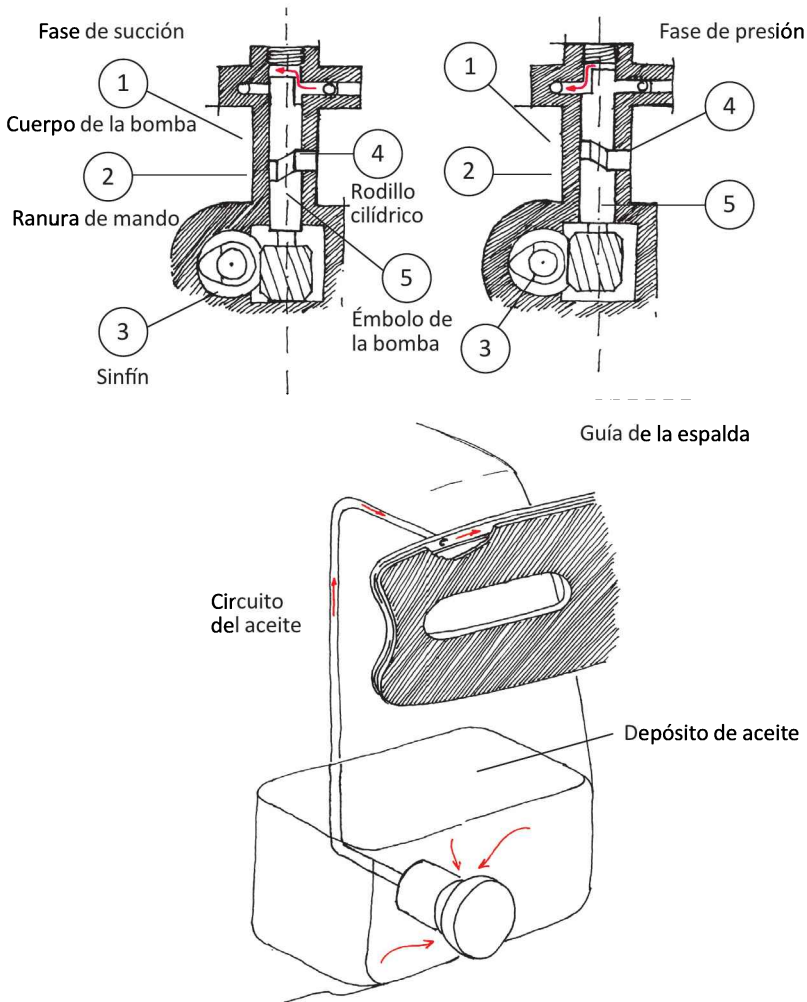


Figura 2.156. Detalle de la bomba de aceite

Las motosierras tienen un tornillo para regular el caudal. El caudal del aceite necesario para la cadena dependerá de la longitud de la espada. Generalmente admite dos o tres posiciones y cada una de ellas corresponde a una longitud de cadena/espada distinta.

El aceite utilizado para la lubricación debe cumplir dos funciones: lubricar la cadena y ser rápidamente degradable. Es frecuente que algunos motoserristas empleen aceite motor usado para este fin, pero los fabricantes lo desaconsejan porque perjudica a la espada y a la cadena. Además desde la perspectiva medioambiental, es más contaminante.

El **sistema de lubricación** debe inspeccionarse todos los días realizando las siguientes tareas:

- Comprobación periódica del nivel de aceite en el depósito.

- Verificación de que la espada tiene limpio el orificio de entrada y también la ranura.
- En caso de tener piñón de reenvío se debe comprobar que gira adecuadamente.

Una forma cómoda para comprobar la lubricación es acelerar la motosierra apuntando con la espada una superficie de color claro y aproximando la punta hasta un palmo de ella (un tocón por ejemplo). Si la lubricación es correcta, la motosierra en marcha salpicará el tocón con pequeñas gotas de aceite.



Figura 2.157. Detalle de una ranura de espada obturada con barro



Figura 2.158. Detalle de orificio de entrada de lubricante en espada obturado

2.4.3. Reparación y ensamblado de cadenas

En el trabajo diario del motoserriista, el deterioro de las cadenas da lugar a grietas o roturas puntuales de la cadena. En esos casos y por aprovechar el resto no dañado, se pueden sustituir uno o varios eslabones. Para ello hay que asegurarse de que el modelo es idéntico en tamaño, geometría y, por supuesto, material. Se aconseja usar siempre eslabones de la misma marca. Como es lógico, se debe respetar el orden de los eslabones, el sentido del diente gubia y la secuencia de montaje: eslabón de unión, eslabón talón y eslabón gubia.

Después de una sustitución se deben **afilarse los nuevos eslabones** para hacerlos idénticos al resto, evitando asimetrías que desequilibren el trabajo y deterioren la máquina. Los eslabones se retiran con un yunque específico y un punzón o martillo, golpeando sobre el remache

La unión de los nuevos eslabones se hace con máquinas de remachado manual o automático, o con tenazas, más prácticas para llevar al campo. Una vez retirada la parte de la cadena

dañada se colocará la/s nueva/s pieza/s y los correspondientes remaches, cuidando la posición del remache. El remachador se empleará para fijar el remache, cuidando de apretar lo óptimo. Una excesiva presión a los remaches da lugar a una rigidez que puede acelerar el deterioro de la cadena.

2.4.4. Cambio de piñón y muelles de embrague

El piñón de arrastre es la pieza que transmite la fuerza del cigüeñal a la cadena de corte. Este piñón tiene un conjunto de hendiduras donde asientan los talones de la cadena. El piñón puede ser **fijo o móvil** (también llamado de anillo flotante).

Esta pieza debe limpiarse diariamente para aumentar su vida útil. Además es conveniente engrasarlo cada vez que se limpie y comprobar que gira bien. El desgaste del piñón obliga a su sustitución. Para su sustitución hace falta un tornillo que penetra en el cárter y fija el cigüeñal. Una **gran ventaja** del piñón móvil es su más fácil y cómoda sustitución. Si se deteriora un piñón fijo hay que sustituir todo el conjunto: embrague y campana del embrague.

El piñón se puede cambiar cuando se detecte un deterioro elevado. Los fabricantes aconsejan cambiarlo después de agotar la vida de dos cadenas de corte, es decir cada 400 horas.



Figura 2.159. Piñón de arrastre unido a la cadena



Figura 2.160. Detalle de un piñón de arrastre

2.4.5. Sustitución de elementos de arranque

El **sistema de arranque** está cerrado por una tapa que debe retirarse para acceder a su mantenimiento o reparación. Puede ser necesario sustituir la cuerda de arranque, el carrete o el fleje de muelle de acero. En las instrucciones de cada fabricante y para cada máquina aparecen las distintas piezas y sus anclajes, pero en general las piezas sustituibles son la cuerda de arranque y el fleje de acero. Esta última requiere más atención y cuidado.

El fleje puede romperse durante el trabajo. En ese caso hay que desmontarlo. Después se calentará el extremo hasta que el acero pierda el temple. Se puede hacer entonces un gancho apropiado. Se vuelve a calentar, sin llegar al rojo vivo, se enfría con agua y después se engrasa ligeramente con aceite.

2.4.6. Repostado y arranque

El operario debe llevar combustible suficiente para su jornada de trabajo. El motor de la motosierra es de gasolina y se necesita una **mezcla de gasolina y aceite**. Nunca se hará la mezcla directamente en el depósito de la máquina, sino que se debe preparar en un lugar ventilado y alejado de cualquier fuente de calor. No se debe fumar mientras se hace esta operación. Existen bidones diseñados específicamente para las motosierras, que incluyen además un depósito para el aceite de la cadena: no hay que confundir este aceite con el aceite de la mezcla.

Los bidones son de un material resistente a los golpes, con una capacidad próxima a los 15 litros. Tienen sistema antirrebose y antiderramamiento. En la boquilla de salida presentan un saliente plegable, que se introduce en el depósito de la motosierra, y al igual que los surtidores de las gasolineras, se para al llegar al tope, evitando que se derrame gasolina y aceite en el suelo forestal.

El **depósito** de gasolina oscila entre 0,3 y 1,4 litros. Considerando un consumo medio de 1,5 litros/h, y una hora de trabajo de la que el 50% sucede a máximas revoluciones, será suficiente un repostado cada hora y un bidón de 10 litros para una jornada de trabajo.

Antes de repostar se aconseja agitar el bidón para favorecer la mezcla. También se aconseja limpiar el tapón para evitar en lo posible la entrada de polvo. Al final de la jornada no se debe rellenar el depósito, ya que por la noche se pueden producir condensaciones que perjudiquen el arranque al día siguiente.

Los **fallos** en el arranque de la motosierra son síntomas de problemas mecánicos. Generalmente los problemas más habituales son que la motosierra se quede sin combustible, que el filtro del depósito esté obturado o problemas con la bujía.



Figura 2.162. Bidón con sistema anti-rebose



Figura 2.161. Sistema de arranque con la cuerda muy deteriorada

Para el arranque en frío se usa el estrangulador de aire. Junto al acelerador hay una palanca de abre y cierra una mariposa que cierra o abre la entrada de aire. En el primer arranque del día o después de un largo descanso se aconseja cerrar la mariposa para enriquecer la mezcla de combustible y facilitar así el arranque.

2.4.7. Ajuste o reglaje del carburador

El carburador tiene como función preparar la mezcla de aire y combustible para su entrada en el cilindro y regular esta mezcla. La proporción óptima combustible/aire depende fundamentalmente de las condiciones meteorológicas del lugar donde se desarrolla el trabajo. El operario o un mecánico especializado pueden ajustar el régimen de funcionamiento del carburador por medio de **tres tornillos** ubicados en el conjunto motor de la motosierra, identificados con las letras H, para altas revoluciones, L para bajas, y T para regular el ralenti.



Figura 2.163. Detalle del carburador

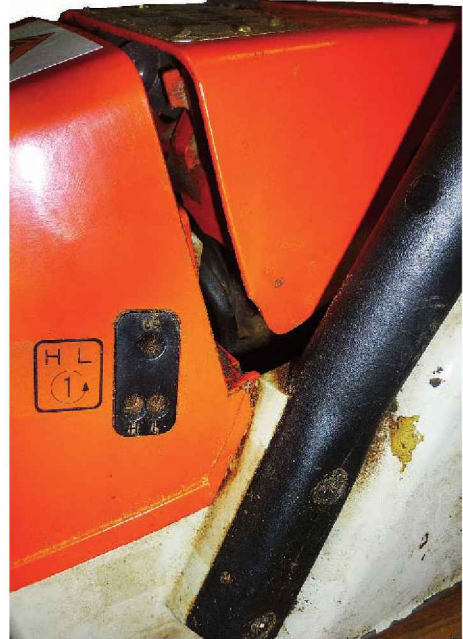


Figura 2.164. Tornillos de ajuste del carburador en el chasis de la motosierra

El **proceso** de ajuste exige usar un cuentarrevoluciones y se realiza así:

- La mezcla aire-gasolina se reduce (empobrece) de combustible siempre que se gire en sentido horario y se incrementa (enriquece) en sentido anti horario.
- Se debe empezar ajustando el tornillo L (régimen bajo). Apoyándose en el cuentarrevoluciones y partiendo de la posición de máximo régimen de r.p.m., se girará el tornillo en sentido anti horario entre un cuarto ($\frac{1}{4}$) y un octavo ($\frac{1}{8}$) de vuelta. En ese momento, la cadena estará moviéndose lentamente aunque no se presione el acelerador.
- Posteriormente se ajustará el tornillo T (ralentí) cerrando la apertura hasta que la cadena deje de moverse. Se aconseja ajustarlo para que la cadena nunca pueda estar en movimiento con el motor encendido sin acelerar.

- Por último se ajustará el tornillo H (régimen de alta), que es el responsable de la velocidad y potencia de la máquina.

2.4.8. Detección de problemas mecánicos en la motosierra

El usuario de la motosierra debe familiarizarse con el ruido que emite la motosierra cuando funciona correctamente. Para esto es muy importante el sentido del oído. Ningún manual puede transmitir ni enseñar la sensibilidad para detectar anomalías de funcionamiento a partir del ruido de la máquina. Los motoserristas suelen utilizar expresiones para describir los sonidos derivados del reglaje. Así, dicen que “si el reglado es correcto el motor ronronea ligeramente” o que “si el motor chirría, la mezcla es demasiado pobre”. También que “si el silenciador caballea y el motor ronronea mucho, la mezcla tiene demasiado combustible”.

Es evidente que solo un profesional experto puede traducir estas sensaciones, pero se puede intentar describir un conjunto de **síntomas anómalos** y relacionarlos con sus posibles causas. La combinación de este esquema con un poco de experiencia auditiva puede acelerar el aprendizaje en el mantenimiento y solución de problemas de la motosierra.

Este esquema que se propone se inicia en el arranque de la motosierra. Cuando se arranca pueden ocurrir dos cosas, que la motosierra arranque o que no lo haga. Y en caso de arrancar puede que la marcha motor sea anómala. Que el ruido no sea cíclico y homogéneo.

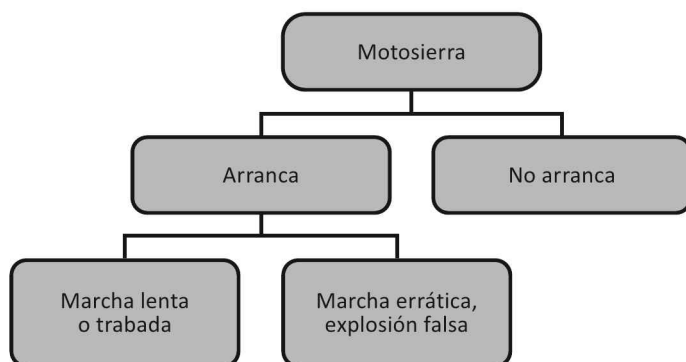


Tabla 2.12. Protocolo ante el arranque de la motosierra

Si el arranque no se produce, antes de hacer una investigación conviene repasar frecuentes olvidos: verificar que hay combustible, que se ha accionado el mando de arranque, que se ha cerrado el estrangulador del aire (en condiciones frías), que el motor no está ahogado. Un motor ahogado es aquel que tiene demasiada cantidad de combustible y poco aire en el cilindro por lo que no se puede producir la explosión. Si el motor estuviera ahogado, se debe tirar varias veces de la cuerda de arranque con la bujía extraída o bien arrancar con el acelerador presionado. Si a pesar de estas comprobaciones no se enciende la motosierra hay que proceder a examinar la bujía, comprobar interruptor de parada y cable de tierra,

buscar posibles cortocircuitos, revisar volante, bobina o condensador y por último analizar la boquilla del aire.

La otra posibilidad, la de arrancar con una marcha anómala, abre dos vías de investigación de causas. Si la marcha es lenta o trabada, la causa puede estar en el funcionamiento de los componentes del motor: carburador, latiguillos, alimentación... Si la marcha es errática, con falsas explosiones, hay que verificar el sistema eléctrico y la bujía.

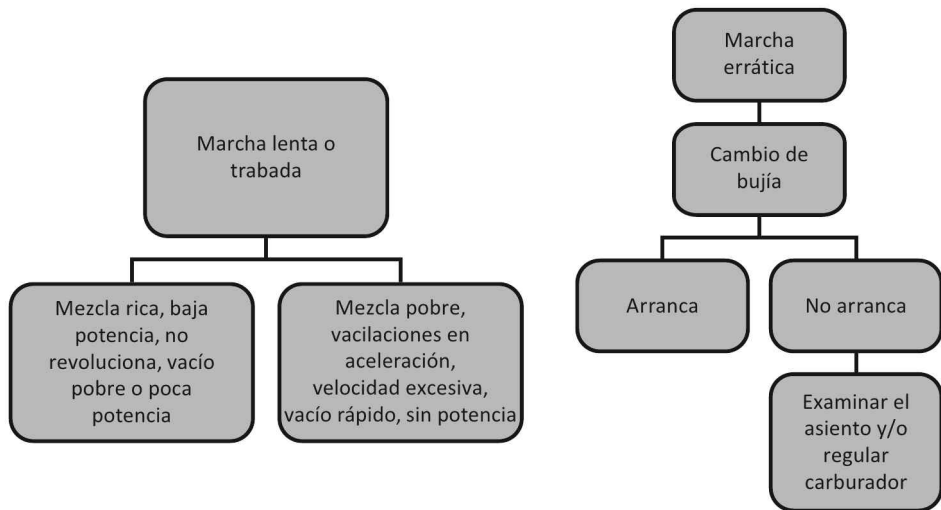


Tabla 2.13. Protocolo en caso de arranque de la motosierra a marcha no habitual

La tabla 2.14 muestra una secuencia operativa con posibles soluciones a problemas frecuentes. Para entenderlo, hay que recordar algunos conceptos.

- **Mezcla pobre:** aquella que tiene mucho aire y poco combustible y da lugar a explosiones de menor potencia; en el lado contrario está la mezcla rica o con gran abundancia de combustible, que también genera una disminución de la potencia además de un elevado gasto de combustible. La forma de identificar problemas de mezcla es fundamentalmente mediante el oído.
- **Vacío pobre:** el vaciado es la fase del cilindro del motor en que se evacúan los gases de la explosión. Un vacío pobre quiere decir que la evacuación no es total y dificulta la entrada de la próxima mezcla, reduciendo la potencia. La situación opuesta es el vacío rápido.
- La **compresión** es una característica de todo motor de explosión. Existen unos manómetros específicos para regular la presión del motor. Su ajuste requiere cierta especialización y conocer la presión aconsejada por el fabricante.
- El diafragma o **membrana** de la bomba es una parte del sistema de bombeo y dosificación del combustible ubicada dentro del carburador. Esta pieza puede deteriorarse y dejar de ser funcional.

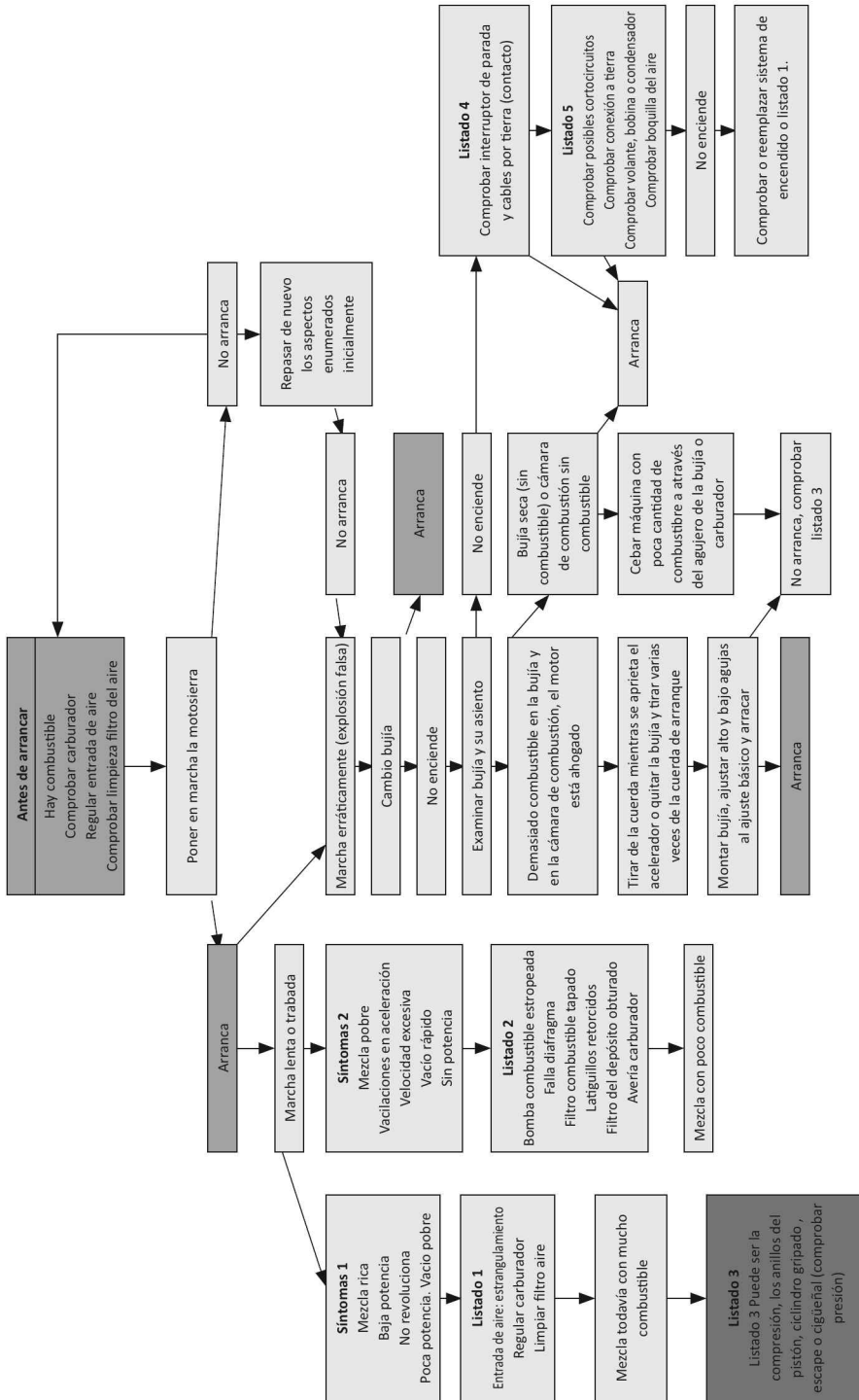


Tabla 2.14. Posibles soluciones a problemas frecuentes

- La **parte eléctrica** de la motosierra es muy sencilla. Además de la verificación de la bujía y su sustitución conviene comprobar la conexión a tierra y posibles cortocircuitos en el asiento de la bujía. Para esto último es necesario un voltímetro.

2.5. OTRAS MÁQUINAS PORTÁTILES FORESTALES

2.5.1. La motodesbrozadora

Es una máquina de **corte por diente** con movimiento circular de alta velocidad, que se emplea para la limpieza del monte –desbroce–, pero que puede también utilizarse para el apeo de árboles de pequeño tamaño (hasta 15 cm de diámetro en la base).

Las características de esta máquina son muy parecidas a las de la motosierra, sobre todo en cuanto al conjunto motor. La diferencia estriba en la **transmisión** y en el órgano de corte. La primera se consigue por medio de un embrague centrífugo –igual que en la motosierra– que va seguido de un **tubo de transmisión** de poco más de un metro de longitud y de una **caja reductora** de engranajes cónicos que mueven el órgano de corte.

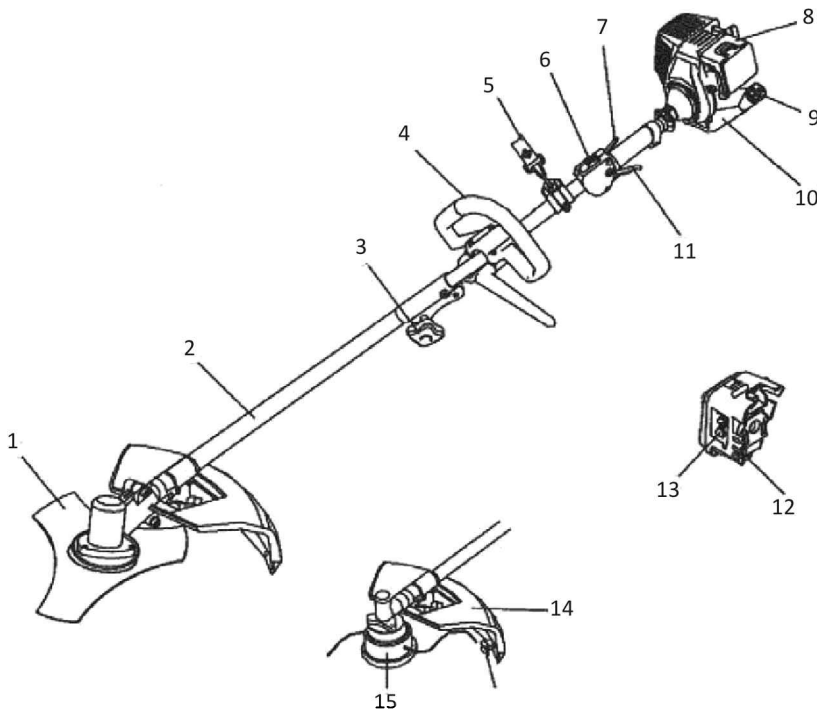


Figura 2.165. Motodesbrozadora

Los principales componentes de la motodesbrozadora aparecen en la figura 2.165 y son los siguientes:

- **Cuchilla (1).** Cuchilla circular para aplicaciones de corte de hierba, maleza o matorrales. Para evitar riesgos al trabajar con ella, es necesario utilizar arnés, protección metálica y empuñadura.
- **Eje (2).** Contiene un eje con revestimiento especialmente diseñado de accionamiento flexible.
- **Tapa del conector (3).**
- **Empuñadura (4).** Se puede ajustar a conveniencia.
- **Montaje arnés (5).** Viene como equipamiento de la máquina y es ajustable al operador.
- **Interruptor de encendido (6).** Interruptor montado en la parte superior de la carcasa del gatillo del acelerador. Se desplaza hacia delante para encender y hacia atrás para parar.
- **Palanca de seguridad (7).** Antes de la aceleración, es necesario oprimirla.
- **Tapa del filtro de aire (8).** Permite acceder y reemplazar el filtro.
- **Tapón depósito combustible (9).**
- **Depósito de combustible (10).** Contiene el combustible y su filtro.
- **Gatillo del acelerador (11).** Para acelerar se presiona el gatillo de forma gradual. No debe mantenerse apretado durante el arranque.
- **Cebador del carburador (12).** Pulsando el cebador antes de empezar varias veces (de 7 a 10), se elimina todo el aire entrando combustible nuevo al carburador.
- **Estárter (13).** Situado en la parte superior de la tapa del filtro permite el arranque en frío tirando de la palanca hacia arriba. Una vez producido el arranque, se debe empujar la palanca hacia abajo.
- **Protector de corte (14).** Dispositivo montado justo encima del accesorio de corte que protege al usuario. No se debe utilizar la máquina sin el protector.
- **Cabezal de corte de nailon (15).**

Dado el peso y las tensiones que se producen con esta máquina, se trabaja con arnés para repartir el peso del elemento motor de forma uniforme entre los hombros, la espalda y la cadera.



Figura 2.166. Arnés

Al órgano de corte se le pueden acoplar los siguientes accesorios para su empleo en el apeo¹:

a) Sierra circular convencional. Se trata de una sierra con dientes adaptados al corte transversal de madera, que pueden ser de varios tipos:

- Dientes de carburo de tungsteno de paso pequeño, con perfil loro o lobo.
- Dientes de acero HSS de perfil triangular, con afilado alterno a cada lado del diente (Figura 2.167).



Figura 2.167. Sierra de dientes triangulares para apeo de árboles delgados con motodesbrozadora

b) Sierra circular con dientes en forma de gubia, similares a los de la motosierra (Figura 2.168).



Figura 2.168. Sierra de dientes tipo gubia para apeo de árboles delgados con motodesbrozadora

¹ Las motodesbrozadoras pueden también llevar accesorios de tres cuchillas para el desbroce o hilos cortantes para la siega de herbáceas.

El trabajo de la motodesbrozadora es a modo de hoz, para lo que la máquina dispone de un manillar que permite el operario oscilar el cabezal de corte de un lado a otro, eliminando la vegetación.

Para trabajar se debe tener en cuenta mantener una **distancia** de seguridad de al menos dos veces la longitud del árbol.

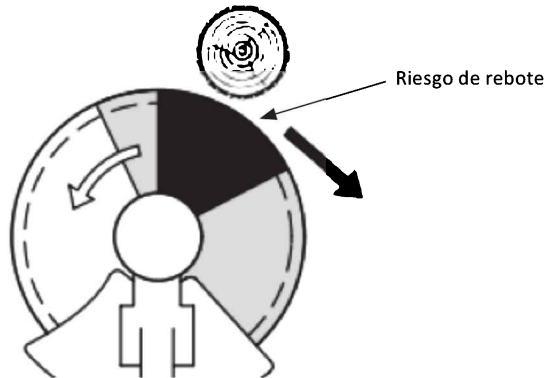


Figura 2.169. Localización de zonas de riesgo en la cuchilla de la motodesbrozadora

El **peligro de rebote** con motodesbrozadora es muy alto, aunque también entraña menos riesgo. La figura 2.169 refleja en color negro la zona donde existe mayor riesgo de que se produzca. No se deberá cortar nunca con esa zona. En la zona señalada en gris existe también riesgo de rebote, aunque algo menor. Aun así, lo pueden utilizar únicamente personas con experiencia y formación especial en técnicas de trabajo especiales. En la zona señalada en color blanco se puede trabajar con bajo nivel de rebote. Es la zona preferente de corte.

2.5.2. Motosierras modificadas

Son motosierras a las que se ha incorporado un asidero peculiar en forma de triángulo para cortar sin agacharse (felling frame). Son empleadas para árboles de pequeño diámetro; el motoserrista está de pie y empuja más fácilmente el árbol para dirigirlo convenientemente. Sin embargo la longitud del brazo de torsión genera fuertes momentos difíciles de controlar, con el peligro subsiguiente para las piernas del operador (Figura 2.170).

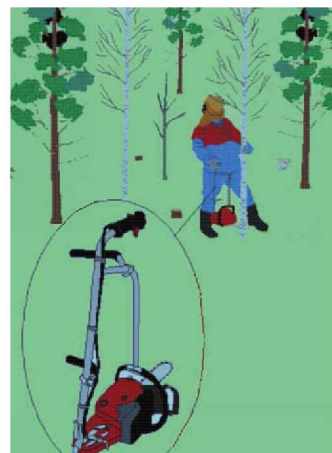


Figura 2.170. Motosierra modificada

3. LOS TRACTORES DE APEO Y PROCESADO: COSECHADORAS FORESTALES Y OTROS

Las cosechadoras y procesadoras forestales son máquinas automóbiles que realizan la corta o apeo de los árboles y la elaboración de la madera. Esta elaboración incluye, en todo o en parte, las operaciones de descortezado, desrame, tronzado, clasificación, medición y apilado.

Las cosechadoras y procesadoras forestales están formadas por un cabezal, que es su elemento más característico, y una máquina base. La mayoría de las cosechadoras y procesadoras actuales montan el cabezal sobre una grúa, aunque hay algunos modelos que lo colocan sobre unos cortos brazos hidráulicos próximos al chasis.



Figura 3.1. Partes de una cosechadora forestal

3.1. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS

3.1.1. Máquina base. Primera clasificación de las cosechadoras

Las **máquinas base** pueden ser de varios tipos: tractores de arrastre o *skidders*, tractores autocargadores o *forwarders*, máquinas de obras públicas, tractores agrícolas, máquinas diseñadas específicamente para este fin, etc.

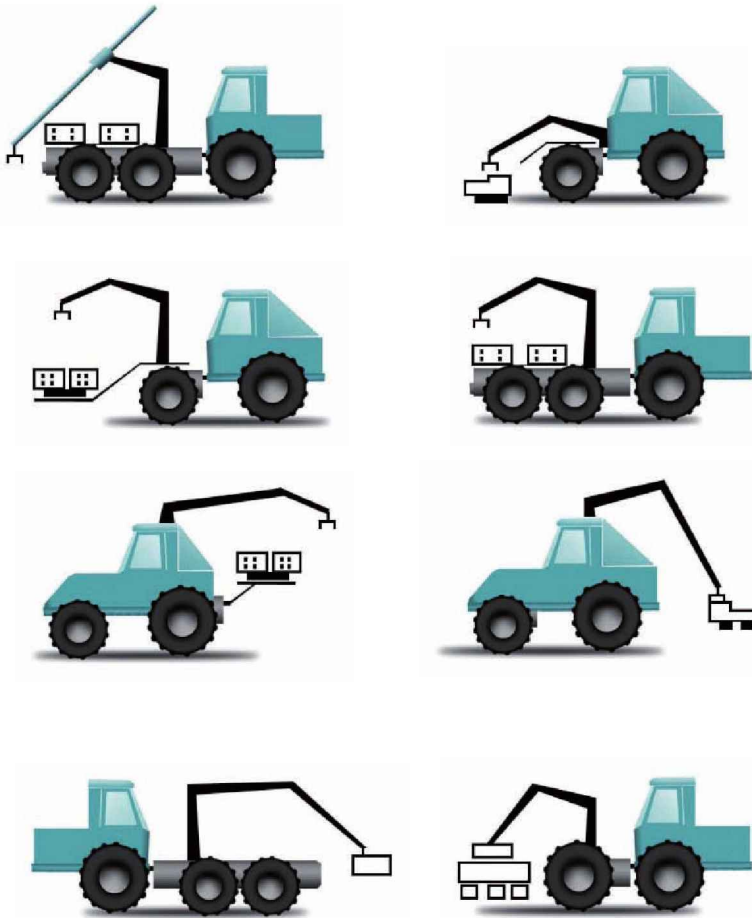


Figura 3.2. Ejemplos de cosechadoras y procesadoras forestales con diferentes máquinas base

El tipo de máquina base, y más concretamente la combinación del tipo de tren de rodaje y la estructura (rígida o articulada) del chasis permite una primera clasificación de máquinas cosechadoras.

- En el caso de las **cosechadoras de neumáticos** la máquina base está compuesta por dos semichasis articulados, que giran el uno respecto al otro a través de una articulación, siendo accionado el giro por dos cilindros hidráulicos (dirección articulada).

- En el caso de las **máquinas de cadenas**, el chasis es único y el sistema de dirección depende del sentido y velocidad de giro de cada oruga.

Las cosechadoras de neumáticos más sencillas se basan en un chasis de autocargador forestal al que se refuerza la grúa y se acopla en punta de la misma un cabezal procesador. Durante la época inicial del desarrollo de estas máquinas, las cosechadoras con **cabezal en punta de grúa** (*single-grip harvesters*) convivieron con las máquinas que tenían un cabezal de apeo y una plataforma de procesado, que ocupaba el lugar de la caja en los autocargadores, y que hacía las funciones de procesado (desramado y tronzado) una vez se depositaba el árbol mediante la grúa entre los cilindros del sistema de alimentación. Estas máquinas, cuyo uso se ha demostrado poco ventajoso frente a las anteriores hasta el punto de desaparecer prácticamente del mercado, se conocían como cosechadoras de cabezal de apeo y plataforma de procesado o *two-grip harvesters* (Figura 3.3).



Figura 3.3. Antigua cosechadora de cabezal de apeo y plataforma de procesado (*two-grip harvester*)

Las cosechadoras forestales de neumáticos son más maniobrables y más respetuosas con los suelos blandos o sensibles, aunque tienen menos movilidad en suelos accidentados, resbaladizos, pendientes, blandos, poco adherentes en general. Este último inconveniente, junto con la mayor presión sobre el suelo en el caso de las máquinas de cuatro ruedas –por supuesto, siempre motrices– hizo que se generalizaran las **ruedas dobles en tándem** o *bogies*, manteniendo la tracción en las seis y ocho ruedas, dependiendo de si se desdoblaban en un solo eje o en ambos, y que se aplicaran accesorios para mejorar la adherencia, como las semiorugas o *tracks* que se adaptan a cada par de ruedas del *bogie*. En general, las cosechadoras de neumáticos han evolucionado desde máquinas muy similares a los autocargadores, en que se sustituía la caja o remolque por una base para la grúa (Figura 3.4), hasta máquinas en que la cabina y la grúa se disponen en el semichasis delantero, siendo la cabina nivelable y los bogies de accionamiento forzado, para mejorar el equilibrio y la ergonomía, quedando el peso del motor en el semichasis trasero (Figura 3.5).



Figura 3.4. Diseño de cosechadora basado en chasis de autocargador



Figura 3.5. *Diseño específico de máquina cosechadora con motor y (cabina + grúa) en diferentes semichasis*

La característica diferencial de este tipo de máquina base con respecto al resto de los tractores forestales es el **reparto del peso en vacío**: el eje trasero carga más peso en vacío que el eje delantero. Se busca así contrarrestar los desequilibrios que se producen durante la carga y procesamiento de los árboles.

Los principales fabricantes de cosechadoras de ruedas en el mercado europeo son John Deere (que adquirió la antigua Timberjack), Komatsu (que compró las anteriores Valmet) y Ponsse.

Los últimos desarrollos tecnológicos radicales en el diseño de las cosechadoras de neumáticos se orientan, en modelos como el que fabrica Besten, a las máquinas **controladas a distancia**, sin cabina, de tal modo que un solo maquinista podría controlar un equipo de cosechadora + autocargador (Figura 3.6).

Otra línea de desarrollo se orienta a la **automatización total** de las operaciones, según la cual la propia máquina, mediante sensores a distancia, seleccionaría de acuerdo con cierto criterio los árboles a cortar y procesaría a su apeo en la dirección más adecuada, teniendo en cuenta la posición de los



Figura 3.6. *Prototipo de cosechadora con control a distancia (sin maquinista ni cabina) desarrollado por Besten. Detrás, se encuentra el autocargador que es controlado por el mismo maquinista*

otros árboles y la situación optimizada de las pilas, y haría un despiece óptimo, también de forma automática...

Paralelamente, la evolución de las **máquinas de orugas** ha originado una horquilla amplia de máquinas, desde algunas que son básicamente retroexcavadoras de cadenas con cabina giratoria en el plano paralelo a la base de la máquina, en cuyas robustas grúas se copla un cabezal cosechador, incorporándose a los mandos los controles adecuados para su manejo (muy populares para el trabajo en cortas a hecho en terreno llano, o para trabajar desde pistas como la que se muestra en la Figura 3.7, o en cargadero), hasta las máquinas para trabajar en pendientes, con cabinas giratorias autonivelables que siempre permanecen en posición horizontal, mejorando la ergonomía y el equilibrio de la cosechadora.



Figura 3.7. Cosechadora sobre retroexcavadora para trabajo en cortas a hecho en terrenos no accidentados, o desde pista o cargadero

Estas máquinas pueden dividirse en cosechadoras de gran tamaño, concebidas para cortas a hecho de árboles grandes en terrenos pendientes –y que frecuentemente no son cosechadoras sino que solo cortan y apilan, populares en el mercado americano, como la que muestra la Figura 3.8– hasta máquinas de tamaño pequeño, concebidas para el trabajo en cortas selectivas en pendientes, como la que fabrica la casa austriaca Neuson-Ecotec (antes Neuson) y que ha sido relativamente popular en el mercado español (Figura 3.9).

Hay numerosos fabricantes de cabezales cosechadores o taladores-apiladores, con o sin capacidad acumuladora (John Deere, Ponsse, Valmet - Komatsu, AFM - Lako, Caterpillar Forest Products, TigerCat, Naarva, Bracke, LogMax, Allan Brucks, Hahn, Hakmet, Satko, PierPacific, Quadco, Waratah, etc.) y los fabricantes de retroexcavadoras son aún más numerosos. Sin embargo, los fabricantes de procesadoras específicamente forestales sobre orugas no son tantos, destacando John Deere, Volvo, Caterpillar Forest Products, Tigercat, TimberPro, Landrich de Al Fabrication, Tanguay y la citada Neuson-Ecotec.



Figura 3.8. Cosechadora de cadenas pesada

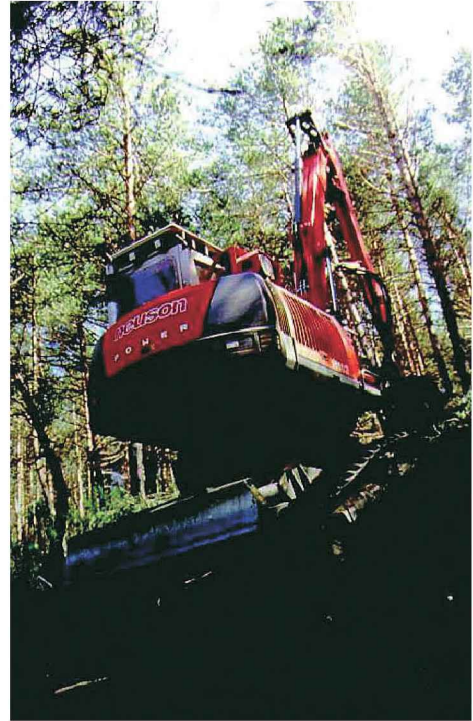


Figura 3.9. Cosechadora de orugas ligera para cortas selectivas en pendiente

Otras innovaciones relacionadas con las formas de tracción y mecanismos de desplazamiento de las cosechadoras han sido los intentos de diseñar cosechadoras en que las ruedas se sustitúan por seis patas, como el prototipo Plustech que se diseñó a mediados de los años 90 del siglo pasado (Figura 3.10), o los modelos que montan cabezales cosechadores sobre retro-arañas (Figura 3.11).



Figura 3.10. Prototipo de cosechadora con seis patas en vez de neumáticos u orugas

La máquina base más común hoy día es la específicamente concebida para la función de procesamiento de la madera. Estos diseños son vehículos especiales, adaptados a las difíciles condiciones del medio forestal, que actúan sobre los árboles a cortar por medio de una grúa hidráulica, en cuyo extremo portan el cabezal de corte



Figura 3.11. Cosechadora sobre retro-araña para trabajo en pendientes muy altas

3.1.2. Cabezal de corte

El **cabezal de corte** es el elemento más característico de estas máquinas y se denomina también cabezal de apeo y procesado. Con él se realiza el apeo y en la mayoría de los casos, el posterior procesado y elaboración de la madera en rollo. Lo más común es que este cabezal se sitúe en el extremo de una grúa, pluma o brazo articulado, el último de cuyos segmentos suele ser extensible o telescópico.

En general, el cabezal de corte está compuesto al menos por:

- Un útil o elemento de corte propiamente dicho.
- Unas garras de sujeción, desramado y descortezado.
- Un sistema de tronzado y medición.
- Un sistema de alimentación.

3.1.2.1. Elemento de corte

El **útil o elemento de corte** propiamente dicho puede basarse en:

- Una o varias cuchillas.
- Una sierra de cadena.
- Una sierra circular.

A) Los **cabezales de cuchillas** se caracterizan porque el corte se realiza por presión y la resistencia al corte va aumentando según se penetra en el árbol. Esto produce

daños y deformaciones en la madera que no se recuperan. Por tanto, para algunos usos industriales, la madera así apeada no sirve.



Figura 3.12. Cosechadora con cabezal de corte por cuchillas. En esta máquina, además, el cabezal no va montado sobre una grúa sino sobre brazos hidráulicos

Las máquinas de cuchillas se clasifican en varios grupos:

– De 1 cuchilla:

- **Guadaña:** el elemento de corte lleva una sola cuchilla, de un único filo, que trabaja girando alrededor de una articulación fija y rígida.
- **Guillotina:** el elemento de corte lleva una sola cuchilla, de doble filo, que en lugar de girar se desplaza en su plano guiada por unas deslizaderas y dispone de una contracuchilla en el lado opuesto.

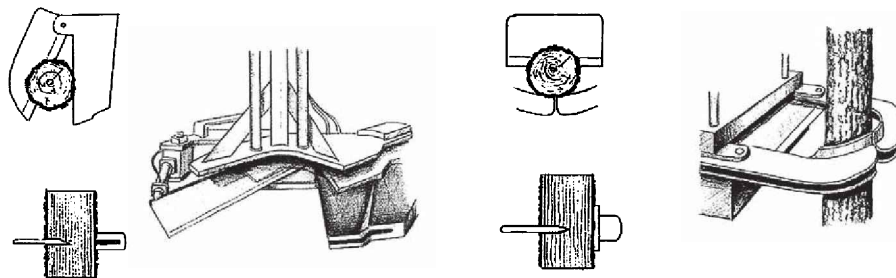


Figura 3.13. Cabezales de corte por cuchillas tipo guadaña y guillotina

- De 2 cuchillas:
 - **Cizalla:** el elemento de corte son dos cuchillas que giran alrededor de un pasador común en sentidos opuestos.
 - **Doble guillotina:** el elemento de corte son dos cuchillas de doble filo que se mueven en un plano, en sentidos opuestos, guiados por una deslizadera.

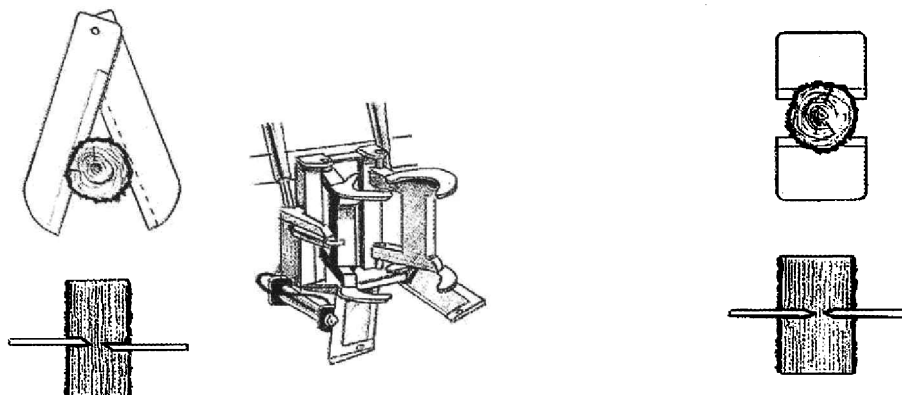


Figura 3.14. Cabezales de corte por cuchillas tipo cizalla y doble guillotina

Históricamente, los primeros **elementos de corte** fueron de cuchilla, pero hoy día son menos usados en España y en la mayor parte de Europa que los de sierra de cadena

B) Los **cabezales de sierra de cadena** presentan una espada de motosierra que gira alrededor de uno de sus extremos. Son más usados actualmente porque no dañan la madera en el corte, tienen menor requerimiento de potencia –especialmente para diámetros grandes– y un mantenimiento sencillo (aunque más frecuente que el de las cuchillas).

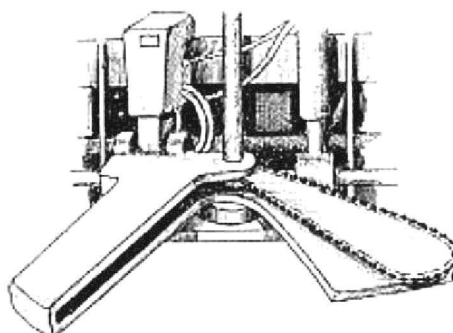


Figura 3.15. Cabezal de sierra de cadena

En los cabezales de sierra de cadena, la base del sistema de corte es similar a la de la motosierra, ya que los dientes gubia de la cadena avanzan hacia el interior de la madera mediante el corte sucesivo de pequeñas virutas. Sin embargo, hay algunas diferencias importantes con la motosierra:

- El movimiento de la cadena no se produce por el accionamiento directo de un motor de explosión, sino por la fuerza ejercida por un **circuito hidráulico** a través de una bomba.

- La **potencia** de la sierra suele ser bastante superior a la de una motosierra. Son habituales potencias del orden de 130 kW.
- El **movimiento de avance** en la profundidad de corte se produce por rotación de la espada alrededor de uno de sus extremos sujeto a una articulación. El empuje del giro procede de un émbolo, motor o *rotator* de accionamiento hidráulico.
- Es característico en estos cabezales de corte la denominada **guardaespada**, carcasa donde se aloja la espada una vez realizado el corte, para así evitar daños por eventuales golpes.

El **cuerpo del cabezal** es una estructura rígida que porta los dispositivos de trabajo y se une a la grúa a través de un *rotator*, que permite su movimiento giratorio (por ejemplo, para aproximar el cabezal al árbol en la dirección deseada), y un cilindro hidráulico que posibilita empujar el árbol, una vez agarrado con el cabezal, para forzar su caída.

Un **cabezal tipo** de los habituales en el monte español, con las matizaciones que puede tener cualquier generalización, podría responder a un peso de entre 800 y 1500 kg según el equipo que monte. La longitud y la anchura se acercarían a 1,5 m, con alturas de entre 1,5 y 2 m. Las potencias necesarias alcanzarían los 120-150 kW con presiones de funcionamiento de unos 25-30 MPa y caudales de aceite de 250-350 l/minuto

Las funciones del cabezal se manejan hidráulicamente con un **control electrónico**. Las señales de control provienen de un **ordenador** situado en el cabezal. Este ordenador, a su vez, está conectado a los demás ordenadores de la máquina y a las palancas de control de la misma.

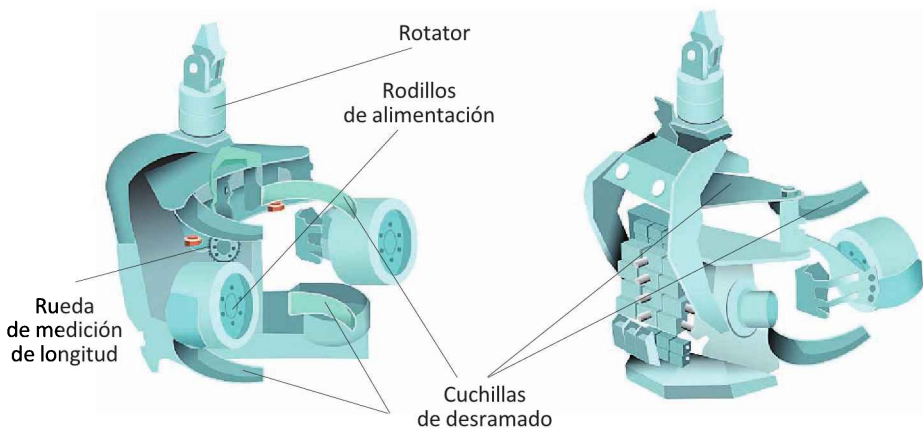


Figura 3.16. Cabezal tipo de apeo y procesado con sus principales elementos

En algunos cabezales, hay una **“motosierra escamoteable”** adicional, que solo se emplea para el despunte, es decir, para cortar la punta del árbol que tiene diferente uso que la madera (Figura 3.17). Así se puede ahorrar algo de tiempo y separar más eficazmente la biomasa –punta y ramas– de las trozas.

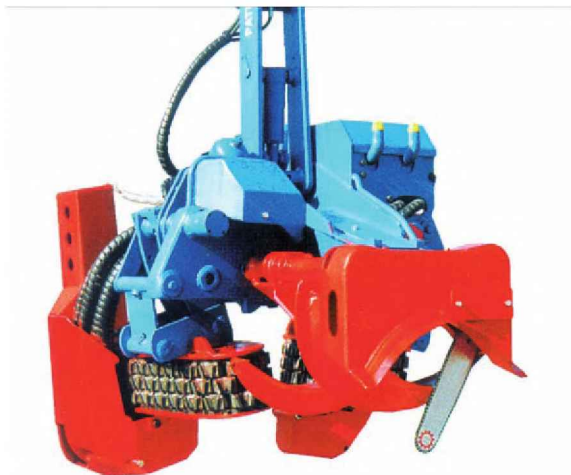


Figura 3.17. Cabezal con motosierra escamoteable para despunte

- C) Finalmente hay cabezales que usan como elemento de corte una sierra circular (que, a veces, lleva una cadena exterior perimetral con dientes gubia). Este parece ser un sistema adecuado para corta de árboles delgados y agrupados, como en montes bajos o cultivos energéticos de ciclo corto (Figura 3.18).



Figura 3.18. Cabezal con sierra circular

3.1.2.2. Garras

Las **garras de sujeción y desramado**, suelen ser cuchillas curvas fijas que forman parte del cuerpo del propio cabezal. Abrazan el árbol en el momento de su apeo por la zona superior y proximal con respecto al propio cabezal. Otras garras de desramado abrazan al árbol

por la zona distal de su sección. Normalmente hay dos en cada zona. Están situadas en un plano horizontal, con un extremo sujeto a una articulación que les permite moverse en su plano, bien aproximando ambas garras entre sí (cierre) bien separándolas (apertura), como se aprecia en la Figura 3.19.

Son accionadas mediante **cilindros hidráulicos** para presionarlas tangencialmente contra la superficie externa del fuste y cortar las ramas por impacto con sus bordes afilados.

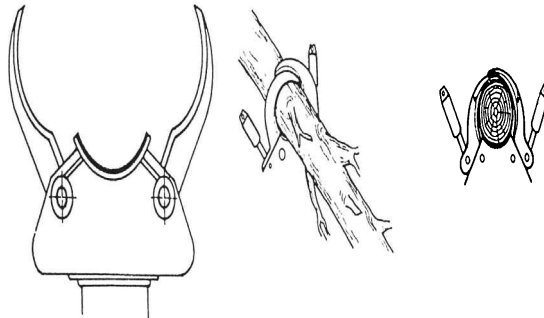


Figura 3.19. Garras de desrame y sujeción

La presión regulable del sistema y el filo de las cuchillas permite que también se pueda realizar un **descortezado** básico de los fustes. Sin embargo, la calidad obtenida no siempre es la idónea

Otro tipo de útil de desramado que aparece en algunas máquinas es el denominado **cinturón de cuchillas**, que aunque es menos robusto, se adapta mucho mejor a la forma del fuste (Figura 3.20). Sin embargo, no es muy habitual en las máquinas empleadas en Europa.

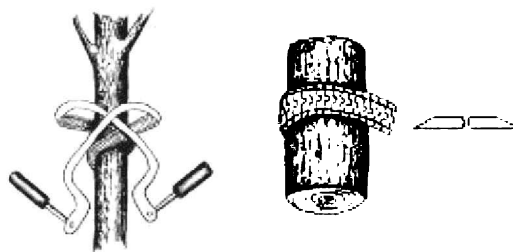


Figura 3.20. Desramadora de tipo "cinturón de cuchillas"

3.1.2.3. Sistema de tronzado y medición

El tronzado suele realizarse con una **sierra de cadena** en la mayoría de las máquinas cosechadoras o procesadoras. Generalmente, se emplea la misma sierra de cadena que realiza el apeo. En algunas máquinas, no muy comunes en Europa, el tronzado se realiza con una **sierra circular** basculante (Figura 3.21).



Figura 3.21. Útil de tronzado mediante sierra de cadena y mediante sierra circular

La **medición** del tronzado se obtiene por una rueda dentada que se presiona contra el árbol al desplazarse este en el cabezal, y por unos sensores de impulso que envían la información al ordenador de la máquina. Una vez apeado el árbol, se hace que el fuste avance con fuerza atravesando el propio cabezal desde la base a la punta. En dicho avance, además de producirse el desrame, se ejecutan los cortes de **tronzado**, que pueden fijarse de varias maneras:

- De forma **automática** por la máquina.
- Con control **manual** por el maquinista.
- Con un sistema mixto en que el ordenador sugiere los puntos de tronzado y el maquinista los confirma o modifica.

La longitud de tronzado se puede seleccionar **manual o automáticamente**. La capacidad de decisión del maquinista es, por tanto, decisiva en el valor de la madera

Cuando la madera se destina a la **industria de desintegración**, la longitud de tronzado es independiente de las características del árbol y se busca únicamente la economía de transporte, por lo que se suele realizar **automáticamente**. Para ello, el maquinista selecciona una de las varias posibilidades que le ofrece el menú de longitudes de tronzado y, a partir de este momento y gracias a un dispositivo electrónico de medida, cada vez que pasa una determinada longitud de fuste por entre las cuchillas de desramado, la sierra tronza el fuste a la longitud deseada.

Cuando la madera tiene como destino la **industria de aserrío, desenrollo o postes**, la longitud de las trozas será aquella con la que se obtenga un mayor rendimiento en calidad o cantidad durante su transformación, y por tanto, dependerá de la rectitud de los fustes, de su conicidad, de los defectos de forma, etc., características muy difíciles de objetivar, y por tanto de automatizar. Por ello, caso de tronzarse en monte, deberá ser **el maquinista** quien decida en cada caso la longitud de tronzado más adecuada.

3.1.2.4. Sistema de alimentación

El **sistema de alimentación** lo constituyen dos rodillos de ejes perpendiculares a la plataforma del cabezal que, situados paralelos entre sí, se hacen girar en sentidos opuestos por medio de un circuito de presión (Figura 3.22). Entre los dos se sitúa el fuste del árbol a procesar, que es aprisionado fuertemente por ellos mientras giran obligándolo a pasar por el útil de desramar.



Figura 3.22. Distintos tipos de rodillos de alimentación (Fotografías: E. Tolosana)

Los **rodillos** de alimentación deben transmitir al fuste una fuerza de arrastre suficiente para que, al chocar las ramas con las garras, sea desramado sin interrupciones, lo que supone alcanzar cifras de 20 a 40 kN. Para que la transmisión de esta **fuerza** sea posible, es necesario:

- Que la cosechadora o procesadora disponga de dicha fuerza, bien directamente por contar con una bomba adecuada accionada por un motor con la suficiente potencia, o bien porque se almacene mediante acumuladores de presión.
- Que la **adherencia** entre los rodillos y el fuste sea suficiente.

Por tanto, el diseño de los rodillos es fundamental. En el mercado se encuentran los siguientes **tipos** de rodillos de alimentación:

A) Rodillos metálicos con estrías o puntas de agarre. Esta solución ofrece una gran adherencia, pero la presión es tan grande que las puntas o las estrías penetran en la madera, deteriorándola. Ello facilita el ataque de algunos hongos, fundamentalmente los de azulado, por lo que estos rodillos solo deben utilizarse cuando este defecto no devalúe la madera. Esto hace que se empleen estos rodillos en máquinas que suministran madera con destino a la industria de tableros de partículas o fibras y para celulosa.

B) Rodillos de goma, bien neumáticos o bien sólidos. La consecución de una buena adherencia es más difícil, aunque tienen la ventaja de no causar deterioro a la madera. Se deben utilizar cuando el destino de la madera sea la industria de aserrado o la de desenrollo. A veces, se cubren con una malla metálica para aumentar la adherencia.

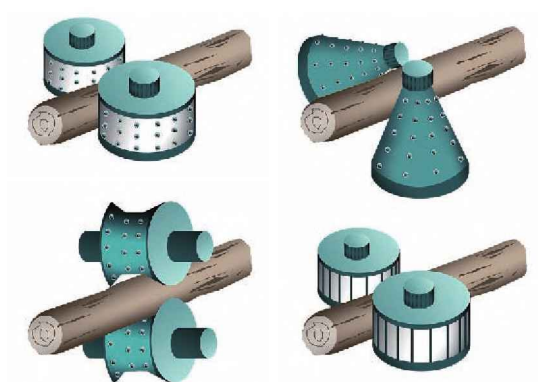


Figura 3.23. Rodillos metálicos con puntas o estrías de agarre

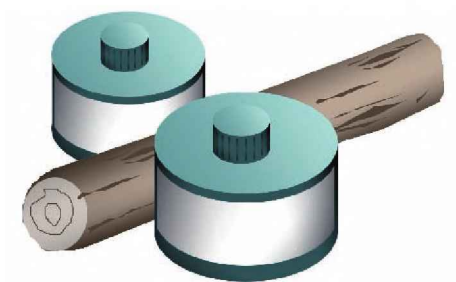


Figura 3.24. Rodillos de alimentación de goma

C) Rodillos tipo oruga. Son una alternativa intermedia entre ambos, pues la presión que se realiza sobre la madera se reparte en una mayor superficie proporcionando una adherencia aceptable en la mayoría de los casos.

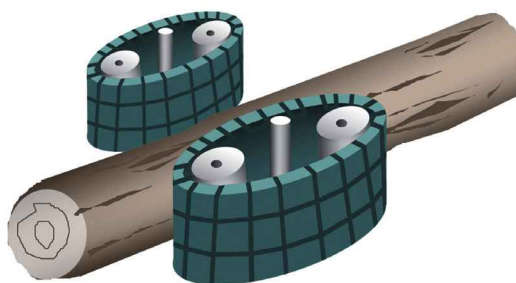


Figura 3.25. Rodillos de alimentación tipo "oruga"

La unidad de alimentación habitual se compondría de rodillos de alimentación accionados por motores hidráulicos, empleándose émbolos hidráulicos para regular la presión transmitida

A la vez, son forzados por dos cilindros hidráulicos a hacer presión sobre la superficie del fuste con el fin de desplazarlo en sentido longitudinal. Las velocidades de alimentación oscilarían entre 3 y 5 m/segundo. Es importante la selección de los rodillos porque existen diferentes opciones en el mercado según se busque propiciar el descortezado en monte de algunas especies, no dañar la madera de otras más sensibles, conseguir la máxima presión sobre la corteza aligerando su peso, manejar eficazmente árboles completos, etc.

3.1.3. Grúa hidráulica

Lo más común en una cosechadora o procesadora es que el cabezal de corte se sitúe en el extremo de una grúa. A través de la grúa, controlada por el maquinista desde la cabina de seguridad, la máquina accede a los árboles señalados sin tener que aproximarse a los mismos, y los corta y elabora.

Las grúas de las cosechadoras o procesadoras son muy parecidas a las que montan otros tractores forestales como los **autocargadores**, por lo que cualquier manual de estas máquinas sirve para conocer sus características

3.1.4. Cabina

Es un habitáculo cerrado y reforzado, frecuentemente giratorio y que, en los modelos más modernos, se autonivela de tal modo que el operario, independientemente de la pendiente, trabaje en un plano horizontal. Muchas presentan nivelación automática también durante la conducción.

La mayoría de las cosechadoras tienen una cabina de **giro total** con grúa de montaje lateral. Esto proporciona buena visibilidad de la zona de trabajo y reduce al mínimo los movimientos innecesarios de la cabeza.

La cabina debe ser amplia y con grandes superficies acristaladas. Se emplean **crystal de seguridad** y protección en el parabrisas y en las ventanillas delanteras. En algunos casos, el cristal de protección se incluye también en las demás ventanillas. Las protecciones están homologadas con ensayos de calidad en que se les somete a fuertes presiones de rotura por impacto.



Figura 3.26. Cabina de cosechadora

Para proteger la integridad del operario del peligro de vuelco, la cabina debe cumplir la normativa internacional de homologación de cabinas antivuelco (**ROPS**), tener protección contra caída de objetos (**FOPS**) y protección contra objetos penetrantes (**OPS**)

La cabina presenta **amortiguación** para minimizar el ruido y las vibraciones. Además, tiene un sistema combinado de calefacción y refrigeración, y entrada de aire a través de un filtro antialérgico. Las escaleras de acceso suelen tener mando hidráulico.

El **cuadro de mandos** se reduce a un monitor que recibe señales eléctricas de las palancas y de varios sensores de la cosechadora. Esto permite ver en una o varias ventanas el estado de operación y función de la cosechadora, además de dar avisos de alarma cuando existe un problema en la máquina.

Este sistema permite **ajustes individuales** para diferentes conductores y funciona también como sistema de información. El sistema se pone en contacto con todos los componentes de la máquina y los controla. Normalmente, hay una descripción detallada de las funciones y los ajustes del sistema de control en un manual de instrucciones que se suministra por separado con la cosechadora.

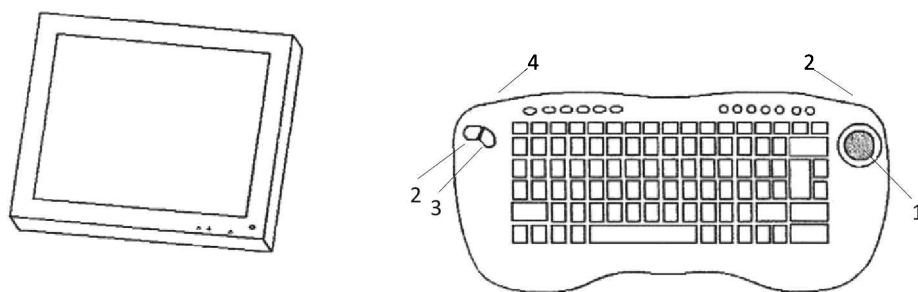


Figura 3.27. Pantalla y teclado de control de la cosechadora

El menú de los sistemas de control se suele controlar con un **teclado** similar al de los ordenadores (Figura 3.27). El ratón de bola del teclado (1) se usa para mover el cursor y navegar por los diferentes menús del sistema de control. También se puede controlar con los botones izquierdo (2) o derecho (3) como en el ratón de un PC común. Suele haber una rueda (4) que se usa para desplazarse en la ventana de menús. En muchos casos puede haber un segundo teclado para el manejo del cabezal de apeo.

En el **estado de operación**, la pantalla muestra las diversas condiciones de marcha de la cosechadora tales como “régimen del motor”, “velocidad de la cosechadora”, “marcha de la transmisión y sentido de la marcha”, “temperatura del motor”, “presión del motor”, “nivel del combustible”, “presión del aceite del sistema de carga”, “temperatura del aceite de la transmisión”, “temperatura del aceite hidráulico”, “horómetro del motor”, “horómetro de la transmisión”, “voltaje de las baterías”, etc. Toda esta información aparece en diferentes ventanas.

El estado de **función** permite regular la visualización de la pantalla, el mantenimiento y sobre todo el submenú de medida, en donde se muestra la posición de los controles del motor,

controles de velocidad, combustible remanente, bomba de fuerza y válvulas de control. Se pueden regular igualmente los controles de dirección, de inclinación de la grúa, su rotación, la de sus brazos, etc.

Por último, el estado de **alarma** se activa en pantalla automáticamente cuando un sensor indica un fallo o una avería.

Otros elementos necesarios para el funcionamiento de la cosechadora como un vehículo automóvil, como los sistemas de dirección, estructura del chasis, sistemas de frenado, etc., se estudiarán en el apartado genéricamente dedicado a tractores forestales.

3.2. CLASIFICACIÓN DE COSECHADORAS Y PROCESADORAS

Un importante problema que surge al hablar de procesadoras y cosechadoras es el de su denominación. Existe una norma académica **teórica**, según la cual:

- **Procesadora** (en inglés, *processor*) es la máquina que desrama y tronza el árbol después de apeado, pudiendo realizar alguna otra función como la clasificación o el apilado.
- **Cosechadora** (en inglés, *harvester*) es la máquina que, además de las funciones citadas para la procesadora, realiza el **apeo** del árbol.

Es importante resaltar por tanto que, ateniéndonos a la clasificación terminológica estricta, las cosechadoras apean árboles pero las procesadoras no.

Debe hacerse constar que, sin embargo, esta diferencia terminológica teórica **no es siempre respetada** en la práctica, ya que en ella se designa a casi todas estas máquinas con el término **procesadora**

3.2.1. Las máquinas cosechadoras

3.2.1.1. Definición y clasificación por el número de elementos de trabajo

Las cosechadoras son siempre máquinas **automóviles**. Esto significa que se caracterizan por la posibilidad de introducirse en el monte y acceder a la madera situada a pie de tocón o en las zonas de reunión. Se suelen emplear previamente a las máquinas de saca o desembosque.

Las cosechadoras se **clasifican** en función del número de elementos de trabajo.

- A) Cosechadoras con cabezal único de apeo y procesado** (en inglés, *one-grip harvesters*). Cuentan con un solo cabezal unido al extremo de un brazo mecánico. Con él efectúan el apeo, el desrame y el tronzado. Son las máquinas **más utilizadas** en España. Se clasifican según si el brazo es articulado (como la grúa de una excavadora o autocargador) o es un corto brazo de volteo con el cabezal próximo al chasis de la cosechadora.



Figura 3.28. Cosechadora forestal con cabezal único de apeo y procesado en punta de grúa

B) Cosechadoras con cabezal de apeo en punta de grúa y plataforma de procesado (en inglés, *two-grip harvesters*): son aquellas que disponen de un cabezal solo para el apeo, dispuesto en el extremo de una grúa, y de una plataforma de procesado situada en el semichasis trasero.

Al ser el sistema de apeo independiente del de procesado, estas cosechadoras ofrecen la ventaja de poder realizar el desrame y el tronzado al mismo tiempo que el cabezal se dirige a otro árbol para iniciar su apeo, consiguiendo teóricamente una **mayor productividad**. Como contrapartida, tienen peor movilidad que las cosechadoras de cabezal único, mayor coste de adquisición y mayor complejidad, que da lugar a problemas de mantenimiento y reparaciones.



Figura 3.29. Cosechadora con cabezal de apeo en punta de grúa y procesado en plataforma

Como se ha indicado, estas últimas son bastante menos habituales en el mercado.

3.2.2. Las máquinas multitaladoras

Son máquinas similares a las cosechadoras pero que se diferencian de estas en que no pueden desramar y tronzar los árboles, sino solo **apearlos y apilarlos**.

Su ciclo de trabajo en la primera aproximación al pie y en su apeo es similar al de las cosechadoras, si bien es posible que corten más de un pie al accionar su útil de corte. Esto resulta conveniente dado el pequeño tamaño de los árboles que suelen cortar, destinados generalmente a biomasa para uso energético.

El cabezal tiene un doble sistema de garras que no son desramadoras. Uno de estos juegos de garras sujeta los pies durante su apeo y el otro los mantiene en el cabezal. Normalmente los agrupa en sentido vertical mientras se produce la aproximación a otro arbolillo o grupo de ellos que, tras su apeo, resultan acumulados con los anteriores. Por este motivo, se conocen estos cabezales como **acumuladores**.

Aparte del órgano de corte y del doble juego de garras, el cabezal **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 de potencia) y además facilita la aproximación del cabezal a los árboles en masas densas.

El útil de corte suele ser de cuchilla por el interés en que el cabezal apee más de un pie a la vez, y dado que el pequeño tamaño de los pies y la inexistencia de sistema de alimentación facilitan los mayores requerimientos de potencia de las cuchillas.



Figura 3.30. Cabezal multitalador pesado

Además, los cabezales de 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 de los brotes en matas espesas.

Los cabezales de sierra de cadena tienen problemas para el ataque a varios árboles a la vez, ya que si la cadena está cortando un tronco y contacta con otro, puede **atascarse** o rebotar y pararse en medio del corte

Últimamente, en este tipo de cabezales se están montando también útiles de corte de tipo sierra circular.

3.2.3. Las máquinas procesadoras

3.2.3.1. Clasificación de las procesadoras

Las máquinas procesadoras se clasifican en:

- **Máquinas móviles o automotrices.** Son las de uso más común, especialmente en Europa. Se caracterizan por la posibilidad de introducirse en el monte y acceder a la madera ya apeada y situada a pie de tocón o en las zonas de reunión dentro del monte. Se suelen emplear antes de las máquinas de saca o desembosque.
- **Máquinas semifijas.** Son aquellas que necesitan de un medio externo (generalmente un camión) para poder desplazarse, por lo que no pueden acceder al interior del monte y trabajan en los cargaderos o parques de madera. Se suelen emplear a continuación de las máquinas de saca, después de un primer desembosque de los árboles completos, es decir, sin procesar.

Las máquinas semifijas tienen en nuestro país muy escasa relevancia porque exigen que la saca se realice con el **sistema de árbol completo**, poco habitual en España aunque potencialmente interesante por el auge del consumo de madera para **energía**

3.2.4. Evolución de las cosechadoras y procesadoras forestales. Situación actual

Como se ha indicado, en el monte español no suele ser respetada la diferencia terminológica expuesta entre cosechadoras y procesadoras. Lo más habitual es emplear la palabra **procesadora** para referirse a cualquiera de estas máquinas. Esta anomalía teórica sorprende más porque la máquina dominante en nuestro entorno, de las descritas, es la cosechadora.

La principal **diferencia** entre las cosechadoras empleadas mayoritariamente en España hoy en día parte del tipo de trenes de rodaje, debiéndose distinguir entre máquinas de **neumáticos** (también llamadas de ruedas o gomas) y máquinas de **cadena**s (también llamada de orugas).

Actualmente las máquinas de **ruedas** han recuperado cuota de mercado frente a las de orugas. Las de orugas, montadas sobre retroexcavadoras o similar, fueron dominantes en las dos últimas décadas, debido a su uso para cortas de eucalipto en la cornisa cantábrica



Figura 3.31. Ejemplo de cosechadora-tipo de orugas

A través de la mecanización, hoy se consigue reducir la carga y riesgo de **seguridad y salud** para el trabajador, y a través de la mejora en los dispositivos de apeo y procesado en punta de grúa se evita que la maquinaria transite toda la superficie del monte, reduciendo los **daños no deseados** en el suelo o en la vegetación

3.3. TÉCNICAS Y ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO. PROCEDIMIENTO OPERATIVO PARA EL APEO Y PROCESADO MECANIZADOS

3.3.1. Procedimiento general

3.3.1.1. Procedimiento operativo para el trabajo con cosechadoras forestales

Hay que distinguir las técnicas de trabajo según el tipo de máquina:

- A. Cosechadoras con cabezal de apeo y procesado en punta de grúa.** La máquina circula por el monte hasta situarse al alcance del árbol a cosechar. Se estaciona y operando la grúa, se sitúa el cabezal en la base del árbol. El cabezal corta el árbol y lo voltea, posicionándolo horizontalmente, momento a partir del cual empieza a elaborar el fuste, desramándolo y tronzándolo. Solo cuando ha concluido de elaborar el árbol, la máquina puede iniciar el apeo de otro.
- B. Cosechadoras con cabezal de apeo en punta de grúa y plataforma de procesado independiente.** El posicionamiento y el apeo se realizan de la misma forma que en el caso anterior. Talado el árbol, el maquinista lo sitúa mediante la grúa en el sistema de alimentación de la plataforma procesadora. Cuando el árbol se está procesando, el maquinista puede dirigir la grúa hacia otro árbol y talarlo, sin necesidad de esperar a que concluya el procesado del anterior.

3.3.1.2. Procedimiento operativo para el trabajo mediante procesadora

La máquina circula por el monte hasta situarse próxima a la primera pila de árboles apeados, en cuyo momento se estaciona y empieza a trabajar. La grúa se aproxima a la pila y atrapa —mediante la pinza o grapa— uno de los árboles previamente reunidos, llevándolo a la **plataforma de procesado** y alineándolo con la testa más gruesa entre los rodillos del sistema de alimentación. Éstos se cierran, aprisionándolo, y comienzan a girar, con lo que le obligan a pasar por los útiles de desrame y de tronzado (Figura 3.32).



Figura 3.32. Esquema de procesadora móvil trabajando

Mientras se lleva a cabo el desrame y el tronzado del árbol, el maquinista dirige de nuevo la grúa para capturar y aproximar el segundo árbol al sistema de alimentación. Procesado el primer árbol, el operario deposita el segundo sobre los rodillos, volviendo a emplear la grúa para enganchar el tercero. Mientras agarra y aproxima el tercer árbol, los rodillos alimentadores obligan a pasar al segundo fuste por la desramadora y tronzadora, reiniciándose el ciclo.

En algunos casos existe en la plataforma de procesado un **depósito de apilado** donde la madera, una vez tronzada, se va acumulando. Normalmente, cuando el depósito se encuentra completo, se abre por su fondo y deja apilada la madera, perfectamente reunida sobre el terreno. El apilado en estos depósitos suele hacerse únicamente cuando la madera tiene como destino la **industria de desintegración**, dado que en este caso toda la madera tiene la misma longitud.

Cuando alguna troza tenga como destino la **industria de aserrado** (como suele ocurrir con las trozas basales de árboles de tamaño medio), la madera pasa directamente de la tronzadora al suelo, para lo cual el depósito posee medio fondo abatible en los dos sentidos: cuando se abate hacia el terreno toda la madera apilada cae, pero cuando se abate hacia arriba permite, por una parte sujetar la madera anteriormente apilada, y por otra que caiga al suelo la troza recién serrada.

3.3.2. Planificación del trabajo

3.3.2.1. Localización, identificación “in situ” del perímetro de la parcela

Es muy importante que la empresa de aprovechamientos que va a trabajar en una determinada parcela y, en especial, las personas que van a trabajar sobre el terreno, conozcan las condiciones del aprovechamiento.

Normalmente, existe una información previa por parte de la empresa contratista o del propio empresario que ha adquirido el lote de madera, pero es imprescindible que exista una planificación por las personas responsables de la ejecución de las operaciones.

La planificación se debe realizar de acuerdo con los propietarios o, en el caso de los montes públicos, también con los responsables de la gestión (técnicos o agentes de la Administración forestal o medioambiental competente)

El nivel de planificación puede ser muy distinto, dependiendo de varios factores:

- En terrenos pequeños o muy pequeños, el nivel de planificación puede ser sencillo, basado en un recorrido rápido sobre el terreno, y no requiere a veces ser reflejado sobre mapas o croquis. Sin embargo, puede haber problemas de límites de propiedad o de usos que condicionen el trabajo.
- En terrenos fáciles, con buena infraestructura y sin limitaciones ambientales o de propiedad, la planificación puede ser también sencilla.

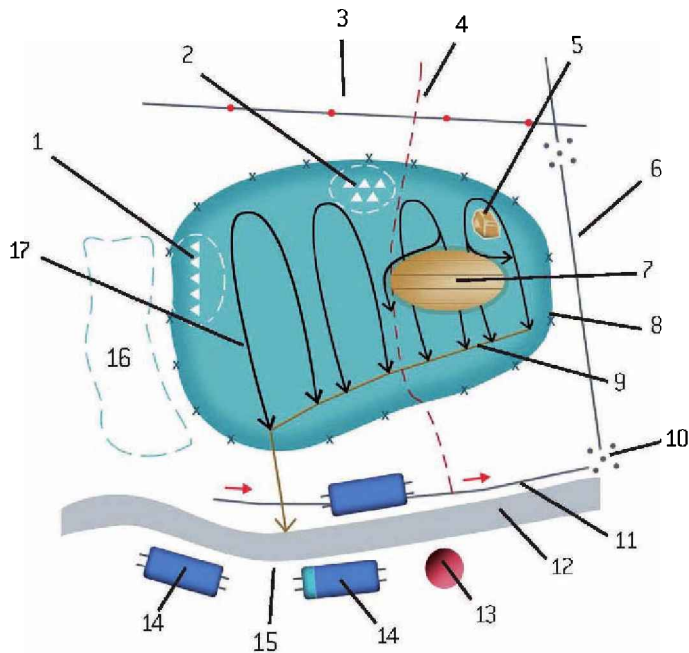
En particular, es importante identificar con vistas a la planificación:

- Los accesos a la parcela, las limitaciones infraestructurales (por ejemplo, puentes o curvas cuya altura o radio no permita el paso de las góndolas de transporte de la maquinaria o de los camiones de transporte de la madera o biomasa) y las zonas adecuadas para apilado, operaciones de mantenimiento, depósito de combustible o residuos, etc. El conocimiento o la definición, en zonas de cierto tamaño, de los **puntos de almacenamiento de madera (cargaderos)** a los que deberán extraerla los tractores de desembosque, es esencial, porque condicionará la forma de planificar la corta y procesado de la madera.
- Los **límites del perímetro** del lote a cortar. Recorrerlos con los representantes de la propiedad y/o la gestión puede resolver dudas que prevengan conflictos. En caso de duda, se debe pedir un **marcaje claro de los límites** (mediante pintura biodegradable, cinta de baliza, etc.). Es especialmente importante conocer también los **límites de las zonas en que existan prohibiciones por otros motivos** (por ejemplo, las zonas próximas a los arroyos o a nidos de aves protegidas, en que por motivos medioambientales no se permite que las máquinas circulen). En algunas máquinas, es posible introducir esas coordenadas en un sistema GPS, de modo que el maquinista resulte avisado al traspasar o aproximarse a zonas limítrofes, pero en el caso más habitual hoy, es necesario ser consciente de su existencia y localización, para evitar problemas o conflictos que pueden ser graves.
- En el caso de cortas parciales, los criterios de corta y de definición de las trayectorias de las máquinas para ejecutar el aprovechamiento y el desembosque. Los criterios de corta se indicaban tradicionalmente mediante el señalamiento, marcando mediante pintura o tajos realizados con hacha en la corteza (“chaspes”) los árboles que se deben apaar. Pero la mecanización dificulta cumplir estrictamente este tipo de marcaje, por lo que a veces se prefiere **indicar un criterio a los maquinistas** (por ejemplo, hay que cortar unos de cada dos árboles gemelos, los bifurcados o torcidos, los más pequeños, etc.). Para evitar conflictos, es esencial comprender estos criterios y resolver las posibles dudas. En cuanto a las trayectorias de las máquinas, denominadas “calles” o “arrastraderos”, en ocasiones la propiedad o la gestión define distancias mínimas entre ellas o pretende marcarlas mediante pintura y otros medios; a veces, es imprescindible comprobar sobre el terreno esos criterios, para garantizar que se pueden cumplir los objetivos y discutir las mejores opciones para cumplirlos sin generar riesgos o producir daños no deseados.

3.3.2.2. Reconocimiento de la parcela

Los objetivos definidos en el anterior apartado requieren un reconocimiento de la parcela de corta, que salvo en parcelas reducidas y sencillas, exige un recorrido sobre el terreno y la elaboración de un **plano o croquis de trabajo**, que como se ha indicado es conveniente realizar **de acuerdo con los criterios de los propietarios y/o los responsables de la gestión** (técnicos, agentes...).

Este reconocimiento de la parcela se debe reflejar en un mapa o croquis (Figura 3.33), que debe incluir aspectos operativos, en que se pueden distinguir:



1: Biotopo clave – pendiente pronunciada; 2: Biotopo clave – terreno rocoso; 3: Tendido eléctrico; 4: Sendero; 5: Roca; 6: Límite explotación ganadera; 7: Terreno pantanoso; 8: Límite del área de corta; 9: Pista principal; 10: Referencia; 11: Zanja; 12: Carretera; 13: Caseta de obra; 14: Pilas; 15: Trozos de asiento; 16: Zona de regenerado; 17: Pistas temporales (de tractor)

Figura 3.33. Croquis para la planificación del trabajo de cosechado en un aprovechamiento forestal mecanizado

- Datos de **carácter general**, independientes del tipo de corta, como por ejemplo:
 - Límites de la parcela o del lote de corta, de acuerdo con las instrucciones y sistemas de marcaje establecidos.
 - Infraestructuras existentes: carreteras, pistas principales, vías de saca, cargaderos, incluyendo los puntos limitantes –estrechamientos, zonas de poca altura o anchura, con limitaciones previsibles en tiempo húmedo o invernal, etc.–. Otras infraestructuras que puedan limitar las operaciones (carreteras importantes, líneas eléctricas, oleoductos o gasoductos, líneas férreas, etc.).
 - Si es necesaria y posible la apertura de nuevas infraestructuras (especialmente pistas de desembosque y cargaderos), es muy conveniente planificar su situación, trazado y dimensiones, drenajes, etc., teniendo en cuenta los intereses de la propiedad o la gestión, pero también la optimización de las sucesivas fases del aprovechamiento. Las condiciones técnicas para su apertura, así como las posibles medidas correctoras que se requieran después de su uso –en caso de producirse daños– se deben discutir sobre el terreno antes de abrirlas. Es importante que en esta fase participe, además de la propiedad y/o los responsables de la gestión (técnicos, agentes...), el tractorista responsable del desembosque,

puesto que a menudo el tractor de desembosque se ve más condicionado aún que la cosechadora por un trazado no adecuado de la red de vías o por una mala localización de los cargaderos.

- Condicionantes sobre la propia corta, en cuanto a las técnicas –acordonado, tratamiento o retirada obligados de leñas y/o restos de corta, altura de tocones, criterios de selección del arbolado a apear...–, épocas de ejecución, plazos de permanencia de la madera, conviene que se discutan *in situ*. Aunque, al menos en montes públicos, estas condicionantes suelen venir reflejadas en un Pliego de Condiciones Técnicas Particulares, es muy útil discutir detalladamente el alcance de las mismas o las posibles excepciones admisibles cuando su cumplimiento sea complejo por razones técnicas puntuales que a veces no pueden ser tenidas en cuenta de forma general para todo el lote.
 - Áreas con limitaciones de acceso (a evitar para reducir daños a masas jóvenes o regenerado reciente, por razones ambientales –por ejemplo, un cierto radio alrededor de zonas de cría, refugio o anidamiento de especies sensibles o protegidas, una cierta distancia a partir de arroyos u otros cursos de agua–, árboles singulares, zonas arqueológicas...).
 - Tienen particular importancia los **cursos de agua** que deban cruzarse con motivo del aprovechamiento. Se debe producir una mínima interferencia entre la maquinaria y los lechos de ríos o arroyos, incluyendo también la vegetación de sus márgenes, por lo que es necesario, en la planificación del trabajo y de las infraestructuras, señalar zonas de seguridad en que la maquinaria tenga limitado el movimiento a cierta distancia de los cursos de agua (10 metros como mínimo, 20 en cauces de cierta importancia), planificar también los puntos en que la maquinaria tendrá que cruzar esos cursos, que deberán ser tan pocos como sea posible, en los que se deberá cruzar en ángulo recto –nunca utilizando el propio curso como vía de saca–, afectando mínimamente a la vegetación de la ribera, utilizando medios para evitar daños en el lecho (puentes o vados si existieran, troncos que posteriormente se retirarán, aprovechamiento de zonas rocosas...).
 - Las zonas que limitan con ríos importantes o con la costa (hasta 50 metros sobre el nivel del mar), las cercanías de las carreteras de la red nacional o autonómica, las áreas industriales o urbanas, los terrenos de uso militar, etc., suelen tener regulaciones de uso que afectan al aprovechamiento, por lo que, dependiendo del caso y de las indicaciones de los propietarios y otros responsables, deben señalarse en el croquis y, a veces, sobre el terreno, para evitar o restringir la circulación o las condiciones técnicas del trabajo.
 - Cualquier otro evento, costumbre o acción puntual que pueda condicionar el trabajo (por ejemplo, la celebración de monterías o ganchos de caza, fiestas locales o romerías durante la época de ejecución del aprovechamiento, las costumbres de los vecinos –recogida de leñas o de setas– o del ganado –ramoneo sobre los pies recién abatidos– en las áreas de corta).
- En el caso de las **cortas parciales**, hay que tener en cuenta, además de los factores indicados, las infraestructuras temporales en el interior de la masa (las futuras tra-

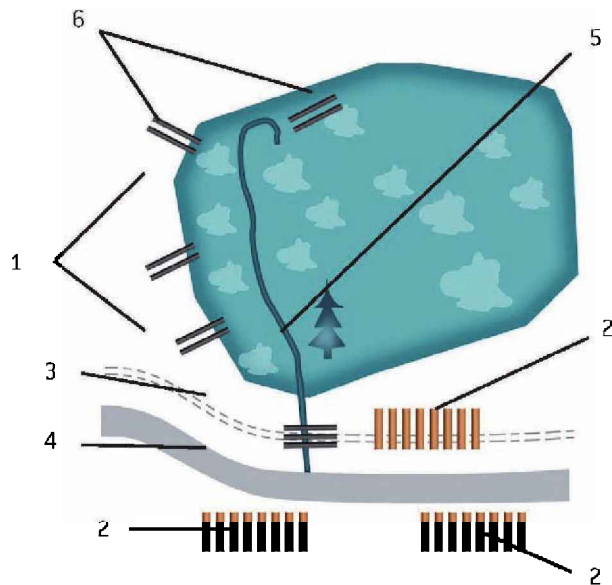
yectorias de las máquinas, llamadas calles o arrastraderos). Las principales condicionantes de sus trayectorias son las siguientes:

- La localización de las pistas y cargaderos (existentes o que sea necesario abrir) a donde deba dirigirse el desembosque y el sentido del mismo.
- La pendiente, y otras limitaciones a la movilidad que se tratarán en el siguiente apartado, porque pueden condicionar o limitar el tránsito de las máquinas. En general, si el terreno es pendiente, estas calles se deberán trazar en líneas de máxima pendiente.
- Las limitaciones impuestas por la propiedad o la gestión (distancias mínimas entre calles, pendientes o longitudes máximas, etc.).

En cualquier caso, al menos en lotes de cierta extensión y con alguna problemática por fisiografía, límites, criterios estrictos sobre la época o forma de cortar, etc., es muy conveniente que el recorrido se realice acompañándose de representantes de la propiedad o gestores, y también de los responsables del desembosque—el maquinista del tractor que efectuará la saca.

Si el marcaje de calles ya se hubiera realizado, se pueden discutir sobre el terreno posibles puntos problemáticos para el movimiento de las máquinas, discutiendo soluciones prácticas alternativas al trazado señalado en dichos puntos. Si solo se está transmitiendo el criterio del trazado de las calles, también conviene comentar posibles dificultades puntuales para cumplir ese criterio, definiendo las posibles alternativas.

Un ejemplo de **croquis detallado** de un área para este tipo de corta selectiva se muestra en la Figura 3.34.



1: Zona de regeneración; 2: Pilas de cargadero; 3: Zanja; 4: Carretera local; 5: Pista principal; 6: Pilas en monte

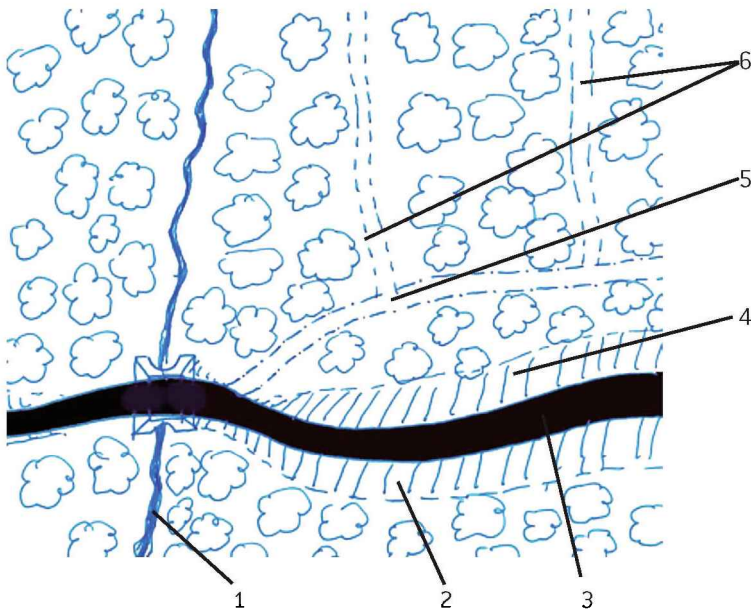
Figura 3.34. Croquis para la planificación del trabajo de cosechado en una corta selectiva mecanizada

3.3.2.3. Reconocimiento de los condicionantes limitantes para el desplazamiento y estacionamiento seguros de la máquina

Como parte de ese recorrido previo para la planificación del aprovechamiento, es muy necesario identificar las áreas con dificultades para el desplazamiento de la cosechadora y, en general, de los tractores forestales. Cabe recordar de nuevo que, a menudo, el tractor de desembosque con carga puede tener más dificultades para manejarse cuando va cargado que la propia cosechadora, por lo que es muy conveniente que en este recorrido para la planificación participe también el maquinista del tractor de saca. Entre las **principales limitaciones** a tener en cuenta están las siguientes:

- La pendiente es una condición importante para la corta, y más todavía para el desembosque, si se va a producir por la misma calle por la que transita la cosechadora. El límite de pendiente media en el sentido de la marcha para el manejo seguro de una cosechadora forestal depende de su tamaño, del tipo de tren de rodaje, etc. Para una cosechadora de ruedas convencional, este límite se encuentra alrededor del 35% de pendiente, mientras que para cosechadoras de orugas con chasis autonivelable, se puede superar este límite hasta alcanzar e incluso superar ligeramente el 40%. Un autocargador cargado no suele trabajar en condiciones eficientes y seguras por encima del 30% de pendiente, y en pendientes que superen el 20% actuará preferentemente hacia abajo cuando esté cargado. A partir de estas pendientes (30 o 35%), se suele trabajar con las máquinas desde las pistas temporales o vías de saca, realizándose el apeo con motosierra y aproximándose los árboles a las pistas o sus proximidades mediante cableo (con un cabrestante) o por deslizamiento sobre el terreno de los árboles. No obstante, estos límites no deben interpretarse como absolutos, dado que la estrategia de organización del trabajo depende de factores que comienzan a actuar para pendientes inferiores a esos valores, por ejemplo:
 - A partir de pendientes del 20 o 25%, la eficiencia en el trabajo de la grúa apeando y aproximando los árboles a la máquina se reduce, aumentando los problemas de estabilidad (riesgo de vuelco lateral) que obligan a adoptar técnicas seguras menos eficientes –por ejemplo, el movimiento de arrastre de los árboles más lento y más cerca del suelo–. Dependiendo de la experiencia del maquinista y de los medios de que disponga la empresa, puede interesar realizar el apeo con motosierra para pendientes más reducidas que los límites absolutos citados.
 - Si las condiciones del terreno no son uniformes y secas (barro húmedo, presencia de rocas, tocones, barrancos frecuentes, terreno aterrazado o acaballonado, etc.), los límites para el trabajo eficiente y seguro se pueden reducir, limitándose más las áreas de trabajo totalmente mecanizado.
 - La pendiente elevada puede también condicionar la planificación de las infraestructuras, especialmente en cortas parciales o selectivas en que se deban trazar calles:
 - La distancia entre las calles se debe reducir, por motivos de seguridad, según la pendiente aumenta por encima del 20%. En caso contrario, no solo la productividad y la seguridad se reducen, sino que aumentarán los daños a la masa remanente –los árboles que no hay que cortar.

- Por otro lado, la trayectoria de carga de los autocargadores puede ser solo segura en sentido descendente, lo que puede condicionar la planificación de puntos de acopio (cargaderos, etc.) y puede hacer conveniente, especialmente si las pistas están muy separadas, que las calles tengan salida a pista por los dos lados (por arriba y por debajo), para evitar que el autocargador tenga que subir marcha atrás a lo largo de grandes distancias o que tenga que intentar cambiar el sentido de la marcha en puntos cuya pendiente implique riesgo de vuelco.
- Finalmente, si la pendiente es elevada, los puntos de acceso de la maquinaria al monte –a las calles– desde las pistas, especialmente las pistas de acceso o principales, que al ser más anchas tienen los taludes más altos, se complican. En ciertos casos, puede ser conveniente trazar una pista temporal más estrecha, paralela y a cierta distancia de la pista principal, para facilitar o permitir el acceso de las máquinas a las calles en todos sus puntos (Figura 3.35).



1: Arroyo; 2: Talud de desmonte (aguas debajo de la pista principal); 3: Pista principal; 4: Talud de terraplén (aguas arriba de la pista principal); 5: Pista temporal auxiliar; 6: Calles de desembosque

Figura 3.35. Posible apertura de una pista de desembosque paralela a la pista principal para evitar que las calles tengan una entrada demasiado pendiente (taludes altos y pendientes)

Por todos esos motivos, la **pendiente** debe tenerse en cuenta en la planificación y, en los aprovechamientos de cierto tamaño, deben señalarse las zonas cuya pendiente condicione los trabajos, obligando a que el apeo lo realicen motoserrietas, a que además la cosechadora trabaje solo desde las pistas, o haciendo necesario o conveniente modificar la red de pistas y/o calles de desembosque.

Además de la pendiente, otros factores pueden ser limitantes para el desplazamiento o trabajo de la maquinaria en el trabajo de aprovechamiento mecanizado, y deben ser señalados en el croquis del área de corta, como por ejemplo:

- Zonas pantanosas o encharcables (fondos planos con suelos impermeables, como en zonas llanas de rañas, zonas con manantiales o arroyos y tendencia al encharcamiento estacional, como los llamados trampales, etc.).
- Zanjas o barrancos de pequeña dimensión, pero que supongan una barrera al movimiento de las máquinas.
- Áreas cuya pedregosidad, presencia de obstáculos (tocones altos, terrazas o caballos) u otros factores de riesgo (por ejemplo, pitones de matorral recién desbrozado o quemado o estratos verticales de pizarras duras y filosas) limiten el desplazamiento de las máquinas u obliguen a utilizar maquinaria de características especiales –neumáticos en tándem de accionamiento forzado para zonas de caballos, orugas para zonas con elementos punzantes o cortantes de riesgo para los neumáticos, etc.

En cuanto al **estacionamiento seguro de las máquinas**, es necesario, especialmente en terrenos complejos, prever en qué puntos se va a estacionar la máquina, debido a que es necesario que existan ciertas condiciones para los trabajos de servicio o mantenimiento. Frecuentemente se dejan las máquinas en pistas temporales (vías de saca o pistas de desembosque), en que es necesario respetar las **recomendaciones** siguientes:

- Evitar pistas con pendiente longitudinal elevada. En todo caso, se deberán usar cuñas para calzar los neumáticos u orugas y emplear el freno de estacionamiento. En las paradas, se debe colocar la grúa en una posición descargada, con el cabezal sobre una superficie firme y plana.
- Aprovechar los taludes para realizar operaciones de repostaje o mantenimiento, especialmente si requieren de la gravedad o del trabajo desde un punto superior a la máquina. En estos casos, la situación del operario en esas labores deberá ser segura, empleando si fuera necesario elementos de seguridad (guantes, botas antideslizantes y con un fleje de acero protector contra la caída de objetos) e incluso casco y otros EPIs propios de trabajos en altura (arnés, cuerda de seguro), si hubiera riesgos de caída grave a distinto nivel.
- Durante las tareas de mantenimiento programado –engrase, sistema hidráulico, repostaje, ajustes de presión...–, el motor debe estar detenido y se deben usar los equipos de protección individual adecuados, en particular gafas y guantes especiales para evitar el contacto del aceite hidráulico con la piel, que puede causar lesiones muy graves (gangrena) en caso de ser absorbido, incluso en pequeñas cantidades.
- Para las tareas de mantenimiento o control en que sea imprescindible trabajar con el motor o alguno de los órganos de la cosechadora en movimiento, se deben evitar las vestimentas holgadas, pelo largo suelto, collares u otros colgantes que pueden ser atrapados por elementos móviles y causar graves accidentes.
- Hay que prever siempre un lugar debidamente señalado para el depósito de residuos (aceites usados, recipientes vacíos, bolsas o envases usados, etc.). Esto es

especialmente importante en el caso de residuos tóxicos o peligrosos, que deberán ser tratados de acuerdo con la legislación.

3.3.3. Manejo y conducción de la máquina

Antes de poner en marcha la máquina, es importante conocer sus dispositivos de mando y de seguridad, especialmente la función de los frenos y las diferentes marchas o regímenes de conducción. El maquinista de una cosechadora debe haber recibido la suficiente formación teórica y práctica; para esta última se emplean frecuentemente simuladores de conducción antes de comenzar a utilizar una cosechadora sobre el terreno. No obstante, se procederá a recordar los principales dispositivos usuales de frenado y regímenes de regulación de la transmisión.

- **Dispositivos de frenado:** tiene como fin detener la máquina en cualquier posición.
 - **Freno de servicio:** se aplica normalmente para detener el vehículo durante la conducción, a través de un pedal en el suelo de la cabina.
 - **Freno de trabajo:** se activa de forma automática cuando la máquina se queda inmóvil, deja de actuar el acelerador o al aplicar determinados regímenes de conducción “todo-terreno”
 - **Freno de estacionamiento:** se debe aplicar cuando la cosechadora va a permanecer inmóvil por cierto tiempo, a través de un interruptor o botón en el tablero de mandos de la cabina. Frecuentemente, al activarlo desciende la escalerilla hidráulica.
- **Regímenes de conducción:** regulan las relaciones de la transmisión (fuerza/velocidad) y las velocidades máximas que el vehículo puede adquirir. Corresponden en algunas máquinas a **una marcha baja o corta y otra alta o larga**, la primera de las cuales se utiliza para la conducción en el monte, mientras que la segunda se utiliza en pistas forestales. Dentro de la marcha corta, baja o lenta, se pueden seleccionar varias velocidades, desde la velocidad máxima (que puede alcanzar alrededor de 8 km por hora) a la velocidad de marcha “todo-terreno” (como máximo, alrededor de un 50% de la anterior) o la velocidad llamada “de transporte”, que es aún más reducida y se emplea en las maniobras de subida y bajada a un camión de transporte de maquinaria o góndola.
- Además, existe un mando para seleccionar el **sentido de la marcha** (hacia adelante o hacia atrás) y un **bloqueo de diferencial**, que normalmente se puede aplicar solo con la máquina parada y en el régimen de marcha corta y velocidad “todo-terreno”, con el objeto de evitar que los neumáticos patinen ante condiciones localmente deslizantes.
- Es necesario, antes de operar una cosechadora, conocer y respetar las normas de seguridad (distancias de seguridad, prohibición de transportar pasajeros, obligatoriedad de utilizar el cinturón de seguridad, etc.), que se tratarán con detalle en apartados sucesivos.

Antes de iniciar el trabajo, se debe **comprobar** que los mandos de la máquina y la grúa funcionan correctamente, dado que no está permitido utilizar la máquina con algún defecto o desajuste en sus mandos

Se recomienda, antes de poner en marcha por **primera vez** la máquina en una sesión de trabajo –independientemente de las labores de mantenimiento periódico que correspondan–, llevar a cabo una inspección ocular de los principales órganos –neumáticos, grúa, cabezal– para detectar cualquier posible deficiencia de consideración, incluyendo rotura de latiguillos y pérdidas de aceite, deterioro, rotura o falta de alineación de los órganos del cabezal, etc.

Antes de comenzar la marcha, es conveniente decidir el equipamiento de los neumáticos si se trata de una cosechadora de ruedas. Los neumáticos de goma sin accesorios proporcionan un mejor agarre en terrenos secos o con piedras, mientras que cuanto más húmedo es el terreno, más convenientes son las protecciones antideslizantes conocidas como semi-orugas o “tracks”, cuyo estado (desgaste de los clavos o placas, ajuste al par de neumáticos en tándem o “bogíe”) debe también ser controlado.

De acuerdo con el Manual del Conductor de las cosechadoras Valmet 901.4, 901TX, 911.4 y 931, se deben seguir las siguientes **instrucciones de conducción para la conducción todo-terreno**:

- Cerrar la puerta y ponerse el cinturón de seguridad.
- Arrancar la máquina.
- Encender las luces de trabajo si fuera necesario.
- Iniciar una sesión en el sistema informatizado de control que detectaría averías o deficiencias de consideración.
- Confirmar el punto muerto y soltar el freno de estacionamiento (con precaución, dado que se recoge automáticamente la escalerilla hidráulica).
- Cambiar a tracción total y marcha corta o baja, seleccionando a continuación el sentido de la marcha.
- Activar el régimen de trabajo (la velocidad de marcha lenta o corta 2, o velocidad “todo-terreno” es adecuada para salir de la pista y empezar la conducción por el monte, debiendo seleccionarse la velocidad de marcha corta o lenta 1, o velocidad “de transporte” solo si el terreno es muy difícil).

Para la conducción en terreno con pendiente, de acuerdo con las instrucciones de manejo de las cosechadoras John Deere 1270 E y 1470 E, se deben seguir los siguientes **principios generales**:

- Si la pendiente es pronunciada, se debe conducir directamente cuesta arriba o cuesta abajo, evitando en lo posible cambiar de dirección o conducir en diagonal, debido al riesgo de vuelco lateral.
- Si fuera necesario conducir en diagonal en pendientes pronunciadas, se debe girar la grúa en dirección a la parte superior para mejorar la estabilidad de la máquina.

Siguiendo de nuevo el **Manual del Conductor** de las cosechadoras Valmet, en una situación complicada, además de extender la grúa hacia arriba, puede ser conveniente descender el cabezal hasta el suelo para alcanzar una posición más estable que proporcione tiempo para reflexionar y elegir una ruta más segura.

En cualquier caso, para la conducción en pendientes, es recomendable, si la máquina lo permite, nivelar la cabina mediante los correspondientes cilindros hidráulicos de basculamiento para desplazar el centro de gravedad y mejorar la estabilidad (si bien no conviene que los cilindros lleguen a los topes de su carrera).

Para estabilizar la máquina, se puede también llenar los neumáticos parcialmente de líquido –normalmente, una solución acuosa de cloruro cálcico, para evitar riesgos debidos a la congelación del líquido–. Este procedimiento mejora también la adherencia –reduce el patinado–, si bien aumenta el peso de la máquina, con lo que se incrementa la presión sobre el suelo y el consumo de combustible.

Es necesario evitar en lo posible la conducción oblicua a través de laderas pendientes, no solo por el riesgo de vuelco lateral (facilitado por pequeños obstáculos en el terreno encima de la máquina) sino también porque la presión sobre el suelo de las ruedas es mayor en el lado hacia el que se inclina la máquina, lo que conduce al riesgo de producir rodadas profundas, sobre todo si la cosechadora circulase varias veces sobre esa trayectoria (Figura 3.36). Se deben evitar, como se ha indicado, los giros en terreno inclinado, donde pequeños obstáculos encima de la cosechadora pueden hacerla volcar. Según el Manual del Conductor de Valmet, si la situación es crítica al girar cuesta arriba, se recomienda frenar la máquina y retroceder por el mismo camino e intentar encontrar un lugar mejor, o conducir hacia arriba en línea de máxima pendiente hasta encontrar un terreno más plano donde girar. Si la situación es crítica al girar cuesta abajo, se debe continuar conduciendo en línea de máxima pendiente hacia abajo, teniendo especial cuidado al frenar.

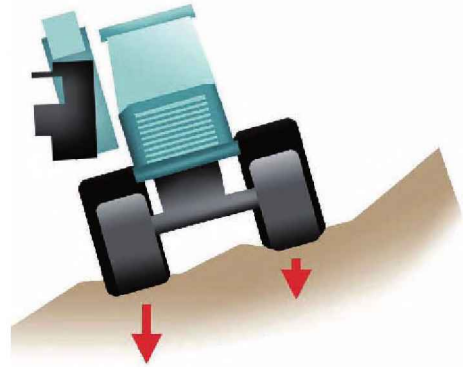


Figura 3.36. Efecto de aumento de la presión en los neumáticos del lado de la ladera en la circulación oblicua en pendientes

También en aras de una **conducción segura**, se debe evitar conducir sobre madera, piedras resbaladizas y otros obstáculos sobre el terreno que puedan hacer que la máquina se deslice lateralmente, llegando a volcar.

De acuerdo con la Guía de Seguridad 603 (“Trabajo con Procesadoras”), elaborada originalmente por el *Forestry and Agriculture Safety and Training Council* británico (1999) y traducido en 2001 por la Fundación para el Fomento de la Formación Forestal (www.fundacionf4.es), hay que planificar el trabajo de forma que el ramaje de los árboles procesados ayude a atravesar la zona de trabajo o, al menos, no lo dificulte.

Si el vuelco parece inevitable, hay que permanecer en la cabina con el cinturón de seguridad abrochado, y en ningún caso intentar saltar, dado que es mucho más peligroso que per-

manecer en una cabina homologada por las normas anti-vuelco ROPS y de protección del operario OPS. En todo caso, si el riesgo es inminente, se recomienda desbloquear la salida de emergencia y, sin liberarse del cinturón de seguridad, agarrarse a los reposabrazos (John Deere) o al asa situada en el montante de la ventanilla delantera (Valmet).

En una situación realmente difícil, se ruega que no se corran riesgos, siendo preferible usar los sistemas de comunicación obligatorios para solicitar la asistencia de remolque.

3.3.4. Criterios para la organización del trabajo

Se distinguirá según el tipo de corta, de acuerdo con lo indicado en la introducción el procedimiento a seguir varía si se trata de cortas de regeneración, en que el número de árboles (a veces denominados “árboles padre”) que quedan en pie condicionan poco la organización de los trabajos, o cortas selectivas, en que la proporción de árboles de futuro que se dejan sin cortar es mayor, de modo que su propia presencia física y la necesidad de reducir al mismo los posibles daños sobre estos pies, hacen que la organización de los movimientos de la maquinaria se vea muy condicionada.

3.3.4.1. Organización del trabajo en cortas de regeneración

Simplificando las definiciones de la selvicultura, a efectos de la organización operacional del trabajo mecanizado, se considerarán **cortas de regeneración** aquellas que afectan a arbolado de tamaño medio a grande o muy grande, y en que la espesura de la masa remanente es reducida y no condiciona notablemente las operaciones del aprovechamiento.

Se podrían asimilar a las últimas cortas diseminatorias y cortas finales del tratamiento selvícola conocido como Aclareo Sucesivo y Uniforme o A.S.U., y también a las cortas “a hecho”, tanto las que se producen en un solo tiempo –en que se apean todos los árboles sin excepción, como en las cortas “a mata rasa” de los tallares leñeros o en las cortas más comunes en las plantaciones de crecimiento rápido como eucaliptares y choperas–, como las dos fases de aquellas cortas “a hecho” que se ejecutan en dos tiempos –una primera corta en que se apean la mayoría de los árboles, dejando un número más o menos reducido de “árboles padre”, y una segunda en que, una vez conseguida la regeneración, se apean esos árboles portasemillas.

En todos los métodos de trabajo, el árbol que se apea hacia un lado de la trayectoria de la máquina (por ejemplo, hacia la derecha de la línea de avance) se trae hacia la delantera de la cosechadora, ligeramente desplazado hacia el lado contrario con respecto a la dirección en que cayó su copa (en el mismo ejemplo, con la motosierra basculante justo sobre el límite izquierdo de la calle que debe quedar libre de madera para que la máquina siga avanzando) de modo que las trozas que van cayendo al seccionarse el fuste queden apiladas en ese mismo lado de la calle, mientras que las ramas y la copa queden justo sobre la superficie de la misma, formando una especie de colchón que amortigua el paso de la propia máquina cosechadora (Figura 3.37) y, cuando se produzca el desembosque de la madera mediante un tractor que seguirá esa misma trayectoria o calle, también protegerán el suelo de la presión ejercida por él.

El creciente interés en el aprovechamiento de la **biomasa residual** para uso energético, y la conveniencia de que las ramas y copas que van a ser astilladas para usarse como combustible no estén mezcladas con barro o piedras, ha llevado, en algunos casos, a modificar ese sistema general de trabajo, manipulando las ramas para amontonarlas en el borde de la calle, y empujando la copa o rabeón para que quede también fuera de la trayectoria de las máquinas (Figura 3.38).



Figura 3.37 y 3.38. Forma de depositar las ramas y copas en el centro de la «calle» para amortiguar el paso de las máquinas, o en un lateral para facilitar su recogida y aprovechamiento como biomasa

Estos procedimientos pueden reducir el rendimiento en madera de la cosechadora hasta un 20% en cortas a hecho de pinares, además de constituir un riesgo potencial en zonas encharcadas y pendientes, al reducir la protección del suelo, aunque pueden ser necesarios para un aprovechamiento integrado de madera y biomasa.

Independientemente del tratamiento que se dé a las ramas y copas, se pueden definir una serie de sistemas de trabajo según el lado (o los lados) hacia los que se fuerce la dirección de caída de los árboles en relación con la zona que ya haya sido cortada y la que quede por apear.

De acuerdo con el Manual del Operador del cabezal H480C para cosechadoras forestales John Deere (edición en español de diciembre de 2009, *Worldwide Construction and Forestry Division/LITHO in Finland*), existen dos sistemas de apeo mecanizado para cotas de regeneración: el apeo en una sola dirección –con dos variantes, según se abatan los árboles hacia la masa que aún permanece en pie o hacia la zona ya cortada– y el apeo en ambas direcciones.

A continuación se definirán las condiciones de aplicación de los citados métodos de trabajo para el apeo y procesado mecanizados en cortas de regeneración:

El apeo en una sola dirección, hacia la masa que todavía está sin cortar responde al esquema que se representa en la Figura 3.39, en que se puede apreciar cómo la dirección de caída

de los árboles cortados se fuerza hacia la masa que aún queda en pie, de modo que la madera va quedando apilada en el lado ya cortado de la “calle” (nombre que, como se ha señalado, se da a la trayectoria de las máquinas).

Ese sistema de trabajo se aplica en los siguientes casos:

- Al cambiar la dirección de trabajo.
- Cuando la parcela de corta limita con un elemento lineal que se debe respetar –por ejemplo, la propiedad de otro propietario, una zona regenerada joven o un tendido eléctrico.
- Cuando los troncos están muy juntos (y pueden estar enganchados, arrastrando a varios árboles al apea uno de ellos) o bien soplan fuertes vientos laterales que pueden hacer insegura la maniobra de tumbado de los árboles hacia la zona despejada.



Figura 3.39. Esquema de apeo en una sola dirección en cortas de regeneración, hacia la masa que está aún sin cortar

Es un método de corta que se aplica de forma predominante en cortas de regeneración en los países nórdicos, aunque si la madera es valiosa puede, además de suponer pérdidas de tiempo, producir daños en la madera que se corta o en la de los árboles que se van a cortar a continuación.

El **apeo en una sola dirección, hacia la zona despejada, ya cortada**, responde al esquema de la Figura 3.40, en que se puede apreciar cómo la dirección de caída de los árboles cortados se fuerza hacia la zona en que no existen obstáculos, de modo que la madera va quedando apilada en el lado de la calle en el que se encuentra la masa forestal que aún no ha sido apeada.

Ese sistema de trabajo se aplica en los siguientes casos:

- Para cortar los últimos árboles en los extremos de la parcela, evitando dañar los pies colindantes, que no pertenecen al lote de corta.
- Para evitar los daños en las copas de árboles jóvenes que no

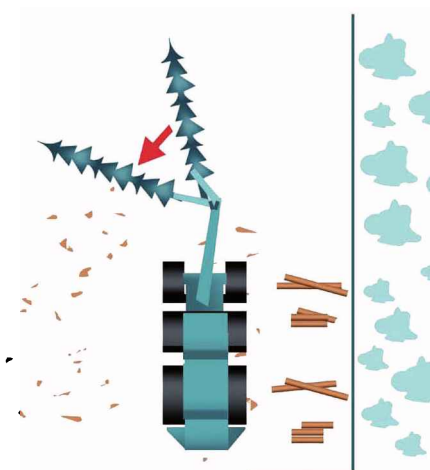


Figura 3.40. Esquema de apeo en una sola dirección en corta de regeneración, hacia la masa ya cortada

deban cortarse, en masas en que ya exista una regeneración incipiente que no se debe dañar.

El **apeo en ambas direcciones** responde al esquema que muestra la Figura 3.41, y permite reducir los recorridos de la grúa, con los que el trabajo resulta globalmente más eficiente, lo que lo haría preferible, excepto en los casos excepcionales que se han indicado –especialmente, masas densas, presencia de áreas o infraestructuras susceptibles de daños que se desea evitar, viento lateral fuerte–. Primero se apean los árboles del lateral situado en uno de los lados –en la figura, a la izquierda– y después los del otro lado.

Las trozas se apilan en ambos lados, en cada caso en el lado opuesto a aquel que resultó más conveniente para dirigir la caída del árbol, quedando las pilas ligeramente oblicuas hacia atrás en relación con la trayectoria de la cosechadora.

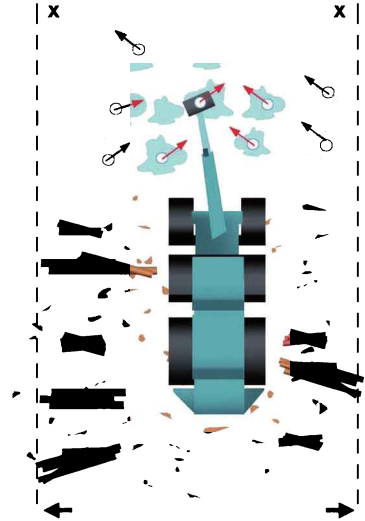
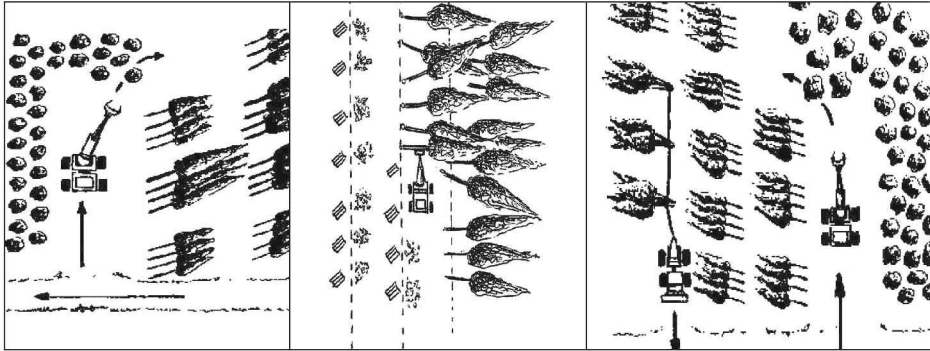


Figura 3.41. Esquema de apeo mecanizado en dos direcciones para cortas de regeneración

Este sistema permite aprovechar al máximo el rendimiento del cabezal, y además consigue una **cobertura más uniforme** de la superficie de los residuos sobre la superficie de la calle por donde transitarán las máquinas, en el caso más común de que se desee que las ramas y riberones amortigüen el efecto del peso de las máquinas sobre los suelos.

Estos sistemas de trabajo son adecuados para el caso de que la cosechadora y los tractores de desembosque puedan transitar por el **interior de la masa**, existiendo variantes, según se incrementa la pendiente, en que el apeo lo realiza un motoserrista, reduciéndose los movimientos de la grúa de la cosechadora, que trabaja en las “calles” pero solo como procesadora, e incluso hay sistemas, para pendientes aún mayores, en que la cosechadora se limita a trabajar desde las pistas de desembosque, donde se hacen llegar los árboles completos por deslizamiento, por cableo o por arrastre con tractor o con teleférico forestal.

Hay otros sistemas de trabajo en que la maquinaria de apeo trabaja en el monte, más bien asociados al uso de cortadoras-apiladoras, cuyo fin es dejar los **árboles completos apilados** y, en su caso, clasificados por categorías de tamaños, bien para ser después procesados por máquinas procesadoras (desramadoras-tronzadoras) o para ser arrastradas por *skidders* de pinzas o cabrestante y procesados en cargadero. Los sistemas que se reflejan en las figuras 3.42, 3.43 y 3.44 son más característicos de montes extensos y grandes cortas “a hecho” de madera de grandes dimensiones, como en algunas zonas de Norteamérica, y mucho menos habituales en España que los sistemas de trabajo que se han descrito anteriormente, más propios de los montes europeos.



Figuras 3.42, 3.43 y 3.44. Ejemplos de organización del trabajo con cortadora-apiladora, seguida de procesadora o de tractor arrastrador o skidder

3.3.4.2. Organización del trabajo en cortas selectivas

Simplificando de nuevo las definiciones de la silvicultura, a efectos de la organización operacional del trabajo mecanizado, se considerarán **cortas selectivas** aquellas que afectan a arbolado de tamaño pequeño a grande, y en que la espesura de la masa remanente es suficientemente densa para condicionar notablemente las operaciones del aprovechamiento.

En este caso, cuando la pendiente permite que la cosechadora y el posterior tractor de saca penetren en el terreno forestal, lo harán a través de corredores o “calles” que deberán abrir, siguiendo líneas aproximadamente paralelas, en el sentido de la máxima pendiente si el terreno no es llano, y separadas, en el caso más general, como máximo el doble del alcance de la grúa, es decir, entre 15 y 20 metros. La anchura de estas calles deberá ser, como mínimo, para evitar daños en los árboles de sus bordes, un metro superior a la anchura de las máquinas, esto es, entre 3 y medio y 4 metros.

El **esquema más general** de este tipo de trabajos se ilustra en la Figura 3.45, en que, al igual que se explicó en el caso de las cortas de regeneración, se van cortando árboles de cada lado de la trayectoria de la cosechadora, que se van acercando, una vez abatidos, mediante la grúa a la “calle”, para desramarlos y tronzarlos de modo que las trozas queden apiladas en el borde de la misma, de modo que puedan luego ser cargadas por el tractor de desembosque, y las ramas queden, en el caso más común, sobre la superficie de la propia “calle”, amortiguando la presión ejercida por la maquinaria sobre los suelos.



Para reducir los movimientos de la grúa, conviene alternar el apeo de árboles a uno y otro lado de la “calle”, si bien puede prevalecer el criterio de la clasificación de la madera en pilas homogéneas para distintos destinos, que a menudo tendrán diferentes grosores e incluso longitudes, por lo que conviene que su apilado y su futuro desembosque se produzca por separado.

Si se desea ampliar las distancias **entre las “calles”** por donde transita la maquinaria, es posible conseguirlo a costa de un sacrificio en términos de coste de la operación, o bien empleando motoserristas que corten los árboles de forma dirigida hacia las calles de desembosque (Figuras 3.46-3.47), o bien, dado que el tractor más pesado es el que lleva a cabo el desembosque, permitiendo que la cosechadora se mueva entre las calles para apea los árboles, moviéndolos después para procesarlos al borde de las calles (Figura 3.48).

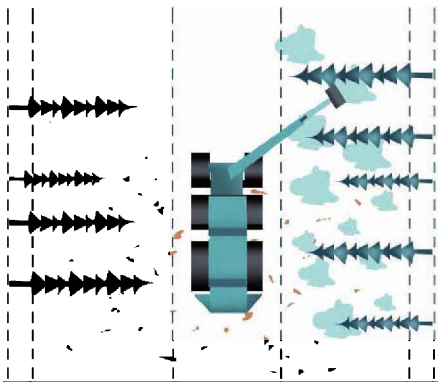


Figura 3.46. Apeo auxiliado por motoserristas para conseguir una mayor separación entre las calles

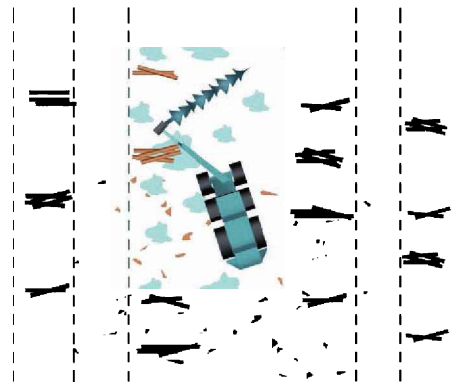


Figura 3.47. Apeo con cosechadora entre las calles para reducir el tránsito del tractor de saca por las mismas



Figura 3.48. Cosechadora convencional trabajando en un sistema de árboles completos o partes de árbol

Esta alternativa supone el tránsito de las máquinas por un porcentaje elevado del terreno forestal, por lo que solo es practicable si la espesura de la masa remanente no es muy densa en segundas o posteriores claras o “entresacas”, es decir, cuando previamente se produjo una reducción de la espesura mediante los métodos de trabajo desde las “calles”, y si la pendiente es moderada, y aun en ese caso se corre riesgo de producir daños en los suelos, si estos son frágiles o están húmedos.

Existe también la posibilidad de que los **árboles de pequeño tamaño** no se procesen en las calles, sino que se extraigan como árboles completos o tronzados y sin desramar, en forma de “partes de árbol”. En este caso, se suele emplear una taladora-apiladora, a veces con capacidad acumuladora, aunque a veces se puede usar un cabezal cosechador haciendo funciones de apeo, tronzado (si es necesario) y apilado (Figura 3.48).

Como en el caso de las cortas de regeneración, si la pendiente supera cierto límite la maquinaria no puede trabajar en “calles” sobre el terreno forestal, sino solo desde pistas o en cargaderos. En este caso, los árboles deben llegar a las pistas o cargaderos por otros medios (cableo, tractores de arrastre, teleféricos forestales), y tienen que haber sido cortados, por tanto, con motosierra.

3.3.5. Apeo: procedimiento general y casos especiales

3.3.5.1. Técnicas y métodos para dirigir la caída al cortar los árboles

El apeo de un árbol comienza con el **posicionamiento del cabezal cosechador** abrazando y en contacto con el tronco, lo más bajo posible y, en el caso más general, en la posición opuesta a la dirección en que se desea que el árbol caiga. Para aprender a manejar la grúa y el cabezal, existen **simuladores** que son de gran utilidad para evitar que el proceso de aprendizaje pueda ser dañino para la máquina o para los árboles (Figura 3.49).



Figura 3.49. Simulador para el entrenamiento de maquinistas de cosechadora forestal

Antes del aprendizaje práctico en el apeo con una cosechadora, se recomienda aprender a cortar con motosierra. Cuando se comienza a cortar con el cabezal en árboles reales, se aconseja **comenzar por árboles pequeños**, e ir pasando a árboles de mayor tamaño según se vaya adquiriendo experiencia.

El **manejo del cabezal y de la grúa** para su posicionamiento difiere según la marca y el modelo de cosechadora que se elija, pero en general los principales movimientos en monte (modo todo-terreno) y los movimientos de la grúa y funciones del cabezal se controlan mediante dos mandos tipo *joy-stick*, situados en palancas frontales, una para cada mano, que se complementan con dos teclados, uno a cada lado, y a veces con botones adicionales en uno o varios mini-teclados más pequeños y/o de una pantalla de control, que muestra los parámetros de control o, a veces con la posibilidad de alternar entre varias modalidades de información o “*display modes*”.

Un ejemplo del aspecto de la cabina y mandos de una de estas cosechadoras –un modelo similar, pero algo más antiguo que a los que se refieren las figuras anteriores– se muestra en la Figura 3.50.

Las primeras consideraciones a la hora de **planificar la corta** de un árbol en condiciones normales (sin que se presenten circunstancias especiales, como que esté muy inclinado, torcido, bifurcado, partido, etc., casos que se han contemplado en el capítulo correspondiente), son las siguientes:



Figura 3.50. Interior de la cabina y mandos de una cosechadora forestal

- El cabezal tiene que poder llegar al árbol sin encontrarse con **obstáculos intermedios** que puedan dañarlo o ser dañados, particularmente árboles de la masa remanente. Si hay árboles u otros obstáculos en la trayectoria hacia un árbol que deba apearse, habrá que cambiar la posición de la máquina o, en último caso, proceder a su apeo con motosierra, usando los equipos y medidas de seguridad necesarias.
- El **diámetro del árbol** que se va a apearse no debe superar en ningún caso el diámetro máximo de apeo del cabezal. El maquinista debe conocer este diámetro máximo, y estar adiestrado en estimar si el diámetro de los árboles que se pretende cortar se aproximan o superan este valor.
- En ningún caso se debe dejar una **altura de tocón** que supere las instrucciones facilitadas, salvo que exista un riesgo grave para el cabezal que no pueda evitarse

cortando el árbol desde otra posición. Si la altura del tocón es muy superior a la indicada, se deberá repasar con motosierra.

La fase de apeo comienza cuando se posiciona el cabezal alrededor del tronco. La cosechadora apea generalmente cada árbol mediante un solo corte de su espada. En el caso general de intentar el **apeo mediante un solo corte**, hay que seguir el siguiente proceso:

- **Aproximar el cabezal** al tronco de manera que la corteza contacte con el cuerpo del cabezal. Es conveniente que el cabezal contacte con el árbol **en la dirección opuesta a la de su caída natural** (hacia donde el árbol se inclina ligeramente o hacia donde el árbol tiene un mayor peso de copa, es decir, hacia donde tendería naturalmente a caer al ser cortado) de modo que al cortarlo y empujarlo o tirar de él, no se produzcan roturas en el lado opuesto al punto de contacto del cabezal. No deben quedar huecos entre el tronco y el cabezal, para prevenir que **el corte de la espada no atraviese completamente la sección del árbol**, de modo que este se quiebre, produciéndose fisuras o fendas en la madera (Figura 3.51).
- Para árboles de un tamaño normal, nunca deben activarse las **funciones cargadoras del cabezal** durante el apeo. Se accionará la espada hasta que la sección resulte atravesada por completo, lo que suele controlarse por medio de un sensor automático. Cuando la espada de la sierra haya vuelto a su cobertura, se accionarán las funciones del cabezal para empujar o tirar del árbol y separar el tronco del tocón.

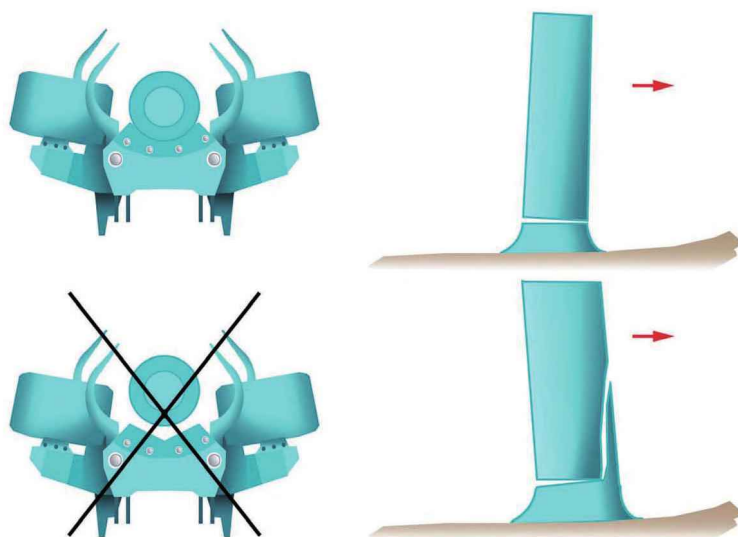


Figura 3.51. Forma correcta de abrazar el fuste con el cabezal y corte completo para evitar fendas

3.3.5.2. Técnicas y métodos de apeo en casos especiales

a) Árboles de gran tamaño

Para cortar árboles de cierto tamaño, es necesario crear una **tensión preliminar** antes de empezar el corte, empujando ligeramente el árbol en la dirección elegida del tumbado, en dirección contraria a la posición de la máquina. Dependiendo de la dirección concreta que se decida, esta tensión se puede crear empujando, sacudiendo o girando el cabezal, e incluso extendiendo ligeramente la prolongación de la grúa. El apeo dirigido se completa moviendo la grúa y basculando el cabezal. Los operarios más eficientes son capaces de aprovechar la energía cinética de la caída del árbol para comenzar su procesado según cae, moviendo simultáneamente la grúa hacia el punto donde finalmente se desea apilar las trozas según se vayan tronizando. No obstante **el árbol no se debe estar procesando** en el mismo instante en que su copa choca con el suelo, dado que ello puede provocar errores de medida o, incluso, en el peor de los casos, daños mecánicos en el propio cabezal.

En el caso de árboles más grandes, o bajo tensión hacia el punto de contacto inicial con el cabezal, puede ser necesario hacer un **corte de dirección** hacia la dirección de tumbado seleccionada, girar 180 grados la posición del cabezal y hacer desde esa posición enfrentada el corte de tumbado que producirá finalmente el apeo del árbol en la dirección seleccionada. Hay que evitar que el giro del cabezal llegue a ser completo, porque en tal caso el árbol no caería en la dirección deseada, pudiendo rajarse la madera (Figura 3.52). En el caso de árboles **muy grandes**, para evitar que las tensiones provocadas en su caída dañen el cabezal o puedan incluso desestabilizar la máquina, puede ser conveniente soltarlos y dejar que caigan, volviendo a agarrarlos con el cabezal cuando estén ya en el suelo.

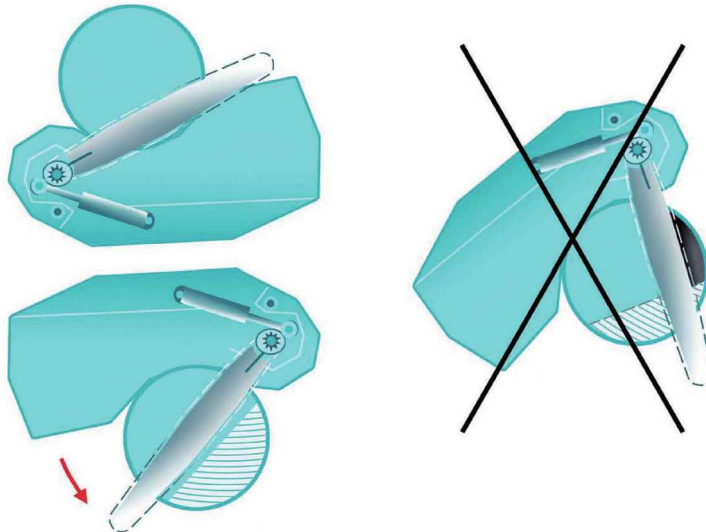


Figura 3.52. Secuencia correcta y ejemplo de ejecución incorrecta de dos cortes enfrentados para el apeo de árboles grandes

b) Árboles partidos o derribados por el viento

Se trata de árboles especialmente peligrosos para el trabajo manual, por lo que siempre que las condiciones lo permitan, debe mecanizarse su apeo y posible aprovechamiento.

En términos generales, los árboles partidos o desarraigados por el viento tienen un **especial riesgo** de encontrarse bajo tensión (Figuras 3.53 y 3.54), por lo que suponen una amenaza de producir esfuerzos sobre la grúa y sobre la propia máquina base que pueden dañar los brazos articulados o el propio cabezal cosechador, llegando incluso a producir a veces el vuelco de la máquina, si la fuerza transmitida a través de la grúa es muy elevada. En otras ocasiones, supone el lanzamiento de fragmentos del árbol que se rompen o se liberan de esa tensión como consecuencia de su corte pudiendo ser despedidos violentamente hacia la cabina.



Figura 3.53. Ejemplo de derribos por viento en Burgos, derribos puntuales, tanto roturas como desarraigos

En cualquier caso, especialmente si el trabajo es manual o mixto, se trata de **uno de los trabajos más peligrosos** del aprovechamiento forestal. Por todo ello, es conveniente tomar **precauciones muy especiales**, como por ejemplo:

- **Evitar o reducir al mínimo el trabajo conjunto de motoserristas y cosechadoras.** Si fuese necesario, se deben respetar las distancias de seguridad rigurosamente. También hay que extremar las precauciones en caso de que el maquinista tenga que llevar a cabo alguna operación con motosierra, porque resulte imposible su ejecución mecanizada. En tal caso, se deben usar los EPIs pertinentes y seguir de forma estricta todas las recomendaciones de seguridad. Si se aprecia un riesgo no admisible, es preferible marcar la zona del árbol peligroso mediante balizas y señales de peligro, y acudir a **otros medios** (tractores de arrastre, máquinas de mayor potencia o alcance, personal más especializado, etc.).



Figura 3.54. Árboles tronchados por un fenómeno local de vientos muy intensos (tornado). Apréciense las tensiones por torsión y flexión que han llegado a romper los fustes

- Es conveniente, si se va a trabajar en el apeo y/o elaboración mecanizada en áreas con árboles derribados o desarraigados, hacerlo con máquinas de cierto tamaño, con grúas lo más robustas que sea posible y cuyo peso y superficie de sustentación proporcionen una **mayor estabilidad** (por ejemplo, cosechadoras pesadas sobre retroexcavadoras de cadenas, ver Figura 3.55).



Figura 3.55. Apeo con cosechadora sobre retroexcavadora en masa derribadas

- En general, si se trata de un árbol **parcialmente desarraigado** y de tamaño pequeño o mediano, se debe bascular lateralmente hacia el suelo antes de cortar y separar el tocón unido al raigal, de modo que el raigal quede fuera del área de apilado sobre la que se procesará el fuste, para evitar riesgos futuros. Si la rotura del árbol da lugar, durante el tronzado, a la producción de trozas rotas cuyo aprovechamiento industrial no es interesante, se debe procurar que estos fragmentos queden igualmente separados de las pilas aprovechables.
- Si se aprecia **riesgo de rotura violenta** en un árbol concreto (porque esté sometido a una tensión acusada debida a que ha quedado retorcido o flexionado, o porque esté bajo la tensión provocada por otros árboles que lo empujen, por ejemplo), es mejor empezar a cortarlo desde secciones alejadas del punto de desarraigo o rotura, para ir liberando la tensión de una forma lo más gradual posible. En todo caso, al final de la operación, se debe dejar el tocón lo más apurado que sea posible, y si el raigal o algún fragmento no aprovechable del fuste roto o de las ramas gruesas desgajadas quedasen en una posición inestable, peligrosa para los operarios que en el futuro tuviesen que trabajar en tareas de repoblación u otras, se debe procurar manipularlos hasta que queden en una posición lo más segura que sea posible.
- La **tensión en las secciones de corte** debe evaluarse para evitar posibles atascos de la sierra mecánica, o roturas violentas innecesarias que dañen la madera. Se debe valorar la conveniencia, según se comentó para el caso de apeo de árboles grandes, de dar un primer corte con la sierra mecánica desde la zona hacia donde se vaya a forzar el desplazamiento de la parte del árbol sujeta por el cabezal, para luego girar el propio cabezal 180 grados y realizar el corte definitivo de modo que la liberación de tensiones no sea tan violenta.
- Cuando se vaya a **apilar las trozas** en las proximidades de un raigal que no haya podido dejarse en una posición totalmente segura, se debe desplazar el árbol para su procesado más lejos de lo habitual, de modo que la pila o pilas de trozas queden en una posición que no suponga riesgos a los operarios o máquinas que tengan que manipular esas pilas en fases posteriores del aprovechamiento.
- En todo caso, el trabajo mecanizado de apeo y, en su caso, procesado, en masas derribadas por el viento conlleva un mayor desgaste –por ejemplo, por mayor presencia de arena en los fustes o tocones a cortar– y un mayor riesgo de averías en las máquinas. Por eso, se recomienda la inspección minuciosa del cabezal un mínimo de dos veces por turno y llevar a cabo un mantenimiento más frecuente, especialmente la vigilancia del afilado de la cadena.

Hay que ser conscientes de que los riesgos, dificultad del trabajo y precauciones a tomar van a producir **descensos en el rendimiento** frente a situaciones parecidas en que no haya derribos

Otro hecho que dificulta un rendimiento elevado es que, en el caso de árboles tronchados, la optimización del tronzado y la clasificación se hacen más difíciles, debiéndose además llevar a cabo operaciones adicionales para alejar el lugar de apilado de la situación de raiga-

les inestables o para apartar de las pilas las trozas deterioradas por la rotura, que no tienen interés para su uso industrial.

c) Árboles enganchados

Los árboles enganchados o engarbados son un **riesgo importante** para el trabajo de apeo con motosierra. De hecho, una de las causas más importantes de **accidentes mortales** en los aprovechamientos es la caída de árboles sobre los operarios, sea por no respetar las distancias de seguridad, por trabajar en zonas de riesgo bajo árboles enganchados o por derribar estos pies por métodos inseguros, tales como abatir el árbol sobre el que el primero quedó enganchado o tirar un tercer árbol sobre el que quedó enganchado (Figura 3.56).

En el apeo mecanizado no es tan frecuente el enganche de árboles. Por un lado, **se debe controlar la dirección de caída, para evitar el enganche con otros árboles**, sobre todo con el fin de evitar daños indeseados. Por otro lado, en caso de que se produzca un enganche, el maquinista tiene la capacidad de utilizar la grúa para tirar del árbol que ha quedado enganchado y liberarlo, procurando no causar daños graves ni en el árbol que ha quedado enganchado ni en aquel en que se enganchó.



Figura 3.56. *Práctica muy peligrosa de apeo de un árbol sobre el que otro quedó enganchado*

Lo que sí es frecuente (y conveniente, si las circunstancias lo permiten) es que se requiera una cosechadora para apoyar el derribo de uno o varios árboles que hayan quedado enganchados tras su apeo con motosierra y que no han podido desengancharse mediante procedimientos seguros. Es esta una operación relativamente sencilla, en que hay que extremar las precauciones para que no haya ningún operario en el radio de seguridad, aproximar el cabezal con suavidad al árbol enganchado y, evitando movimientos excesivamente bruscos, tirar de él en dirección opuesta al lugar de enganche para propiciar su caída. En caso de que la pendiente u otras circunstancias no permitan intervenir a una cosechadora, se deberá recurrir a **otros medios mecanizados (skidder) o semi-mecanizados (motowinch) y nunca emplear procedimientos inseguros.**

d) Árboles bifurcados o curvos

Los árboles bifurcados y torcidos, por diferentes razones (especies, problemas de selección de planta para las repoblaciones, prácticas selvícolas inadecuadas) son más abundantes en

los montes españoles que en los montes escandinavos o norteamericanos para los que, en general, se puede decir que se ha desarrollado la tecnología de cosechado forestal predominante. Esta situación, de la que se muestra un ejemplo en una masa de pino rodeno o resinero en la Figura 3.57, da lugar a abundantes problemas de operación y control de la producción que se estudian a continuación.



Figura 3.57. Corta selectiva mecanizada de árboles torcidos en una plantación de pino rodeno

En cuanto a los **árboles bifurcados**, el modo de proceder depende de la altura de la bifurcación. Si se encuentra **cerca del tocón o a una altura reducida**, que permita el acceso y manejo seguro con el cabezal, los dos troncos de la bifurcación **se deben tratar como dos árboles desde un principio**, cortando primero uno de los brazos y procesándolo por separado del otro, que se apearía a continuación. Conviene tener cuidado si al cortar el primero de los brazos, la motosierra del cabezal ha seccionado parte del otro, para proceder en su apeo posterior de tal modo que no se produzcan rajaduras.

Si la bifurcación se encuentra a una altura superior a la de manejo seguro del cabezal, teniendo en cuenta también la distancia de la máquina base a que se encuentre el árbol en cuestión, es mejor **apearlo como un solo árbol** y, una vez en el suelo, bien separar, si la bifurcación era relativamente baja, el tronco más pequeño desde el principio, antes de comenzar el procesado, o bien comenzar el desramado y tronzado hasta llegar a las proximidades de la bifurcación, en el momento de llegar a sus proximidades lo más probable es que haya que depositar la parte del árbol no procesada (que contiene la bifurcación) en el suelo, volver a agarrarlo con el cabezal por la parte más adecuada y cortar el brazo que resulte más sencillo, para luego seguir el procesado de ambos brazos por separado.

En el caso de los **árboles torcidos**, el principal problema (que también ocurre a veces en los bifurcados) radica en las dificultades del sistema de medición de longitudes para aplicar la clasificación automática o asistida, porque es un sistema que, generalmente, se basa en el contacto físico con la superficie del fuste. Aunque a veces haya resortes o cilindros hidráulicos auxiliares para tratar de forzar el contacto continuado entre las ruedas de medida y el tronco, en ocasiones se pierde el contacto, lo que suele hacer conveniente pasar al modo manual de medición de la longitud del tronzado.

Todo ello conlleva que el procesado de árboles torcidos o bifurcados, ya de por sí de menor valor que los rectos, tenga una **productividad menor**, lo que justifica su eliminación, si fuera posible, en las cortas selectivas, al menos si el destino final de la madera exige cierta calidad

Además, tanto en el caso de árboles torcidos como bifurcados, **si se trata de madera de cierta calidad**, puede ser conveniente sanear durante el procesado, eliminando las secciones muy torcidas o en que la bifurcación provoque cambios bruscos de sección de la troza, lo que exige el control manual.

Por otro lado, los árboles extremadamente torcidos pueden resultar deficientemente desramados o reaccionar violentamente al empuje del sistema de alimentación, llegando a dañar al cabezal o a salir despedidos en algún caso hacia la cabina. En caso de que se prevea este riesgo, puede necesitarse ralentizar la operación, e incluso depositar el árbol en el suelo para volver a procesarlo desde una mejor posición.

Otro efecto del posible desramado deficiente es que sea necesario reiterar la operación, volviendo a repasar el corte con las cuchillas desramadoras sobre muñones de ramas ya cortadas, lo que obliga a invertir el sentido de giro de los rodillos de alimentación. Aunque los sistemas más modernos compensan de algún modo esta reiteración cuando se produce, también puede dar lugar a errores de medida que vuelvan a hacer aconsejable el modo manual, y desde luego hacen perder eficiencia a la operación de procesado mecanizado.

3.3.6. Apilado y clasificación: sistemas de trabajo

3.3.6.1. Calidades de la madera

La calidad de la madera está relacionada, por un lado, con sus dimensiones (en general, es mayor para dimensiones mayores) y por otro con la ausencia de defectos.

Es fundamental llevar a cabo un procesado mecanizado que permita **valorizar al máximo las trozas** obtenidas (mediante un tronzado óptimo y, en su caso, un saneado de los defectos puntuales como nudos prominentes, negros o saltadizos, puntos de bifurcación, etc.) y que permita su apilado en pilas —o, en su caso, piezas sueltas— de calidad homogénea, de forma que puedan ser extraídas por los tractores autocargadores —u otros medios de saca— de forma separada en función de sus calidades o destinos.

Las calidades son importantes porque se relacionan con el destino en diferentes industrias que, en función de las exigencias que impone el uso final pagan, precios muy diferentes

Destinos de calidad serían, ejemplo, la carpintería para puertas o ventanas, o la madera de calidad para rechapar muebles. Destinos de mucha menor calidad serían la madera auxiliar de construcción –encontrados, por ejemplo– o la madera para triturar que se usa en la fabricación de tableros de partículas.

Una idea general de las exigencias dimensionales sobre las piezas se presenta en la tabla 3.1, que muestra también unos precios orientativos que dan una idea de la capacidad de valorización de productos que se puede obtener de un cuidadoso tronzado, que respete las dimensiones de longitud, saneando a la vez los defectos que, como se verá a continuación, impiden o permiten el uso por una determinada industria.

Es importante indicar que las dimensiones de las trozas pueden mantenerse como tales o en forma de **múltiplos** de las mismas, con un cierto margen. Por ejemplo, la longitud mínima de 2,6 m para chapa puede buscarse en trozas de 5,30 m, es decir, la longitud doble, más un cierto margen para el tronzado.

Industria	Exigencias			Precio orientativo (España) €/m ³	
	Øm (cm)	Lm (m)	Clase	Coníferas	Fronchosas
Chapa vista	45	2,6	A	240-500	330-580
Tablero contrachapado (entre paréntesis, chopo)	45 (30)	2,6 (1,2)	A-B	75-80	65-90
Aserrío carpintería y mueble	25	2,4	B	85-100	250-300
Aserrío construcción auxiliar	20	2,4	C	55-60	
Aserrío envases y palets	15	2	C	48-52	
Postes	10-30	6	B	50	
Estacas y cercas	12,5-7,5	1,5	B	50	
Tableros de partículas y fibras	6	2	D	30	50
Pasta celulósica	6	2	D	35	25-50
Xiloenergética	Sin límites			El precio está subvencionado*	

* El precio que ofrece la industria de la xiloenergética tiene, en muchas ocasiones, una subvención en España que hace que su valor no se corresponda con el que realmente se pudiera pagar

Tabla 3.1. Exigencias dimensionales de las diferentes industrias forestales de primera transformación

Obsérvese en la citada Tabla 3.1 cómo **las diferencias entre los precios** de la madera en rollo en fábrica son sustanciosas, de tal modo que el tronzado cuidadoso que aproveche la

máxima cantidad de madera para los usos más valiosos puede ser la clave de la rentabilidad del conjunto del aprovechamiento.

En la tabla 3.2 se señalan las exigencias de esas mismas industrias en calidad o, mejor dicho, **presencia de defectos**. No obstante, la calidad se debe referir siempre a la especie o grupo de especies de que se trate. Hay, a tal efecto, normas (clasificaciones) de calidad de madera en rollo de coníferas, clasificaciones más afinadas, que tienen en cuenta la anchura de los anillos de crecimiento –el grano– para las diferentes especies de coníferas, y también clasificaciones o normas, a menudo a escala europea, sobre la calidad de madera de las especies de frondosas (haya, roble, chopo, fresno, arce...).

De acuerdo con ello, una pieza de madera que cumpla las exigencias dimensionales de una industria que pague un precio elevado por ella, puede no cumplir sus especificaciones en lo relativo a presencia de defectos, por lo que una decisión de tronzado en que se elimine un defecto (saneado) puede dar mucho **valor añadido** a la clasificación en relación con un tronzado automático que solo tuviese en cuenta la longitud o grosor de la pieza.

Este tipo de tronzado asociado a la clasificación para distintos destinos se realizaba tradicionalmente en el parque de almacenamiento o de fábrica, donde podía ser cuidadoso, después de la extracción y transporte del fuste entero, pero la extensión del sistema de madera corta, larga o a longitud variable (madera tronzada) que se ha asociado a la mecanización del apeo y procesado y al uso de autocargadores para el desembosque, ha llevado a que el responsable de este tronzado de consecuencias tan importantes sobre el valor del producto sea el maquinista de la cosechadora.

DESTINO	Curvatura del fuste	Conicidad del fuste	Nudos	Fendas o acebolladura	Picaduras (ataques perforadores)	Azulado	Pudrición
Apeas	No	No	Pocos	Pocas	No	Poco	No
Cercas	Escasa	Escasa	Pocos	Pocas	Pocas	Poco	No
Postes	No	No	Escasos	Escasas	No	Escaso	No
Tableros	Sí	Sí	Admisibles	Sí	Sí	Sí	No
Pasta	Sí	Sí	Admisibles	Sí	Sí	Sí	Sí
Aserrado	Escasa	Escasa	Escasos	Escasas	No	Escaso	No
Desenrollo	Muy escasa	Muy escasa	Escasos	Escasas	No	Escaso	No
Chapa plana	No	No	No	No	No	No	No
Xiloenergética	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Tabla 3.2. Exigencias en cuanto a los principales defectos de la madera de las diferentes industrias forestales de primera transformación

La importancia del maquinista en esta toma de decisiones asociada al tronzado y clasificación –y al futuro valor de los productos en función de su habilidad– ha hecho que se lleven a cabo **programas de entrenamiento específicos** en cada zona de trabajo (en función de los requerimientos de las industrias concretas cercanas), mientras los fabricantes de las máquinas proporcionan programas de tronzado flexibles que, tras ser programados en función de

las características concretas del mercado local, proporcionan una asistencia automática o semiautomática al maquinista, basándose en el propio sistema de medición de diámetros y longitudes de la cosechadora (que se tratará con detalle en el apartado correspondiente) y en una matriz de instrucciones incluyendo los precios de los productos y sus cantidades demandadas en función de sus dimensiones.

Para elaborar esos archivos que sirven de base a los procedimientos de optimización del tronzado, los fabricantes de máquinas han desarrollado un estándar llamado **StanForD** para la transmisión homogénea de datos entre la compañía de suministro de madera que define las cantidades y precios de los distintos tamaños de trozas y la propia cosechadora y su maquinista, basándose en un formato de archivo estandarizado conocido como APT.

A su vez, los fabricantes de maquinaria han desarrollado cada uno su propio *software* y formatos de documentos para procesar esos archivos APT y optimizar el tronzado (o sugerir al maquinista las mejores alternativas), como por ejemplo el programa *SilviA™*, cuyo desarrollo ha sido liderado por *Komatsu Forest*, o los programas integrados en la interfaz *TimberMatic™*, desarrollada por *John Deere*.

La base de estos programas son dos matrices o tablas llamadas **Matriz de Valor** y **Matriz de Demanda**. En la primera de ellas, también conocida como *Tabla de Precios* (Figura 3.58), para cada especie y principal destino de la producción (por ejemplo, para pino resinero y destino sierra de embalaje, o para pino silvestre y destino chapa), y para cada par de dimensiones de una posible troza (esto es, para cada dos valores de longitud de troza y diámetro en punta delgada o diámetro medio), se obtiene un precio unitario –por ejemplo, por metro cúbico con corteza.

D, mm	370	430	460	490	370	550	580	610	Longitud, cm
155									
160	155	233	235	237	237	237	235	235	
170	150	218	220	222	222	222	220	220	
160	150	218	220	222	222	222	220	220	
200	150	218	220	222	222	222	220	220	
220		218	220	222	222	222	220	220	
240		218	220	222	222	222	220	220	
260		218	220	222	222	222	220	220	
280		218	220	222	222	222	220	220	
260		218	220	222	222	222	220	220	
220		218	220	222	222	222	220	220	
240		218	220	222	222	222	220	220	
360		218	220	222	222	222	220	220	
380		218	220	222	222	222	220	220	
400									

Figura 3.58. Ejemplo de *Matriz de Valores* o *Tabla de Precios* para una especie y destino, una de las bases de los sistemas de optimización del tronzado con cosechadora

En cada matriz, esto es, para cada especie y destino, los valores de posibles precios oscilan un $\pm 10\text{-}20\%$, y los precios para los distintos destinos para una determinada especie no se deberían solapar. Por poner un ejemplo, los rangos de precios de la tabla o matriz para una determinada especie, para sierra de calidad, podrían oscilar entre 180 y 220, mientras que los rangos de precios de la matriz de esa misma especie para chapa podrían oscilar entre 270 y 330, y los de trituration entre 28 y 32, frente a los de sierra de embalaje, que oscilarían entre 45 y 55, y los de sierra de construcción, que podrían variar, también por ejemplo, entre 59 y 71, con lo que no habría solapamiento entre esas matrices de valor para esa especie y los diferentes destinos de su madera.

Además, una Matriz de Demanda o Tabla de Objetivos señala, para cada combinación de diámetro y longitud, la cantidad relativa (por ejemplo, en porcentaje) que el consumidor –la empresa de suministro de madera que ha contratado la cosechadora, por ejemplo– requiere.

La **tendencia actual** es, dado que la distribución de diámetros en cada corta condiciona las cantidades de distintos grosores que existen (es decir, no tiene sentido decir a través de esa tabla que se quiere un porcentaje de trozas de diámetro de 40 cm si el árbol más grueso tiene 35), es definir el porcentaje de trozas de una cierta longitud que se requieren o demandan para cada clase diamétrica de las existentes en el lote de corta (Figura 3.59).

D, mm	370	430	460	490	370	550	580	610	Longitud, cm
155									
160	4	10	11	25	10	20	10	10	
170	4	10	11	25	10	20	10	10	
160	4	10	11	25	10	20	10	10	
200		13	13	25	13	25	5	6	
220		10	12	18	20	25	5	10	
240		10	10	15	20	25	5	10	
200		10	10	15	20	25	5	10	
200		10	10	15	20	25	5	10	
200		10	10	15	20	25	5	10	
220		12	12	14	20	20	12	10	
240		10	20	25	25	10	5	5	
360		10	20	25	25	10	5	5	
380		10	20	25	25	10	5	5	
400									

Figura 3.59. Ejemplo de Matriz de Demanda o Tabla de Objetivos para una especie y destino, una de las bases de los sistemas de optimización del tronzado con cosechadora

El procedimiento de cálculo se debe basar también en un cierto conocimiento del perfil de los troncos en el lote de corta en que se trabaja, que puede estar desde el principio almacenado por defecto como parte del programa. Es conveniente corregirlo con los valores reales que se encuentren en los fustes que se van procesando. La definición de funciones de perfil de los troncos que se procesan, requiere con frecuencia procedimientos de calibración de

los sistemas de medida de la cosechadora, para comparar los valores registrados por los sensores con otros valores reales medidos por el maquinista u otro técnico especializado. Estos procedimientos se tratarán en apartados posteriores sobre la medida de la producción.

Por otro lado, algo similar ocurre con las matrices de demanda; inicialmente, la máquina solo puede optimizar con un **criterio de valor** (por ejemplo, el primer árbol de un lote se tronzará de modo que sus trozas tengan el máximo valor posible), y el objetivo de alcanzar, para cada diámetro, un cierto porcentaje de las distintas longitudes, solo se podrá ir ajustando sobre la marcha, cuando ya se lleva una cierta cantidad de árboles procesados.

Estos programas solamente resultan, a menudo, orientativos para el maquinista, dado que no tienen en cuenta muchos criterios relacionados con la calidad (presencia de defectos, por ejemplo). En ese sentido, los programas de asistencia para la optimización del tronzado funcionarán mejor cuanto más homogénea sea la madera y menos defectos tenga.

Estos objetivos complejos y que se deben ir ajustando con el tiempo exigen programas también complicados, que a menudo han sido desarrollados para los mercados de los países nórdicos, y que deberían adaptarse a las condiciones de otros mercados bien distintos, como el español, donde resultan complicados de usar a menudo, al menos tal y como han sido definidos en origen.

3.3.6.2. Distribución de las pilas

Uno de los criterios más condicionantes a la hora de llevar a cabo el apilado es que cada tipo de producto (cada destino de troza) debe apilarse en las mismas pilas, para facilitar su desembarque y transporte por separado durante el resto del proceso, y muy especialmente si hay grandes diferencias de longitud entre productos, pues tanto en su desembarque como durante su transporte puede convenir tratar las pilas de distinta longitud de forma diferente (apilado longitudinal, transversal o mixto en el autocargador, distintas formas de carga en diferentes tipos de camiones, etc.).

Tradicionalmente, las pilas se han formado a **borde de calle**, lo que es muy lógico si hay varios tipos de producto (lo que obliga a producir trozas para diferentes pilas a partir de un mismo árbol y, ya que hay que agruparlas por sus destinos, se forman las pilas cerca de donde deberán ser cargadas, en el borde de las calles del autocargador), o si el peso de la corta es ligero y la masa residual es densa, para evitar que la grúa del vehículo de carga tenga que maniobrar mucho, con riesgo de producir daños en los pies remanentes. Es la situación que se refleja en la Figura 3.60, similar a la que se ha descrito como caso general al hablar de la planificación del trabajo.

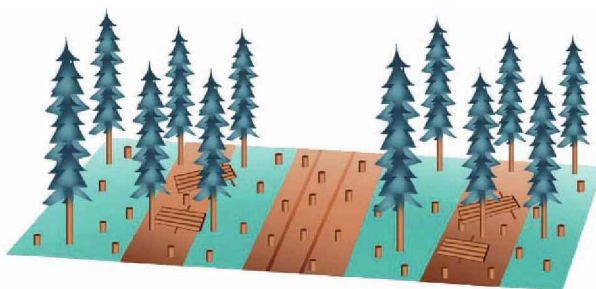


Figura 3.60. Esquema del apilado de diferentes tipos de pilas a borde de calle, cuando hay muchos tipos de producto, masa residual densa y/o tractor de desembarque con grúa de poco alcance

No obstante, cuando no se dan estas circunstancias (es decir, cuando hay un número razonablemente pequeño de productos y la masa remanente no es muy espesa), y siempre que el vehículo de desembosque tenga una **grúa rápida y de suficiente alcance**, la tendencia en los países nórdicos es a formar las pilas por todo el área de corta, de modo que se ahorre tiempo a la cosechadora

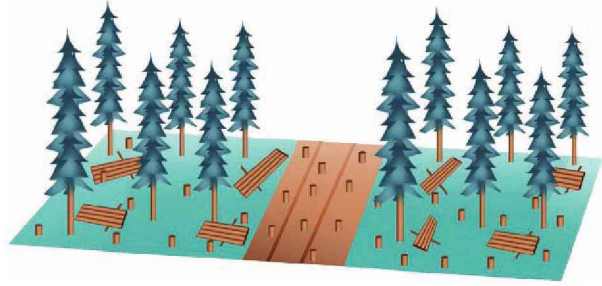


Figura 3.61. Esquema del apilado de diferentes tipos de pilas en el área de corta, cuando no hay muchos tipos de producto, masa residual poco densa y tractor de desembosque con grúa de cierto alcance

aunque tenga que dedicar un poco más de tiempo a la carga del tractor de desembosque, que suele ser una máquina más barata. La situación derivada de apilar en toda el área de corta se representa en la Figura 3.61.

En este caso, se considera que la distancia entre la pila y la calle es de menor importancia que la facilidad con que el vehículo que la debe cargar podrá acceder a ella. Debido a la forma de trabajo de las cosechadoras, lo normal es que las pilas, en cualquier caso, queden a menos de 5 metros de la calle. Un maquinista de cosechadora medianamente experimentado deberá pensar en el desembosque posterior, evitando disponer las pilas justo al lado o detrás de los árboles de la masa remanente, porque su carga podría causar heridas en esos pies. Un posible inconveniente de este sistema es que, en zonas sensibles para la compactación o la formación de rodadas (zonas de suelos blandos, pendientes, erosionables, etc.) no es tan eficaz como la alternativa tradicional para concentrar los restos en el centro de las calles de desembosque.

Otro posible problema derivado de la **multiplicidad de productos** (y, por tanto, de categorías diferentes de pilas) es el riesgo de confusión por parte del maquinista del vehículo de saca al cargar dichas pilas. Una opción, posible en los más modernos cabezales cosechadores, es pintar con diferentes colores las testas de las trozas en las pilas que corresponden a las diferentes categorías de productos.

Los modernos cabezales están equipados, al menos opcionalmente, con aplicadores de pintura, y también con aplicadores de productos fitosanitarios (urea, en el caso más común) para aplicar sobre los tocones, lo que es necesario en algunas especies como el abeto rojo en el centro y norte de Europa.

3.3.6.3. Características y consideraciones sobre restos de corta

Como se ha señalado en la Primera Parte, el procedimiento tradicional de actuación con respecto a las **ramas y rabezones** que no se aprovechaban en las cortas es considerarlos como un residuo, pero cuyo papel podía consistir en servir como colchón amortiguador de los posibles efectos negativos (formación de rodadas, compactación) del tránsito de tractores por las "calles" de saca, de modo que las pilas se formaban en los bordes de las calles, y que estas quedaban cubiertas por esa biomasa. Otra posible ventaja de esa concentración de la

biomasa acordonada linealmente sobre las “calles” es que, si se prescribía la conveniencia de triturarla mediante desbrozadora, para reducir el riesgo de plagas o incendios, esa operación quedaba facilitada por esa concentración en líneas.

El interés por el posible aprovechamiento **para uso energético** de esas ramas y rabeones, que es especialmente interesante cuando la cantidad de biomasa “residual” por hectárea es grande (30, 40 o más toneladas verdes por hectárea), puede recomendar que no se proceda de esa manera. En ese caso, si la reducida erosionabilidad o fragilidad de los suelos permite prescindir del papel protector de las ramas y rabeones sobre los mismos, resulta más interesante apilar la biomasa en cordones o montones en el borde de las calles, de manera que su recogida por los tractores de desembosque sea más fácil y que su calidad, al no resultar aplastados y mezclados con tierra o barro, sea mucho mejor desde el punto de vista de su futuro uso como combustible.

En la primera parte ya se han considerado algunos sistemas de trabajo que permiten dejar las ramas y copas amontonadas en el borde de las calles, si bien se ha indicado también que **la productividad** en madera de las cosechadoras es más reducida si se debe manipular adicionalmente esta biomasa.

Dos posibles sistemas, denominados **técnicas unilateral o bilateral de apilado en cortas de regeneración**, en que la biomasa queda amontonada fuera de la trayectoria de la propia cosechadora y del tractor de desembosque que actúa a continuación, se ilustran en la Figura 3.62.

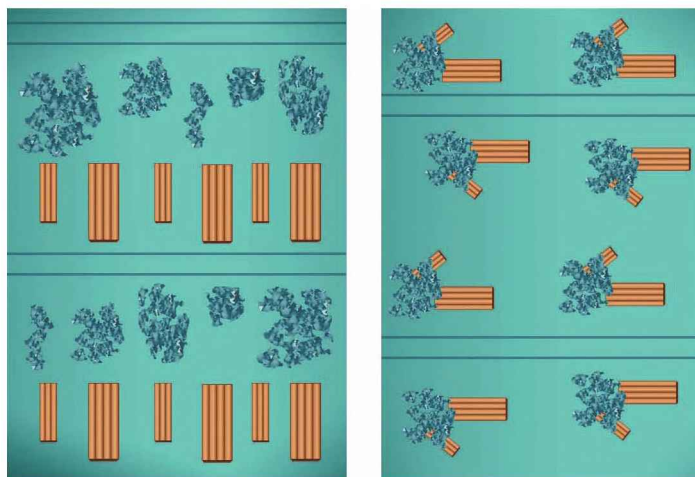


Figura 3.62. Alternativas de apilado bilateral y unilateral de madera y biomasa para el aprovechamiento conjunto de ambos productos en cortas de regeneración

En cortas parciales, se ha ensayado la posibilidad de apilar en el lateral de las calles, frente a la alternativa de proceder del modo habitual y apilar las ramas y copas en grandes montones por medio de un *bulldozer* de tamaño medio. Esta última posibilidad resulta ventajosa desde el punto de vista del balance económico por hectárea de las operaciones de aprovechamiento de madera y biomasa, si bien la calidad de la biomasa es lógicamente peor, al tener un mayor contenido en impurezas (tierra y piedras).

3.3.7. Planificación y cuantificación de la producción

Hoy en día, el control del volumen producido por la cosechadora se basa en su **sistema automático de medición**. El sistema de medición integrado en las cosechadoras tiene grandes ventajas, permitiendo tanto la valoración del propio trabajo como la logística adecuada en el manejo de cargaderos y flujos de transporte lo más acordes posible con la demanda. En teoría, este sistema permitiría pactar un método para la valoración de la madera en pie, a partir de los precios en fábrica, si el mercado fuese suficientemente transparente. Todas estas aplicaciones podrían abaratar el suministro, haciendo más competitiva la producción y permitiendo una mejor retribución de todos los eslabones de la cadena.

El sistema de medición integrado en la cosechadora consiste en sensores de medición, un ordenador que controla el proceso de medida y dispositivos auxiliares –almacenamiento de datos, impresión de informes...– y de control –pantalla interactiva–, y una red interna de comunicaciones, conocida frecuentemente como CAN (*Control Area Network*) que une todos esos elementos.



Figura 3.63. Rodillo de medición de la longitud en un cabezal cosechador (se trata de la delgada rueda dentada en el centro de la foto)

Aunque los dispositivos de medida sin contacto con el fuste (por ejemplo, dispositivos ópticos) se han ensayado desde principios de los 80 del pasado siglo XX, lo más común es que los sensores que miden el diámetro y la longitud de las piezas sean componentes de la máquina que están en contacto físico con el tronco. Las medidas de longitud se obtienen por medio de un rodillo giratorio o rueda dentada que se localiza en el almacén estructural del cabezal, y que, por medio de un sensor óptico o de inducción, transmite al sistema de control un número de pulsos que este convierte en la longitud del tronco que va atravesando el cabezal durante el proceso de su desrame (Figura 3.63).

Los diámetros se miden mediante unos sensores que se encuentran en los rodillos de alimentación o en las cuchillas de desramado, por medio de un resistor eléctrico llamado potenciómetro angular, cuyo valor de resistencia transmitido al sistema de control se convierte en diámetro (normalmente, se calcula el diámetro como media de dos valores de mediciones perpendiculares).

El **diámetro** que finalmente se transmite al sistema de control y se utiliza para los cálculos del volumen es un valor filtrado a través de un mecanismo de calibración, que parte de ciertas asunciones previas (por ejemplo, que el diámetro decrece hacia la punta o que se deben “suavizar” los escalones bruscos de diámetros debidos a la presencia de nudos o bifurcaciones) y del resultado de procesos físicos de calibración, que se deben llevar a cabo periódica-

mente por el operario usando tubos de dimensiones conocidas como estándares, o llevando a cabo mediciones paralelas de uno o varios troncos recién medidos (llamados “árboles de calibración”) con una forcípula registradora, e introduciéndolos en el programa de calibración para que compare y corrija los valores ofrecidos por el sistema de medición, como se ilustra en la Figura 3.64. Esta calibración es muy importante si se van a utilizar los programas que optimizan automáticamente –o sugieren al operario dónde producir los cortes de tronzado para esta optimización– de los que se ha tratado en apartados precedentes.

CALIBRACIÓN CON FORCÍPULA ELECTRONICA

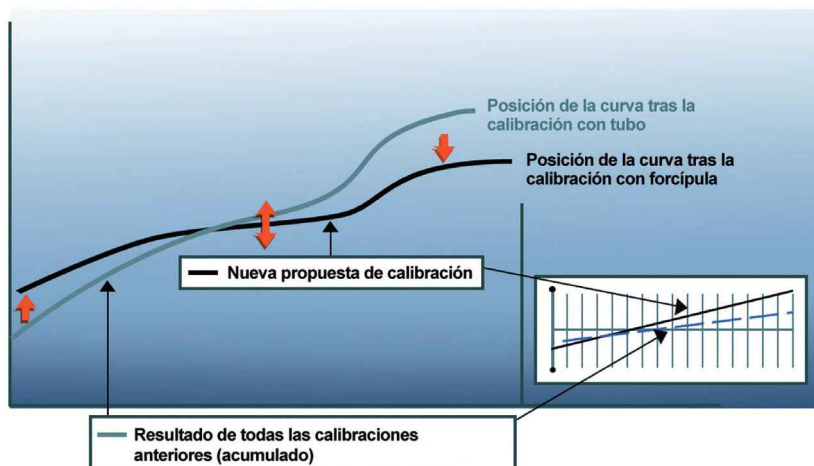


Figura 3.64. Ejemplo de calibración de la curva de perfil de un tronco, midiendo con forcípula electrónica uno o varios “árboles de calibración” (adaptado de Komatsu)

El **volumen** se calcula en secciones cada normalmente no más de 10 cm, empleando fórmulas del volumen del cilindro o del cono truncado. El sistema de control de la cosechadora crea un fichero de producción (archivo PRD), con información del volumen de cada troza, pudiendo crear un fichero de perfil con las mediciones detalladas correspondientes a cada pieza –por ejemplo, los diámetros cada 10 cm–, en los llamados ficheros STM.

3.3.8. Modalidades más comunes de uso de cosechadoras en España

En el aprovechamiento de madera y/o biomasa en España, las cosechadoras convencionales suelen trabajar de las siguientes formas:

- **Corta y procesamiento entrando en el monte.** Es característica tanto de **cortas selectivas** de madera de pequeñas dimensiones (las llamadas “entresacas” o claras, sobre todo en pinares, en que se busca seleccionar árboles de buenas condiciones para el futuro desarrollo de la masa forestal), como de **cortas de regeneración**, en ambos casos en montes sin demasiadas dificultades por la pendiente o escabrosidad. El último tipo de corta afecta a masas maduras y en ellas se cortan la mayor parte de los

árboles o su totalidad, para que la masa se regenere después, sea de forma natural (por semilla o rebrote) o artificial, generalmente por plantación.

En ambos casos, la cosechadora se desplaza, saliendo de las carreteras o pistas forestales y entrando en el monte, desplazándose en líneas paralelas conocidas como “calles”, que cuando hay pendiente se trazan en la línea de máxima pendiente. Desde estas trayectorias o corredores, la cosechadora aproxima por medio de la grúa el cabezal a los árboles a cortar, los abate, procesa y apila.

En el caso de las **cortas de regeneración**, las calles pueden estar próximas, dado que no hay o hay pocos árboles remanentes –que se deban dejar “en pie”– y el trabajo es más sencillo, aunque puede haber complicaciones debidas al mayor tamaño de los árboles (Figuras 3.65 y 3.66).



Figuras 3.65 y 3.66. Trabajo de una cosechadora en calles próximas en una corta de regeneración

Una modalidad, frecuente en el caso del eucalipto, consiste en que un motoserrista apea los árboles y la cosechadora se limite a procesarlos y apilarlos. Esta modalidad tiene su justificación en los casos en que la pendiente dificulta el apeo mecanizado, y el motoserrista resulta más barato que la máquina en esta fase de apeo, que puede llevar a cabo con mucha rapidez. No obstante, dadas las ventajas de la mecanización, es conveniente no convertir esta práctica en algo generalizado, excepto en los casos en que la ventaja en términos de costes sea completamente clara.

En el caso de las **cortas selectivas o “entresacas”**, las calles deben abrirse por la propia cosechadora, que corta árboles en líneas, abriendo estas calles o corredores cada 15 a 20 metros (el doble del alcance de la grúa, para poder llevar a cabo la corta selectiva en la masa que se queda en las “entrecalles”). Este trabajo es más complejo, porque hay que seleccionar los árboles a cortar con un cierto criterio y porque hay que manipular estos árboles, para su procesado, cuidadosamente para no dañar a los árboles que quedan en pie (masa remanente). Un ejemplo de la disposición de estas calles y como se apoyan en los caminos o pistas forestales se aprecia en la Figura 3.67.

En este caso de cortas selectivas, es importante controlar, de acuerdo con las instrucciones de la propiedad o de los gestores técnicos, la densidad en que debe quedar la masa remanente. Un truco sencillo es contar los árboles que van quedando, desde

una posición de parada de la cosechadora, en el círculo delimitado por el alcance de la grúa, un criterio especialmente útil en terreno suave, en que se puede aprovechar al máximo ese alcance y la pendiente no distorsiona el cálculo de la superficie.



Figura 3.67. “Calles” de cosechadora verticales, apoyadas en una pista casi horizontal en una corta selectiva (clara o “entresaca”)

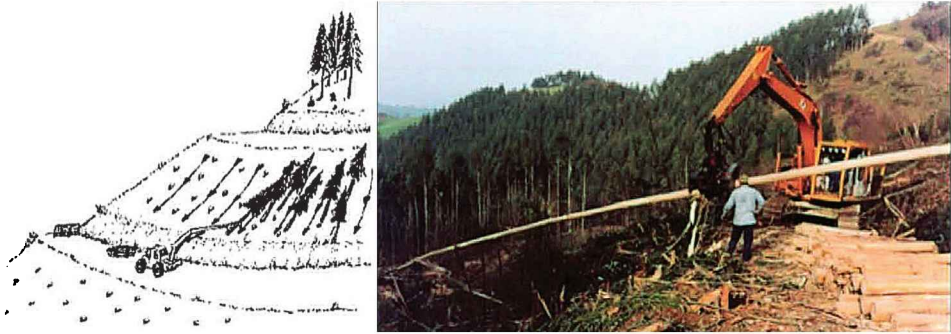
Por ejemplo, si deben quedar 800 pies por hectárea, en el círculo definido por el alcance de una grúa de 8.5 m deberían quedar, en terreno llano o suave:

$$800 \times (3,14 \times (8,5^2))/10.000 = 18 \text{ árboles}$$

Además, por supuesto, habrá que seguir los criterios de selección indicados, como eliminar los árboles más pequeños o defectuosos, procurar que no queden árboles excesivamente cerca unos de otros, etc.

- **Procesado en pista o cargadero de árboles completos** extraídos por otros medios. En lugares con mucha pendiente, las cosechadoras trabajan con frecuencia como procesadoras, solamente en las pistas, puesto que no es segura su entrada al monte. En España, es el caso del eucalipto y de algunos pinares, en que los árboles se hacen llegar hasta pistas de desembosque (camino de saca temporales bastante próximos, entre algo menos de 40 y poco más de 50 metros) por deslizamiento hasta pista por parte de los mismos motoserrietas que los cortan, o por cableo hasta la misma pista por medio de un vehículo equipado con cabrestante, enganchando los árboles que han sido previamente cortados con motosierra. En el caso del eucalipto en España, es común que se trabaje con cabezales cosechadores acoplados a las grúas de retroexcavadoras giratorias.

En otros casos, en cortas de regeneración en montaña donde las pistas no se pueden abrir tan próximas, los pies de cierto tamaño se concentran en pista o cargadero por arrastre con *skidder* o con cable aéreo. Se muestran algunas figuras de trabajo con cosechadoras en pista en las Figuras 3.68 y 3.69, referidas al eucalipto, y en las figuras 3.70 y 3.71, sobre cortas de regeneración de pinares.



Figuras 3.68 y 3.69. Utilización de cosechadoras trabajando como procesadoras –desde pista– en eucalipto



Figuras 3.70 y 3.71. Cableo de pinos enteros hasta pista y uso de cosechadoras para su procesado en pista

3.4. SEGURIDAD Y SALUD

3.4.1. Evaluación de riesgos y medidas preventivas a adoptar en seguridad y salud

A la hora de realizar el mantenimiento de las cosechadoras, es imprescindible saber cuáles son las medidas preventivas para mejorar la seguridad y salud en el manejo de las cosechadoras forestales.

- El manual de cada máquina contiene una serie de **recomendaciones específicas** de seguridad que es preciso conocer en profundidad antes de iniciar el mantenimiento.
- De acuerdo con la legislación, cada empresa debe contar con un **Plan de Prevención de Riesgos Laborales**, basado en un Estudio Inicial de Riesgos que se efectúa para cada puesto de trabajo, y que debe revisarse o renovarse cuando cambian las condiciones de realización de la tarea de trabajo o las condiciones del trabajador.
- Es **obligación del empresario** elaborar y dar a conocer a los trabajadores esos documentos, y es **obligación de los trabajadores** conocerlos y cumplirlos.
- Es obligación, asimismo, de los empresarios, proporcionar a los trabajadores los **EPIs** adecuados a los trabajos que deben desarrollar, siendo obligación legal del trabajador usar estos **equipos de protección individual** y mantenerlos adecuadamente.



Figura 3.72. Trabajadores situados en las cercanías de un tractor forestal. Obsérvese su equipamiento

- En cada lugar de trabajo (o “Centro de Trabajo”, cuya apertura se debe comunicar, a la autoridad laboral competente) debe existir un **plan de emergencia**, que incluya procedimientos de comunicación, rutas de evacuación, contacto y acceso a centros de asistencia a posibles accidentados, etc.
- Si se produce un **accidente** o incidente de seguridad, se debe elaborar el correspondiente parte. Si se trata de un accidente, este parte detallado se debe comunicar en un plazo muy breve a la autoridad laboral, considerándose la omisión de esta

obligación una falta muy grave desde el punto de vista administrativo, sin perjuicio de las posibles actuaciones penales.

- Si concurren varias empresas en el mismo Centro de Trabajo, debe elaborarse un **Plan de Coordinación** que implique, cuando menos, el conocimiento mutuo de sus Planes de Prevención, y la planificación de medidas de coordinación que faciliten el cumplimiento de cada uno de los planes de las distintas empresas, ninguna de las cuales debe interferir negativamente en el cumplimiento de los planes de las otras que concurren en el lugar de trabajo.

Se conoce como **cultura preventiva** la capacidad de la empresa y de cada trabajador de integrar en sus procedimientos y prioridades de organización del trabajo la prevención de riesgos laborales, y constituye hoy en día una obligación para ambos

Es muy importante que esta cultura preventiva se interiorice en los procedimientos habituales de cada empresa, y no se externalice, delegando las responsabilidades en Servicios de Prevención ajenos, si es que ello convierte la acción preventiva en mera burocracia (simple papeleo sin implicaciones en la práctica diaria).

Se proporciona a continuación un listado de medidas genéricas:

- Las cosechadoras forestales que trabajen en países de la Unión Europea deben disponer de la **Declaración de Conformidad CE**, que implica que se cumplen estándares de seguridad. Por ejemplo, en el diseño de la cabina cumple los estándares antivuelco, contra la caída de objetos y de protección del operario que se conocen por sus siglas inglesas ROPS, FOPS y OPS.
- Es fundamental que los operarios que trabajen con la cosechadora, tanto en su mantenimiento como en reparaciones, hayan recibido la adecuada formación específica, y que observen todas las **recomendaciones de seguridad** incluidas por cada fabricante en sus Manuales de Operación y Mantenimiento.
- Independientemente de ello, es necesario conocer y cumplir la **legislación** en materia de riesgos laborales. En el caso español, es de aplicación tanto la normativa estatal como autonómica.
- Se deben conocer las **señales de seguridad** que están presentes en la propia máquina, reemplazando las señales ausentes o deterioradas.
- Hay que estar preparado para posibles emergencias, contando con un **medio de comunicación operativo** (portéfono, teléfono móvil con cobertura al menos para el número de emergencia, etc.), disponiendo de un botiquín de primeros auxilios que se debe controlar periódicamente para reponer los elementos caducados o consumidos. También es preciso que los usuarios de la cosechadora tengan conocimientos contrastados sobre el uso del botiquín y las prácticas de primeros auxilios.
- La cosechadora debe contar con **al menos un extintor**. El encargado del mantenimiento debe conocer el uso del extintor de forma acreditada y controlar las fechas de **revisiones periódicas** del mismo.

La mayor parte de los accidentes que se producen en el aprovechamiento mecanizado están relacionados con las tareas de **mantenimiento** de las máquinas y con las labores extraordinarias. Para estas tareas, se deben conocer los procedimientos de trabajo seguros y usar los equipos de protección individual

- El responsable de mantenimiento de la máquina debe tener **formación** adecuada y no trabajar nunca bajo los efectos del alcohol o las drogas. Tampoco se debe realizar el mantenimiento en condiciones de **fatiga** o enfermedad.
- La máquina debe cumplir la normativa (RD 1215/1997) en cuanto a señalización acústica de marcha atrás y señalización visual en caso de utilización de vías públicas.
- Se deben evitar los puntos con riesgo de aplastamiento. Está terminantemente prohibido situarse entre las cuchillas de desramado o los rodillos de alimentación, o delante de la espada de la sierra si el motor de la cosechadora está en marcha.
- El mantenimiento se debe realizar sobre una **superficie nivelada**, con el cabezal apoyado en el suelo, la dirección bloqueada para fijar la articulación central y el freno de estacionamiento accionado. Si existen dudas sobre el funcionamiento de los frenos, la máquina se debe calzar. Salvo que la labor de mantenimiento requiera que el motor esté en marcha, hay que desconectarlo. En caso de motor en marcha, nunca se debe dejar la cosechadora sin vigilancia.
- Para el mantenimiento se deben utilizar **prendas ceñidas**, evitando el pelo largo suelto, la ropa holgada y los colgantes que puedan engancharse. Se deben usar los EPIs que requiera cada operación, que se deberá realizar además con las herramientas adecuadas y en las condiciones de iluminación correctas.
- Si se debe elevar la máquina, solo se deben utilizar equipos de elevación adecuados, recomendados por el fabricante. Nunca se debe trabajar debajo de una máquina que esté apoyada únicamente en un gato.



Figura 3.73. Operario fumando durante el repostaje de un tractor forestal

3.4.2. Normas de seguridad en el mantenimiento y la reparación

3.4.2.1. Principales riesgos

Buena parte de los accidentes que se producen durante las operaciones de mantenimiento de las cosechadoras forestales surgen por no observar correctamente las **normas de seguridad** básicas. La prevención de un accidente exige prever las situaciones peligrosas.

Es imprescindible disponer de un **equipo de herramienta** completo y adecuado, así como estar en posesión de la formación precisa para realizar el mantenimiento. El incumplimiento de estos preceptos suele provocar lesiones o accidentes fatales, por lo que es obligatorio leer todas las **advertencias** y precauciones referentes a seguridad y cerciorarse de haberlas comprendido en sus términos correctos antes de hacer el mantenimiento o reparar una cosechadora.

La mayoría de los manuales de mantenimiento suelen incluir **avisos** específicos sobre normas de seguridad durante las operaciones. Existen diferentes fórmulas para editar estos avisos en los manuales, siendo la más común un triángulo con un signo de peligro dentro.

Habitualmente se incluye un texto que detalla la advertencia de seguridad anexa, bien en forma escrita o bien en forma ilustrada. Sin embargo, ningún fabricante es capaz de prever todas las circunstancias peligrosas que se derivan del mantenimiento y reparación de maquinaria, por lo que es obligación del responsable del mantenimiento asegurarse de que las operaciones no generen peligro para nadie.

En diferentes lugares de las cosechadoras se colocan también **señales** de advertencia o peligro. Una primera actuación preventiva del responsable de mantenimiento es asegurarse periódicamente de que todas estas señales se pueden distinguir sin problema. Para ello, debe:

- Limpiar o reemplazar aquellas que no se distinguen correctamente.
- Utilizar agua y jabón, evitando los disolventes o productos que puedan representar peligro.
- Cuando se sustituyan piezas que lleven este tipo de señales, asegurarse de que la nueva pieza a colocar tenga una etiqueta igual. De no ser así, hay que solicitarla al distribuidor de la cosechadora.



Figura 3.74. Principales avisos de peligro

Al iniciar la reparación o el mantenimiento de una cosechadora, debe colocarse en sitio visible una etiqueta o señal de “**NO OPERAR**”, “**NO ENCENDER**” o “**NO UTILIZAR**”. Lo recomendable es colocar esta señal en los controles de encendido. Habitualmente, los distribuidores de maquinaria también disponen de estas etiquetas.

En general, el mantenimiento o reparación de una cosechadora exige que, salvo que se especifique lo contrario, las **actuaciones** se realicen:

- Con el freno de estacionamiento activado.
- Con la palanca de control de la transmisión en posición de punto muerto o “neutral”.
- Con el bloqueo del punto muerto de la transmisión activado.
- Con el motor parado.
- Con el interruptor general desconectado.
- Con la llave de la cosechadora quitada.

Siempre es recomendable, por seguridad, notificar a quienes puedan estar implicados o afectados todas las reparaciones necesarias previamente a iniciarlas

Durante las actuaciones una sola persona realizará señales o dará instrucciones, debiendo emplear signos que todos conozcan. No debe permitirse que alguien no autorizado acceda a la cosechadora o sus inmediaciones y tampoco se deben guardar útiles o líquidos de mantenimiento en envases de vidrio.

3.4.2.2. Instrucciones para evitar accidentes y daños al realizar el mantenimiento del cabezal

- No oriente la espada hacia la cabina cuando verifique o pruebe la sierra del cabezal.
- No la accione si hay personas dentro de la zona de seguridad (habitualmente, 70 metros). Recuerde que en el caso de que la cadena se rompa o se salga de su ranura, hay peligro de que la cadena o algunas de sus piezas salgan despedidas en la dirección de la espada.
- Hay que asegurarse de que la cadena de la sierra esté bien afilada.
- Afile los dientes de la cadena en el ángulo correcto, siguiendo las instrucciones del fabricante de la cadena.
- Antes de instalar una cadena de sierra nueva, sumérgjala en aceite.

Nunca instale una cadena de sierra nueva en un piñón desgastado o en una espada dañada

- Compruebe la tensión de la cadena de la sierra. Si el cabezal no dispone de un tensor de cadena automático, tense la cadena transcurridos varios usos y no en el primero.

Recuerde que una cadena demasiado tensa romperá el piñón y acortará la vida útil de la cadena.

- Controle el funcionamiento del dispositivo de lubricación de la cadena. Si la cadena no está bien lubricada aumentará la fricción, lo que desgastará la espada, el piñón y la cadena.
- Hay que asegurarse de que la cadena se desgaste igual por ambos lados.
- No utilice espadas dobladas.
- Cambie el piñón como mínimo cada 2.500 horas de uso.
- No tense la cadena si está caliente.
- El cabezal procesador tiene que estar bien fijado para que no se mueva ni se caiga durante las reparaciones y el mantenimiento.

3.4.2.3. Instrucciones para evitar accidentes y daños en las operaciones de soldadura

Para realizar trabajos de soldadura en la cosechadora deben adoptarse las siguientes **medidas** destinadas a proteger los componentes electrónicos:

- Desconectar la toma de masa de la batería de la cosechadora.
- Desconectar todas las conexiones del sistema electrónico del motor y de la bomba de inyección.
- Enganchar la pinza de masa del equipo soldador directamente en la pieza a soldar.



Figura 3.75. Equipo de soldadura

Para soldar, el **equipo de protección personal** estará compuesto por los siguientes elementos:

- Pantalla de protección de cara y ojos.
- Guantes largos de cuero.
- Mandil de cuero.
- Polainas de apertura rápida, con los pantalones por encima.
- Calzado de seguridad aislante.

3.4.2.4. Instrucciones para evitar accidentes y daños en el almacenamiento y uso de productos peligrosos

El almacenamiento **seguro** de productos peligrosos debe cumplir:

- Almacenamiento en locales separados.
- Separación suficiente de los productos almacenados.
- Las sustancias y preparados peligrosos deben ser agrupados por clases, evitando el almacenamiento conjunto de productos incompatibles.

En la maquinaria forestal, es frecuente la existencia de bombines, cilindros o recipientes con gases. En el caso de que se produjera una **fuga** en alguno de ellos cuando están almacenados en el taller o durante el mantenimiento, es necesario intervenir rápidamente, siguiendo los pasos que se indican:

- Identificar el gas.
- Aprovisionarse del equipo necesario.
- Seguir las siguientes pautas:

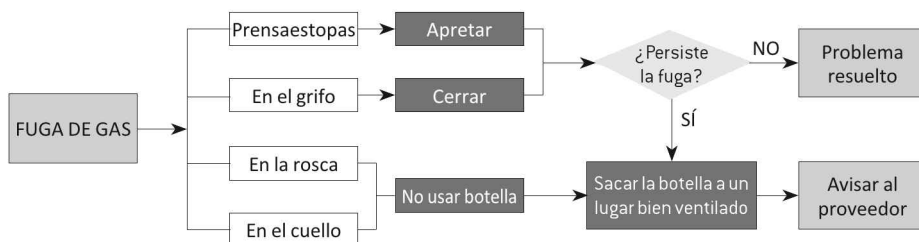


Figura 3.76. Decisiones en caso de escape de gas peligroso

3.4.2.5. Prevención de incendios o explosiones al realizar el mantenimiento de la cosechadora

Recuerde que todos los combustibles son **inflamables**. También lo son los lubricantes e incluso muchos refrigerantes. Por tanto, hay que mantener alejados de todos ellos las fuentes de calor y combustión.

Muy especialmente, se debe **tener en cuenta** lo siguiente:

- **No fumar** mientras se reposte combustible o cuando se acceda a la zona en que otros puedan repostar. Tampoco debe fumarse en áreas donde se carguen baterías o se guarden materiales inflamables.
- Tener especial cuidado al conectar **cables eléctricos** a sus polos. En concreto, dado que las baterías en serie pueden estar ubicadas en compartimentos separados, al conectar cables a estas baterías hay que asegurarse de poner siempre el positivo con el borne positivo de la batería conectada al solenoide del motor de arranque; lo mismo con el cable negativo, conectándolo al borne negativo del motor de arranque. En los casos en que el motor de arranque carezca de borne negativo, se conecta dicho cable al bloque del motor.
- Limpiar todas las conexiones eléctricas regularmente, y asegurarse de que están apretadas correctamente y de que no existen cables eléctricos **sueltos o deshilachados**. De haber alguno en estas condiciones, debe sustituirse o repararse antes de arrancar la cosechadora.

Mantener los combustibles y lubricantes protegidos e identificados en envases adecuados, evitando que estén al alcance de personal no autorizado para su manipulación

- Guardar todos los materiales inflamables en **sitio seguro**, con envases protectores e identificados. Es muy recomendable proceder de igual forma con todos los trapos con grasa que se utilicen o vayan a utilizarse.
- Quitar de las proximidades de la cosechadora todos los materiales **inflamables**, y muy especialmente el combustible y el aceite. Tampoco debe acumularse basura en la cosechadora o su entorno.
- No **soldar** con soplete ninguna tubería o conducto que contenga o pueda contener líquidos inflamables. De sospechar que existe ese material en un tubo, hay que limpiarlo bien con disolvente antes de proceder a soldarlo o cortarlo con soplete.
- No doblar ni **golpear** los tubos, conductos o latiguillos de alta presión, y en ningún caso colocar o instalar tubos similares que estén ya doblados o dañados.
- Verificar cuidadosamente el estado de estos tubos, conductos o latiguillos antes de accionar la cosechadora. Verificar que todas las piezas están apretadas con el **par recomendado**. Nunca haga estas revisiones y ajustes sin proteger adecuadamente las manos.
- La mayoría de las cosechadoras forestales presentan abrazaderas, guardas y planchas protectoras contra el calor que deben ser revisadas para verificar que su instalación es la idónea y no hay roce entre piezas, con las consiguientes vibraciones y **calentamiento** durante el trabajo. También hay protectores contra las salpicaduras de aceite y combustible por rotura de manguitos, latiguillos y tubos.
- Tener a mano y en correcto estado de funcionamiento un **extintor** y saber emplearlo. Hay que someter los extintores a revisión y mantenimiento periódico basándose en las recomendaciones habitualmente visibles en el propio extintor.

3.4.2.6. Prevención de quemaduras al realizar el mantenimiento de la cosechadora

A la temperatura de trabajo habitual, el refrigerante del motor de una cosechadora está caliente y bajo presión.

Tanto el radiador como las tuberías que van a los calentadores o al motor tienen agua caliente o vapor. Cualquier contacto con estos elementos puede producir graves quemaduras

Para evitar este riesgo, es **recomendable**:

- Verificar el nivel del refrigerante únicamente tras **parar el motor** y previa comprobación de que la tapa está lo suficientemente fría para poder tocarla con la mano.
- Aflojar lentamente la tapa del sistema de refrigeración para aliviar la presión. Se debe tener **cuidado con los líquidos** que habitualmente conforman este sistema, ya que suelen contener álcalis peligrosos.
- Esperar a que los componentes del sistema de refrigeración se **enfrien** antes de sustituirlos.
- Recordar que el aceite y otros componentes calientes pueden provocar graves lesiones, por lo que debe evitarse su **contacto con la piel**.
- Sacar la tapa del depósito hidráulico únicamente cuando el motor ya esté parado, previa comprobación de que la tapa está **fría**. Debe recordarse que a temperatura de trabajo, el depósito hidráulico está caliente y bajo presión.
- Evitar cualquier contacto del electrolito de las **baterías** con piel y ojos, ya que es un ácido con peligrosidad potencial elevada.
- Antes de desconectar o quitar cualquier tubo, tubería, latiguillo o conector, hay que **aliviar toda presión** de los sistemas de refrigeración, combustible, aceite y aire.

3.4.2.7. Seguridad con tubos y conducciones

Las palabras “tubos, latiguillos, manguitos, mangueras y conductos” identifican en la cosechadora conducciones de diferente grosor y longitud, pero a efectos de este manual son similares. Debe por tanto entenderse que las recomendaciones que se indican en referencia a una de ellas se aplican a todas.



Figura 3.77. Tubos y latiguillos de la grúa de una cosechadora

Nunca se deben doblar ni golpear los tubos de presión de la cosechadora, ni pueden instalarse tubos ya dañados o golpeados. Cualquier conducto de combustible o aceite dañado debe ser cambiado de inmediato ya que las fugas pueden provocar incendios. Jamás deben verificarse los conductos sin protegerse antes las manos. Recuerde apretar todas las uniones con el par de fuerza recomendado por el fabricante.

Cambie los tubos si detecta alguno de estos casos:

- Si están dañados o con fugas.
- Si su cubierta exterior está desgastada o cortada, o con partes metálicas visibles.
- Si la cubierta exterior parece hinchada.
- Si hay signos de que las partes flexibles se han retorcido o han sido aplastadas.
- Si en las cubiertas exteriores se detectan encajadas piezas de metal o cualquier otro elemento extraño.
- Si los extremos están fuera de su sitio o unión.

3.4.2.8. Recomendaciones si debe subir a la cosechadora durante las tareas de mantenimiento

Para subir y bajar de la máquina deben emplearse exclusivamente los lugares equipados con **escalones y/o asideros**. Al hacerlo, debe darse siempre la cara a la cosechadora y se tienen que usar ambas manos. Nunca deberá subirse a una cosechadora que se encuentre en movimiento ni saltar en marcha.



Figura 3.78. Elementos de acceso a cabina de cosechadora

3.4.2.9. Recomendaciones si el mantenimiento exige arrancar el motor

- Ajustar el **asiento** del maquinista para que se pueda accionar a fondo el pedal de freno desde una postura cómoda con un correcto apoyo de la espalda sobre el respaldo.
- Ajustar el **cinturón de seguridad** al efectuar reparaciones o mantenimiento y en cualquier caso, cuando se deba arrancar el motor. Inspeccionar el cinturón de seguridad de la cabina y los tornillos de montaje. Reemplazar cualquier pieza que esté deteriorada. Los cinturones deben reemplazarse al menos cada **tres años** independientemente del estado en que se encuentren. Tienen una etiqueta de verificación de fecha en que se puede anotar su antigüedad.
- Para verificar si un cinturón presenta anomalías, se mira si el tejido está **gastado**, deshilachado, si las hebillas de unión a sus anclajes laterales están flojas o dañadas y también si sus tornillos y herrajes están en buen uso y permiten un ajuste normal.

La revisión de las piezas metálicas de anclaje a las que se une el cinturón exige ver si los tornillos y las tuercas están sólidamente instalados o si, por el contrario, los ganchos se pueden soltar desprendiéndose el cinturón de su sujeción.

Para colocarse el cinturón de forma correcta, deben ajustarse ambos extremos de forma que quede firme pero cómodo. Las presillas que llevan los cinturones permiten alargarlos o acortarlos para garantizar esa sujeción cómoda.

- Verificar que la cosechadora dispone del sistema de luces adecuado para las condiciones de mantenimiento o reparación. Todas las luces deben funcionar correctamente.

No debe haber **personas** en las proximidades cuando se accione el arranque. Tampoco puede encenderse el motor si hay alguien realizando tareas en la cosechadora, debajo o cerca de él. Si la cosechadora ya está encendida, no debe moverse de darse alguno de esos casos

- No debe arrancarse el motor ni mover ningún control si hay una etiqueta de “**No encender**” o similar colocada en el interruptor de encendido o en los mandos.
- Arrancar solo desde el **puesto de maquinista**. Nunca deben hacerse puentes entre los terminales del motor de arranque o las baterías, ya que esto, además de peligroso para la seguridad, daña el sistema de encendido en punto muerto del motor y el sistema eléctrico.
- Encender el motor y hacerlo funcionar siempre en una zona **bien ventilada**. En un taller, se debe orientar el escape hacia el exterior.

3.4.2.10. Recomendaciones si el mantenimiento exige accionar la máquina o desplazarla

- Asegurarse de que no hay **personas** en la zona próxima ni subidas a la máquina. Quitar todos los **obstáculos** que estén en el posible camino.

- Verificar que todas las **ventanas** están limpias y asegurar todas las puertas y ventanas de la cabina, bien en posición abierta o cerrada. Ajustar los espejos **retrovisores** si la cosechadora dispone de ellos y comprobar que el claxon, la alarma de marcha atrás y cualquier otro **dispositivo de advertencia** funcionan adecuadamente.
- Colocarse el cinturón de seguridad y repasar el buen funcionamiento de cualquier otro dispositivo de protección que exista. **Avanzar muy despacio** en una zona abierta y despejada y en ella comprobar igualmente que los controles funcionan bien.
- Cuando la reparación o el mantenimiento exijan que se trabaje con la cosechadora debe asegurarse que nadie que pueda correr **peligro** como consecuencia de ese trabajo. Accionaremos los controles exclusivamente desde el asiento y con el motor funcionando.
- Notificar cualquier reparación precisa que observe durante estas operaciones a todos los implicados en las tareas.
- Nunca montar sobre **cables** u otros dispositivos ni permita que nadie lo haga.

No puede llevarse a nadie en la cosechadora salvo que disponga de asiento, cinturón de seguridad y estructura ROPS adecuados para esa persona

3.4.2.11. Recomendaciones si debe estacionar la cosechadora durante el mantenimiento

- Estacionar siempre en **terreno nivelado**. Inmovilizar la cosechadora cuando sea inevitable estacionar en terreno en pendiente.
- Aplicar el freno de servicio para detener la cosechadora y conectar el **freno de estacionamiento**.
- Poner la palanca de control de la transmisión en punto muerto. Bajar todos los equipos al suelo y dejarlos haciendo ligera presión sobre él.
- Poner el **bloqueo** de punto muerto de la transmisión y parar el motor tirando del pedal del acelerador hacia arriba.
- Sacar la llave del **interruptor general**.

3.4.3. Actuación en caso de fallo del sistema informático

Una circunstancia que requiere una especial atención en relación a las cosechadoras, es un posible fallo generalizado de los sistemas informáticos. En este caso, se debe **detener la máquina** y comprobar a qué funciones afecta el fallo. Hay, en todos los programas de control, módulos de detección de fallos que advierten de su localización.

Es posible que la avería sea leve y los conocimientos del operario permitan su reparación *in situ*. En ese caso, no se deben olvidar las normas de seguridad y el uso de los EPIs pertinentes, dependiendo de la naturaleza de la reparación.

Si estos módulos de detección de averías no funcionan, su diagnóstico no es congruente con los fallos de funcionamiento que se aprecian, no se poseen los conocimientos o no se dispone de los materiales necesarios para la reparación, se procederá a **desconectar** todos los sistemas automáticos que se puedan operar en modo manual –por ejemplo, la nivelación de la cabina– y se tratará de conducir la máquina bajo control manual y a velocidad reducida a un lugar de estacionamiento, donde se pueda proceder de forma segura a una reparación de mayor entidad o incluso, si fuese necesario, a su transporte a taller.



Figura 3.79. Monitor del sistema de control

Si no fuera posible conducir la máquina manualmente de forma segura, porque el fallo del sistema informático no permite usar correctamente los sistemas de control manual de la conducción, se deberá detener la máquina, estacionarla en forma lo más segura posible (con la grúa y el cabezal apoyados sobre superficie lisa y el freno de estacionamiento accionado, incluyendo el calzado de los neumáticos si el freno de estacionamiento pudiera no funcionar correctamente o la posición de la máquina no fuera segura), y se procederá a solicitar ayuda a los servicios técnicos.

Si hubiera que abandonar la máquina, se deberá señalar su posición y situar sobre los mandos una señal indicativa de que no debe intentarse su puesta en marcha

Si la posición no fuese totalmente segura, se deberá **señalizar** un área alrededor de la máquina mediante cinta de baliza alrededor del radio de seguridad adecuado, y se dispondrán señales de advertencia.

3.4.4. Primeros auxilios y emergencias

La rápida actuación ante un accidente puede salvar la vida de una persona o evitar el empeoramiento de las posibles lesiones que padezca. Por ello es importante conocer las actuaciones básicas de atención inmediata en caso de que durante el desarrollo del mantenimiento acontezca algún accidente. Además, es necesario situar en un lugar bien visible, el **número de teléfono para casos de emergencia**.

Además hay que tener presentes las siguientes consideraciones:

- **Mantener la calma** y actuar con serenidad y rapidez, dando tranquilidad y confianza a los afectados.
- **Evaluar la situación**, realizando una rápida inspección de la situación y su entorno que permita poner en marcha la llamada conducta PAS (proteger, avisar, socorrer):
 - **Proteger** al accidentado asegurando que tanto él como la persona que lo socorre estén fuera de peligro. Esto es especialmente importante cuando la atmósfera no es respirable, se ha producido un incendio, existe contacto eléctrico o una máquina está en marcha.
 - **Avisar** de forma inmediata a los servicios sanitarios para que acudan al lugar del accidente a prestar su ayuda especializada. El aviso ha de ser claro, conciso, indicando el lugar exacto donde ha ocurrido la emergencia y las primeras impresiones sobre los síntomas de la persona o personas afectadas.
 - **Socorrer** a la persona o personas accidentadas comenzando por realizar una evaluación primaria. ¿Está consciente? ¿Respira? ¿Tiene pulso? A una persona que esté inconsciente, no respire y no tenga pulso se le debe practicar la Resucitación Cardio-Pulmonar (RCP).

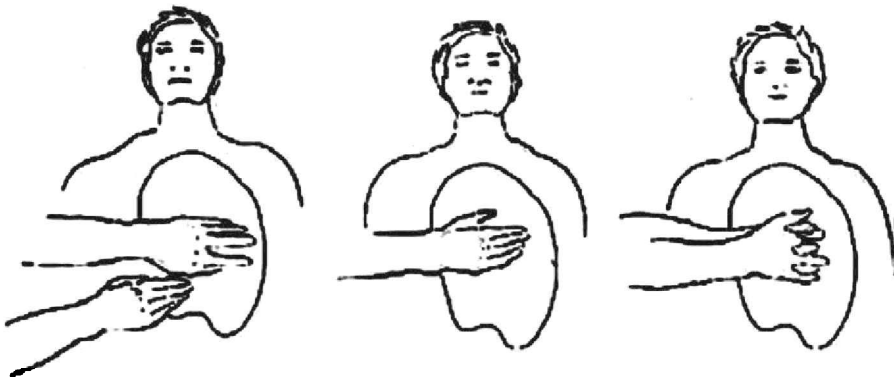


Figura 3.80. Resucitación cardio-pulmonar

- **No mover** al accidentado.
- **No dar de beber ni medicar** al accidentado.

3.5. NORMATIVA BÁSICA CON LA COSECHADORA FORESTAL

3.5.1. Normativa sobre prevención de riesgos laborales

Las principales **normas** referidas a los riesgos laborales con las cosechadoras forestales son las siguientes:

- Ley 31/1995 de prevención de riesgos laborales y su posterior modificación por Ley 54/2003.
- R.D. 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Corrección de errores del Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.

Además de esa legislación básica esencial, hay un buen número de normas legales básicas **relacionadas**, a saber:

- R. D. 330/2009, de 13 de marzo, por el que se modifica el R. D. 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
- R. D. 1644/2008 de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- R. D. 597/2007, de 4 de mayo, sobre publicación de las sanciones por infracciones muy graves en materia de prevención de riesgos laborales.
- Ley Orgánica 3/2007, de 22 de marzo, para la igualdad efectiva de mujeres y hombres.
- R. D. 1299/2006, de 19 de diciembre, sobre la regulación de enfermedades profesionales.
- R. D. 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
- R. D. 428/2004, de 30 marzo, sobre la colaboración en gestión de mutuas.

Finalmente, se debe señalar la siguiente **reglamentación** al respecto, adicionalmente a la indicada:

- Corrección de errores del Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Corrección de erratas del R. D. 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

- R. D. 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- R. D. 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente a los riesgos eléctricos.
- Orden de 25 de marzo de 1998 por la que se adapta en función del progreso técnico el R. D. 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- R. D. 1215/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- R. D. 773/1997 de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- R. D. 664/1997 de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- R. D. 485/1997, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- R. D. 486/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- R. D. 487/1997 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- R. D. 488/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- R. D. 39/1997, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- R. D. 1316/1989, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

3.5.2. Normativa medioambiental

Aunque en España, la mayor parte de las competencias medioambientales han sido transferidas a las Comunidades Autónomas, hay aún cierta **legislación básica** que puede condicionar las operaciones de apeo y procesado. Las principales normas al respecto son las siguientes:

- R. D. Legislativo 1302/1986, de Evaluación de Impacto Ambiental, con Reglamento en el R.D. 1131/1988. Ambos han sido modificados por Sentencia del Tribunal Constitucional 13/1998 y por Real Decreto-Ley 9/2000 y la Ley 6/2001.
- Ley 4/1989 de Conservación de los Espacios naturales y de la Flora y Fauna Silvestre.
- Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
- Leyes de Evaluación de Impacto Ambiental de las Comunidades Autónomas.

3.5.2.1. Gestión de residuos

La gestión de residuos producidos en el mantenimiento debe hacerse siguiendo las líneas de actuación de la legislación, que básicamente son tres:

- **Minimización de la generación de residuos en su origen.** Supone intervenir de modo preventivo, evitando que se lleguen a producir. Se debe actuar sobre el consumo, procurando utilizar únicamente la cantidad de producto requerida para el trabajo a desarrollar.
- **Reciclado.** Pretende reutilizar el residuo generado, en el mismo o en otro proceso, en calidad de materia prima.
- **Eliminación segura de los residuos no recuperables.** Debe llevarse a cabo siguiendo las indicaciones de la ficha de seguridad o, en caso de duda, de las indicaciones del fabricante y siempre a través de un gestor autorizado. Como paso previo a la eliminación **es esencial que los residuos se clasifiquen, segreguen y depositen en contenedores apropiados.**

Independientemente de la normativa, hay que recordar que siempre se debe realizar la práctica más adecuada para reducir los efectos negativos que se puedan producir tanto en el uso de la cosechadora como en su mantenimiento. Los mayores **impactos** producidos durante el mantenimiento son:

- Contaminación de los suelos por vertido extensivo de aceites.
- Vertidos accidentales o voluntarios de aceite de motor o de los circuitos hidráulicos de las cosechadoras, que tienen carácter puntual.

Como recomendaciones especialmente interesantes para la prevención, se debe tener en cuenta que:

- No sirve la adopción de mejores medios si no va acompañada de formación, información y control de los mecánicos y responsables de mantenimiento.
- Cuando se realice en monte el mantenimiento, hay que extraer del medio forestal los bidones de repostado y cambio de aceite de las máquinas, y prohibir el vertido no accidental de aceite usado.
- En los países tecnológicamente más avanzados y con mayor sensibilidad ambiental, hay tendencia a fomentar activamente el uso de máquinas que emplean aceites vegetales para su lubricación.

3.6. MANTENIMIENTO DE LAS COSECHADORAS FORESTALES

3.6.1. Generalidades del trabajo de mantenimiento y reparación

Antes de iniciar el mantenimiento, se debe disponer de las instrucciones y **manuales** tanto del fabricante de la cosechadora como del fabricante del motor. También es necesario disponer del manual de instrucciones de cada apero que haya incorporado la cosechadora.

Además, hay que tener en cuenta lo siguiente:

- No mover la cosechadora sin haber llevado a cabo el **mantenimiento programado**, haber inspeccionado visualmente la máquina y haber comprobado el buen funcionamiento de los frenos.
- Previo inicio de toda labor de servicio y reparación es preciso que se **apague el motor**. Solo se deben contemplar excepciones a esta norma cuando las operaciones de revisión, servicio y mantenimiento no puedan ser llevadas a cabo con el motor apagado, como sucede, por ejemplo, con los ajustes de presión de la sierra del cabezal de las cosechadoras.

Los **dispositivos de protección** de las piezas, partes y equipos de la cosechadora solo deben ser abiertos o retirados cuando la cosechadora esté apagada. Asimismo, es preciso garantizar que el motor no pueda ser puesto en marcha por personal no autorizado.

- Una vez finalizadas las labores de mantenimiento y reparación, todos los dispositivos de protección y seguridad deberán ser colocados nuevamente en su lugar y en la posición y forma correctas.

Es preciso cumplir con la **normativa** y medidas de protección **ambiental** siempre que se retiren materiales de carácter oleoso (como aceites, grasas, combustible, etc.) y también en el caso de los filtros. La normativa española nacional, autonómica y local incluye obligaciones específicas que deben conocerse antes de realizar el mantenimiento

- Utilice únicamente **piezas originales**. De esta forma asegurará una mayor vida de su equipo. La mayoría de los fabricantes de cosechadoras forestales incluyen garantías que cubren únicamente las piezas originales.
- Las **piezas defectuosas** deberán ser reemplazadas lo antes posible para evitar que generen daños mayores.
- El mantenimiento de la cosechadora incluye someterlo a un exhaustivo proceso de **limpieza** tras un uso prolongado.
- Se deben engrasar todas las zonas o piezas visibles o expuestas para evitar cualquier riesgo de **daño o corrosión**. Hay que dedicar atención especial a la fijación segura de tuercas y tornillo, y revisar y apretar las tuercas de las ruedas con regularidad.
- Verifique que todas las **tuercas** de todos los tornillos estén bien ajustadas y que no haya fugas en el sistema hidráulico.
- La carcasa de la bomba debe ser llenada antes de iniciarse cualquier trabajo en la **bomba hidráulica**.
- Deben reemplazarse de inmediato los latiguillos, manguitos, tubos y mangas dañadas. Hay que colocar **juegos nuevos**.
- Revise la cosechadora en busca de **fisuras** o grietas y vuelva a soldarlas siempre que sea necesario.
- Recuerde que todos los **filtros** han sido cuidadosamente adaptados a la máquina.

- En ausencia de una fosa de ensamblaje, la cosechadora deberá alzarse por medio de una grúa externa o equipo similar. Solo debe empezarse a trabajar en el chasis de la cosechadora una vez que el lado izado de la cosechadora se haya **estabilizado y afianzado**.
- Lleve a cabo los ajustes del motor o sistema hidráulico de acuerdo con las **especificaciones** del fabricante. Nunca debe cambiar los ajustes originales sin consultar primero con el fabricante.
- Si usted sabe o nota que hay un desperfecto o una pieza que requiere ser ajustada, haga que se **detenga** la cosechadora de inmediato. Todos los defectos detectados deben comunicarse al responsable o al trabajador de superior jerarquía de forma inmediata.
- Cuando trabaje en situaciones en que exista una gran cantidad de polvo y humedad elevada, **revise** con frecuencia el filtro de aire.

3.6.2. Números de serie y de producto

La mayoría de las cosechadoras forestales disponen de unos números de serie y de producto que facilitan la **identificación** de la cosechadora, sus piezas y sus equipos. Normalmente son:

- Número PIN identificador del producto.
- Número de serie del motor.
- Número de serie de la transmisión.
- Número de serie de la grúa.
- Placa combinada de identificación del producto y número de serie del motor.
- Número de serie del cabezal de apeo.

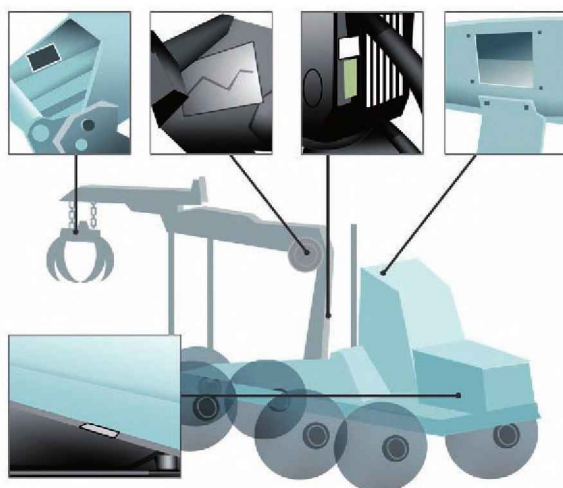


Figura 3.81. Diferentes lugares de colocación de los números de identificación

Estos números parecen en diferentes lugares según fabricantes. Al comprar una máquina, hay que asegurarse de que el vendedor le facilita la localización de todos ellos. Deben apuntarse y guardarse para su utilización futura en mantenimiento y reparaciones.

Los cosechadoras forestales siempre tienen **manuales** propios de mantenimiento e instrucciones, pero en el campo de la maquinaria forestal se producen continuos adelantos y mejoras en los equipos que hacen preciso actualizar periódicamente la información a través de las diferentes casas fabricantes.

Normalmente, las instrucciones de mantenimiento se agrupan por **intervalos de mantenimiento**, aunque debe indicarse que existen actuaciones que no se fechan en un momento concreto, sino que se realizan cuando es preciso hacerlas. Resulta de importancia fundamental para que la cosechadora opere sin fallos y tenga una larga vida útil que se lleven a cabo inspecciones regulares y un servicio de mantenimiento apropiado. Recuerde siempre que el método más sencillo y económico es el mantenimiento preventivo.

Los intervalos de mantenimiento se suelen fijar según el **horómetro** de la cosechadora. También es habitual que existan trabajos que se rijan por intervalos de calendario (diario, semanal, mensual, etc.). En general, cuando se puede hacer una actuación bajo ambas opciones (horómetro y calendario), lo sensato es realizarla en el intervalo más breve.

Todas las instrucciones de mantenimiento suelen venir calculadas para **condiciones normales** de trabajo de la cosechadora. Si las condiciones de trabajo son difíciles, deben acortarse las frecuencias.

Información detallada sobre cada operación de mantenimiento y los intervalos de mantenimiento de las cosechadoras forestales puede consultarse en el libro de Paraninfo correspondiente a la Unidad Formativa 0269 titulado: **Manejo y mantenimiento de cosechadoras forestales**

4. LOS TRACTORES FORESTALES DE DESEMBOSQUE

4.1. DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS Y COMPONENTES

El tractor forestal está formado por motor y chasis. El motor proporciona la fuerza necesaria tanto para el movimiento como para las operaciones que debe hacer el tractor. El chasis es un armazón metálico sobre el cual se sujetan el motor y los aperos del tractor. A continuación, se van a describir las características y componentes de cada uno.

4.1.1. El motor

El motor propiamente dicho consta de un **cilindro** en el que hay un émbolo o pistón que sube y baja. En el interior del cilindro se introduce el combustible, que se hace arder por dos mecanismos principales:

- Por la chispa de una bujía que provoca una explosión del combustible (motores de **explosión**).

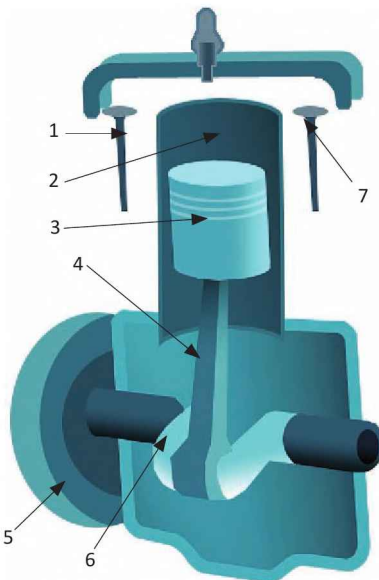


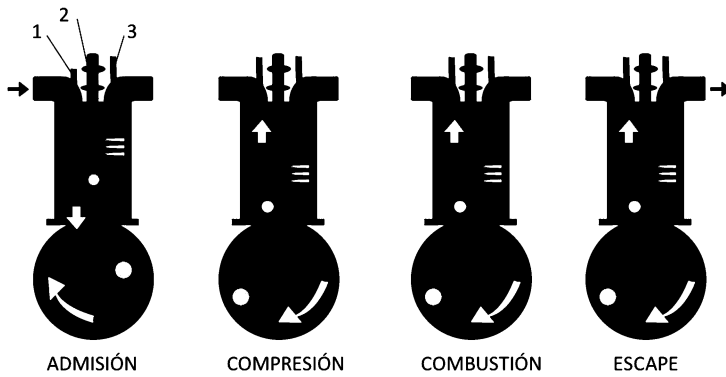
Figura 4.1. Motor de combustión interna de un cilindro

Motor monocilíndrico de combustión interna con ciclo de explosión a cuatro tiempos y válvulas laterales. 1. Válvula de escape. 2. Cilindro. 3. Pistón o émbolo. 4. Biela. 5. Volante. 6. Cigüeñal. 7. Válvula de admisión

- Por autoencendido del combustible bajo el calor y la presión a que se ve sometido (motores de **combustión**).

La explosión mantiene el movimiento del cilindro. Para transformar ese movimiento vertical en otro circular, se precisa que el cilindro, a través de una biela, se enganche a un **cigüeñal** en uno de cuyos extremos se coloca un órgano de masa llamado **volante**. El otro extremo va a comunicar el movimiento a la transmisión de la máquina.

Los tractores forestales están equipados con motores de **combustión interna**, generalmente de **cuatro tiempos**. Esto significa que el cigüeñal requiere dos vueltas para completar un ciclo de funcionamiento formado por cuatro tiempos.



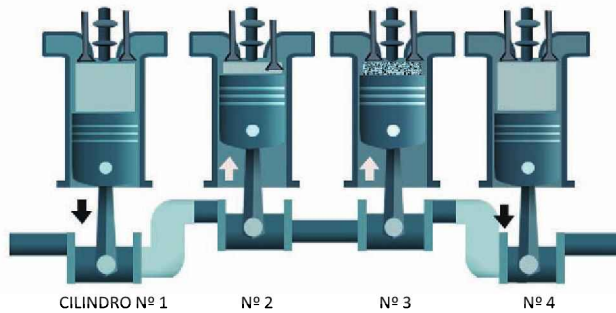
Ciclo de funcionamiento del motor diésel de cuatro tiempos
 1. Válvula de admisión. 2. Inyector de combustible. 3. Válvula de escape

Figura 4.2. Funcionamiento de un motor diésel de cuatro tiempos

Los motores empleados en tractores forestales suelen ser **motores diésel**, cuyas principales **ventajas** frente a los de gasolina son su robustez y bajo consumo de combustible, y sus mayores **inconvenientes** son su mayor precio, el elevado coste de mantenimiento y sus menores prestaciones. Sin embargo, en los últimos tiempos se ha avanzado mucho en el diseño de estos motores para aproximarlos a los de gasolina.

La maquinaria forestal pesada suele equiparse con motores de **varios cilindros**, en los que cada uno actúa como un motor independiente realizando los cuatro tiempos de cada ciclo de forma completa.

La mayoría de los tractores forestales son de **cuatro cilindros**. En los tractores de cuatro cilindros todos ellos realizan los cuatro tiempos completos, pero no lo hacen simultáneamente. Sin embargo, es importante el orden en que los realizan porque de él depende el esfuerzo al que se somete al cigüeñal. En máquinas que precisan gran potencia existen modelos con seis y hasta ocho cilindros.



Tiempo que se realiza en cada cilindro durante la primera media vuelta del ciclo en el motor diésel de cuatro cilindros:

Cilindro nº 1: Combustión. **Cilindro nº 2:** Escape. **Cilindro nº 3:** Compresión. **Cilindro nº 4:** Admisión

P.M.S.				
P.M.I.				
Comb.	Escape	Compre.	Admisión	1ª
Escape	Admisión	Combus.	Compre.	2ª
Admisión	Compre.	Escape	Combus.	3ª
Compre.	Combus.	Admisión	Escape	4ª
1	2	3	4	
Nº de cilindro				

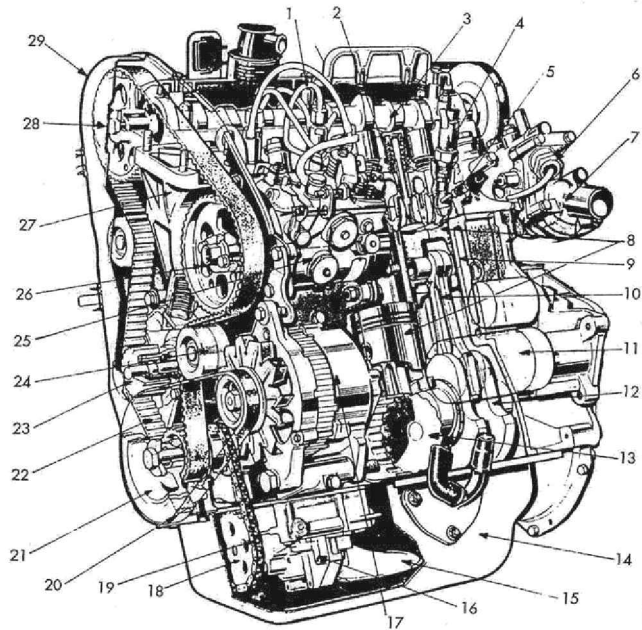
Tiempos realizados en los cilindros durante cada media vuelta del ciclo en el motor diésel de cuatro cilindros.

Figura 4.3. *Tiempos en los cilindros en un motor diésel de cuatro cilindros*

4.1.1.1. Partes del motor

Un motor diésel de cuatro tiempos presenta **dos partes diferenciadas**:

- **Conjunto motor:** es el conjunto de elementos esenciales para el funcionamiento del motor.
- **Sistemas auxiliares:** que pueden variar entre motores e incluso faltar en algunos.



- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. Tubo de inyector. | 16. Bomba de aceite. |
| 2. Válvula. | 17. Alternador. |
| 3. Árbol de levas. | 18. Piñón de mando de la bobina de aceite. |
| 4. Porta inyector. | 19. Cadena de accionamiento de la bomba de aceite. |
| 5. Calentador. | 20. Correa del alternador. |
| 6. Termistor. | 21. Polea del cigüeñal. |
| 7. Carcasa envolvente del termostato. | 22. Correa dentada de distribución. |
| 8. Émbolos. | 23. Piñón. |
| 9. Camisa. | 24. Rodillo de tensión. |
| 10. Biela. | 25. Bomba de inyección rotativa. |
| 11. Motor de arranque. | 26. Piñón de la bomba de inyección. |
| 12. Contrapesos del cigüeñal. | 27. Culata. |
| 13. Filtro de aceite. | 28. Piñón del árbol de levas. |
| 14. Cárter. | 29. Cárter de distribución. |
| 15. Colador de aceite. | |

Figura 4.4. Ejemplo de motor diésel de cuatro cilindros (Fuente: PSA)

4.1.1.1.1. Conjunto motor

El conjunto motor está formado por diferentes componentes:

- **Bloque.** Pieza metálica sólida que sirve de soporte y envoltura a los cilindros y demás elementos del motor. Los cilindros pueden estar fabricados solidariamente con el bloque o ser independientes de este.
- **Culata.** Es la tapa del cilindro situada por el lado contrario al cigüeñal. Cuando el motor es grande, cada cilindro lleva una culata independiente. Suelen ser de hierro o de aluminio. Se sujeta al bloque por espárragos y se cierra por la junta de culata.

- **Pistón o émbolo.** Pieza metálica cilíndrica cerrada por su base que encaja en el cilindro con cierta holgura. Se compone de una parte superior o falda y una parte inferior o cabeza. Lleva unas ranuras que sirven para distribuir el aceite y para acoger los segmentos.

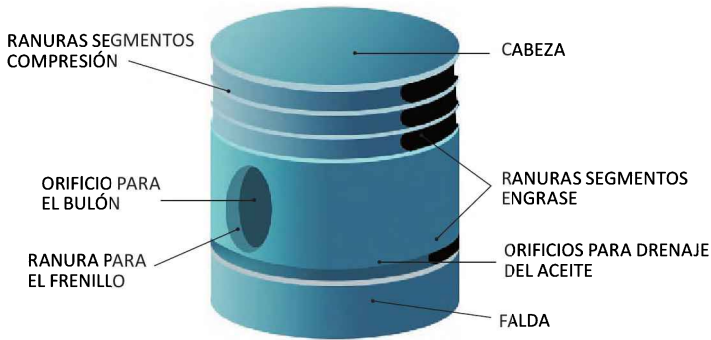


Figura 4.5. Pistón

- **Segmentos.** Aros metálicos que evitan el paso de gases al cárter y distribuyen el aceite, eliminando su exceso.
- **Bulón.** Eje hueco que une el pistón y la biela.
- **Biela.** Pieza que une el pistón y el cigüeñal. Consta de cabeza, cuerpo y pie.

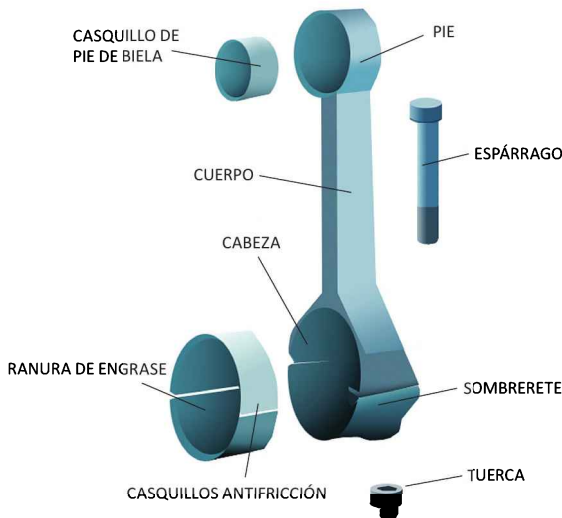


Figura 4.6. Biela

- **Cigüeñal.** Es una pieza metálica, normalmente de acero, que transforma el movimiento rectilíneo del pistón y la biela en movimiento circular.

- **Volante.** Pieza metálica circular que evita que el movimiento transmitido por el cigüeñal sea espasmódico.
- **Cárter.** Parte más baja del motor, que lo cierra y protege. Su parte superior se denomina bancada.

4.1.1.1.2. Sistemas asociados

Los sistemas asociados del motor son los siguientes:

A) Sistema de engrase y lubricación

El sistema de engrase lo forman el conjunto de las piezas que lubrican y limpian el motor.

Los **sistemas** más comunes son de dos tipos:

- **A presión.** El lubricante llega a la cabeza de la biela pero el bulón se lubrica por el aceite arrastrado por los segmentos.
- **A presión total.** El aceite llega por un orificio de la biela hasta el bulón y lo engrasa.

Los **elementos** principales de un sistema de engrase son:

- **Bomba de engrase,** que manda el aceite a las partes que lo necesitan.
- **Filtro de aceite,** que depura las partículas que pueda tener el aceite.

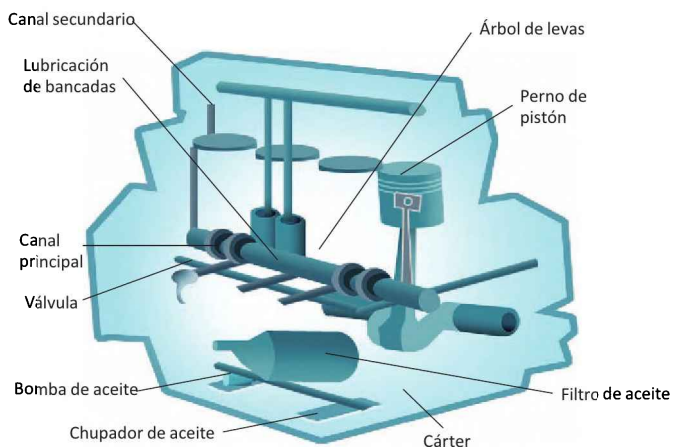
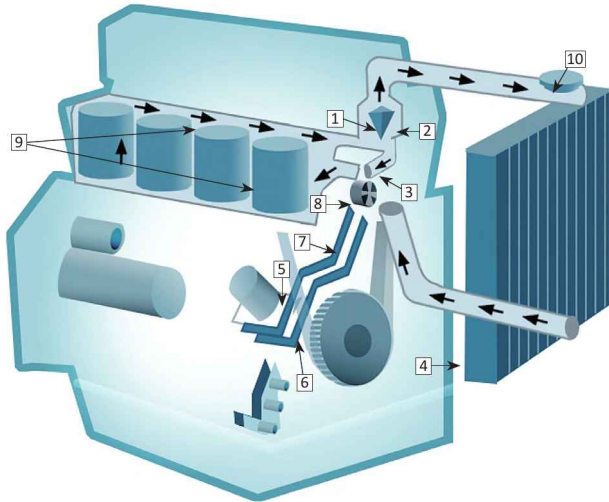


Figura 4.7. Esquema básico de un sistema de lubricación

B) Sistema de refrigeración

La temperatura que se alcanza en un motor es muy elevada, por lo que todos los motores disponen de un sistema de refrigeración, que puede funcionar mediante aire o agua.

- **Por aire.** Es poco habitual en maquinaria forestal, ya que se aplica a motores de explosión de dos tiempos o diésel ligeros.
- **Por agua o refrigerante.** El sistema más usado en máquinas pesadas. Consiste en rodear los cilindros con agua u otro líquido refrigerante que absorbe el calor y lo dispersa a través de un radiador.



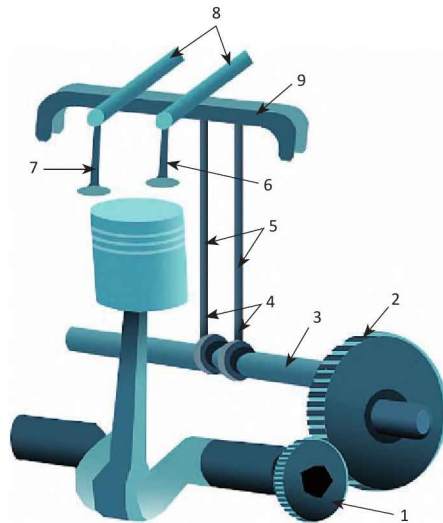
Sistema de refrigeración de un motor diésel. 1. Termostato. 2. Carcasa del termostato. 3. Conducto de retorno del agua de la culata a la bomba cuando el termostato está cerrado. 4. Radiador. 5. Enfriador de aceite. 6 y 7. Manguitos. 8. Bomba de agua. 9. Conductos en bloque y culata por los que circula el agua en torno a las camisas de los cilindros. 10. Tapón del radiador con válvula de presión.

Figura 4.8. Esquema básico de un sistema de refrigeración

C) Sistema de distribución

Lo forman el conjunto de piezas que regulan la entrada y salida de los gases en el cilindro. Por tanto, es el sistema que cierra y abre las válvulas del motor en el momento adecuado. En cada cilindro de un motor de cuatro tiempos hay dos válvulas, una de admisión y otra de escape.

El cigüeñal lleva en su extremo un piñón que dirige la distribución. Este piñón acciona otro, unido a un eje de excéntricas denominado árbol de levas. Cada leva abre una válvula en su giro.



Distribución con mando por piñones de engrane directo. 1. Piñón del cigüeñal. 2. Piñón del árbol de levas. 3. Árbol de levas. 4. Taqués. 5. Varillas empujadoras. 6. Válvulas de escape. 7. Válvula de admisión. 8. Balancines. 9. Eje de balancines

Figura 4.9. Esquema básico de una distribución por piñones en un motor

Además, el sistema de distribución **lo forman:**

- **Elementos de mando.** Trasmiten el movimiento entre el piñón del cigüeñal y el del árbol de levas. Pueden ser engranajes directos, cadenas o correas.
- **Balancines.** Piezas que transmiten el movimiento del empujador a las válvulas. Van montadas sobre un eje denominado eje de balancines.
- **Taqué.** Es la pieza que se interpone entre la leva y el extremo del empujador.
- **Empujadores.** Varillas que transmiten el movimiento rectilíneo de empuje entre taqué y balancín.

D) Sistema de inyección

Los motores diésel suelen tener dos opciones de circuitos:

- De **baja presión:** con depósito, bomba de alimentación, filtros y tuberías.
- De **alta presión:** con bomba de inyección e inyectores.

Cuando se emplea la inyección de combustible, existen varias opciones:

- **Inyección directa.** Cuando la inyección del combustible se realiza directamente en el cilindro.
- **TDI.** Además de llevar inyección directa son turboalimentados.
- **HDI.** Son de inyección directa con alta presión, lo que permite menor consumo de combustible, mejores prestaciones del motor, menor ruido y menor emisión de gases contaminantes.

En los tractores forestales predomina el sistema de **inyección lineal o rotativa**, cuyo mecanismo, básicamente, consiste en que el combustible se almacena en un **depósito** desde donde se aspira por la **bomba de alimentación**. Pasa por un **filtro** primario que le quita el agua y las partículas no deseadas, vuelve a ser filtrado en otro filtro y entra en la **bomba de inyección**. Esta bomba lo envía en pequeñas cantidades y de forma intermitente a los inyectores, que lo pulverizan en los cilindros (Figura 4.10).

E) Sistema eléctrico

En el motor, los componentes eléctricos y electrónicos son elementos esenciales. Además, en las máquinas modernas existe gran variedad de estos componentes.

Los **componentes** fundamentales del sistema eléctrico de un tractor forestal son:

- **Circuito de carga**, almacenamiento de energía y arranque. Es el más complejo. Está formado por los siguientes elementos:
 - **Interruptor general.** Activa la puesta en marcha del motor o la impide.
 - **Generador.** Normalmente un alternador que produce corriente.
 - **Regulador.** Permite realizar la carga de manera gradual.

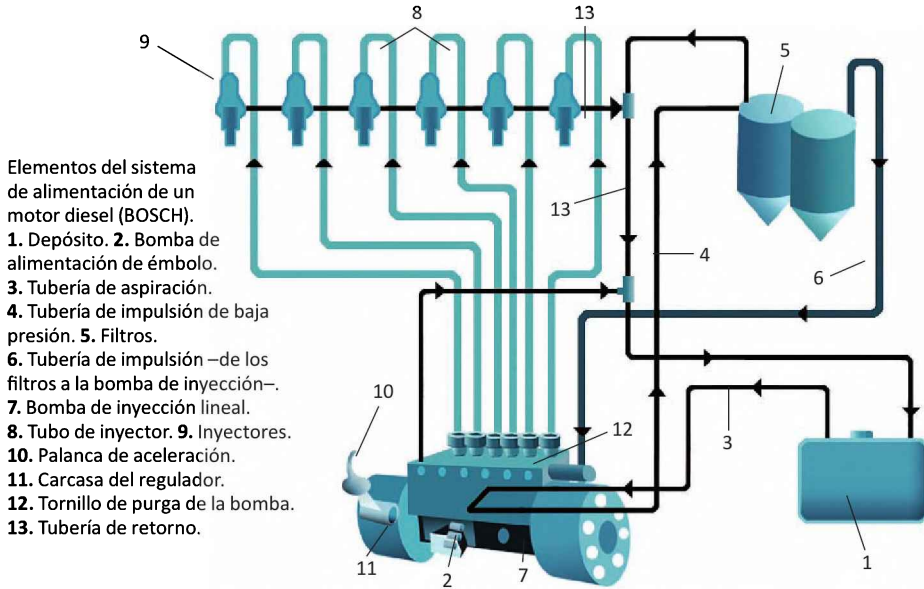


Figura 4.10. Esquema básico de un sistema de alimentación

- **Batería.** Almacena parte de la energía que produce el generador para utilizarla cuando el generador no la proporciona (por ejemplo, al arrancar el motor). Está formada por varios vasos estancos en serie. Las baterías modernas son, en su mayoría, de las denominadas «de bajo mantenimiento» o incluso «sin mantenimiento».
- **Motor de arranque.** Transforma la energía eléctrica en mecánica. Crea dos campos magnéticos enfrentados que permiten el arranque.

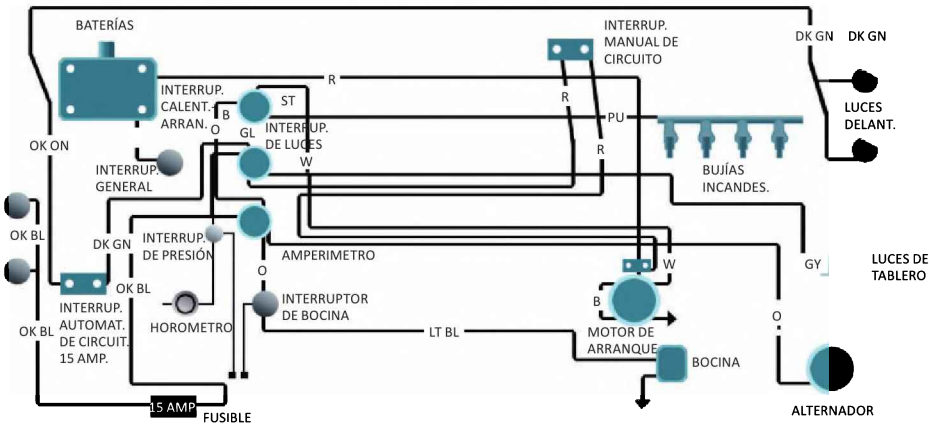


Figura 4.11. Esquema básico del sistema eléctrico

- **Circuito de control.** Incluye todos los elementos de monitorización de la máquina, tales como termómetros de temperatura, manómetros, claxon, alarmas de marcha atrás, avisadores, fusibles, etcétera.
- **Circuito de alumbrado.** Formado por las luces de trabajo y de circulación.

El motor presenta además otros componentes auxiliares que sirven para realizar diversas funciones, pero que no son esenciales para la maquinaria forestal.

4.1.2. Características de los elementos y componentes de los tractores forestales

4.1.2.1. Generación y aprovechamiento de la fuerza de tracción

El desplazamiento del tractor cargado exige vencer el rozamiento o “resistencia a la rodadura” entre el tractor y el suelo, así como las fuerzas debidas al peso del propio tractor y de la carga que mueve (estas últimas, agravadas por la pendiente en la que frecuentemente debe desarrollarse el trabajo forestal). Estas resistencias al desplazamiento exigen un robusto diseño del tractor, tal que la fuerza de tracción generada por el motor y transmitida a los distintos órganos sea suficiente como para vencerlas.

Por otra parte, la escasa adherencia de los suelos forestales exige también que, para que el tractor se desplace, su tren de rodaje proporcione el suficiente agarre.

a) Fuerza de tracción

Para que el tractor desarrolle la suficiente fuerza tractora debe dotársele de un motor que proporcione elevada potencia, susceptible además de alcanzar su par máximo a un régimen bajo.

- Potencia: hasta hace pocos años, la tendencia ha sido su aumento buscando la productividad, pero los problemas de excesivo peso y con él de compactación y degradación del suelo forestal, han hecho retroceder tal tendencia evolutiva, situándose hoy en día la potencia de los tractores de fabricación y uso en Europa entre 100 y 120 CV en los tractores de arrastre y por debajo de los 220 CV en autocargadores.
- Velocidad: la mayoría de los tractores poseen sistemas de reducción que permiten aprovechar al máximo su potencia a velocidades cercanas a 1 Km/h, alcanzando fuerzas máximas de tracción de alrededor de 20 t.

b) Fuerza de adherencia

La fuerza de tracción solo puede desarrollarse si la adherencia entre el suelo y el tren de rodaje lo permite (en caso contrario, las ruedas o cadenas patinan, absorbiendo la fuerza sin aprovecharla). La fuerza de adherencia es mayor cuanto mayor sea el peso sobre las ruedas tractoras y mayor sea el coeficiente de adherencia entre el tren de rodaje y el suelo. Ello obliga a que el tractor forestal tenga las siguientes características:

- Todas las ruedas tractoras (incluso con la posibilidad de bloquear el diferencial).
- Peso elevado.
- Coeficiente de adherencia lo más alto posible.

- b.1) Tracción total: la tracción a todos los ejes es fundamental, pues en caso contrario muchas zonas del monte resultarían inaccesibles por falta de adherencia. Como es obvio, todos los ejes con tracción deben montar un puente de transmisión con diferencial, con la función de permitir el giro de las ruedas del mismo eje a diferentes velocidades, cuando el tractor traza curvas.

El diferencial puede resultar un inconveniente en los casos en los que, por las características del suelo, una sola de las ruedas de un determinado eje no tiene adherencia. En estos casos, se transmitiría a dicha rueda mayor fuerza, agravando su problema del patinaje. Por ello, muchos tractores poseen un bloqueador que interviene sobre el diferencial de manera que actúe únicamente en los virajes y en el paso de obstáculos, pero no en los desplazamientos rectilíneos (Figura 4.12).

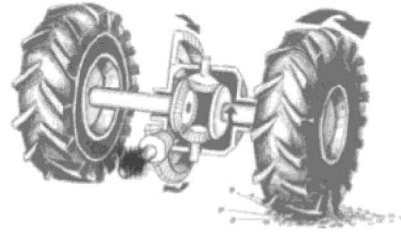


Figura 4.12. Acción del diferencial cuando una rueda no tiene adherencia

- b.2) Peso: para evitar los problemas de falta de adherencia, su valor debe ser alto, pero no demasiado, por dos razones:
- Una parte importante de la potencia del motor se invierte en mover el peso propio del tractor.
 - La degradación del suelo forestal está directamente relacionada con la presión recibida, y esta depende del peso de la máquina que sobre él actúa.

En la práctica, el peso del tractor se relaciona con la potencia, haciéndose mayor al aumentar esta (Figura 4.13).

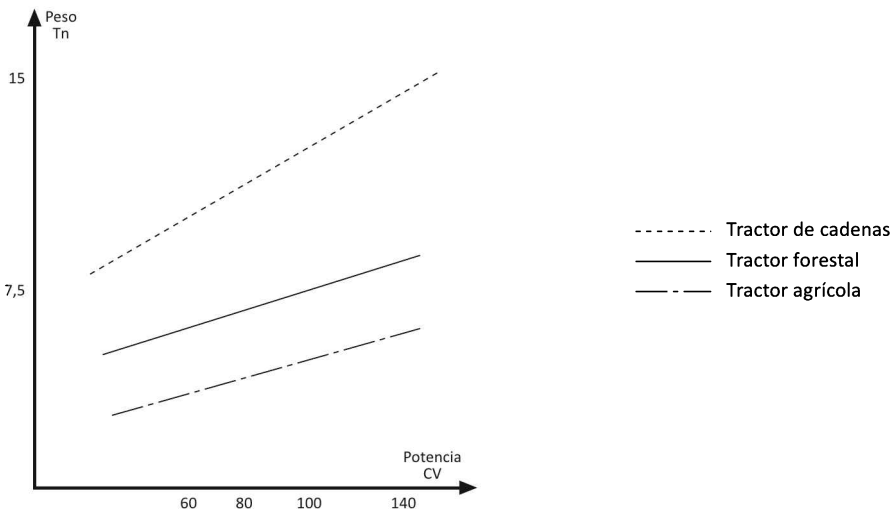


Figura 4.13. Relación entre el peso y la potencia para diferentes tipos de tractores

- b.3) **Coefficiente de adherencia:** la adherencia también se puede aumentar incrementando este coeficiente, que depende del tipo de suelo y de las características del tren de rodaje. En general, excepto en terrenos arenosos, el coeficiente de adherencia es mayor a medida que aumenta la superficie de contacto con el suelo y por tanto resultan mejores los tractores de cadena, pero su escasa velocidad y peor movilidad en terrenos escabrosos, hace que se utilicen menos que los tractores de neumáticos en las condiciones españolas.



Figura 4.14. Cadena de tractor forestal (Fotografía: E. Tolosana)

Para competir con los de cadenas, los **tractores de ruedas** neumáticas han experimentado cambios importantes. Así por ejemplo, se ha aumentado en ellos la superficie de apoyo de la siguiente forma:

- Incrementando las **dimensiones** de las ruedas.
- Mejorando el perfil del neumático, que ha evolucionado desde las ruedas tóricas a las ruedas radiales y de estas a las de alta flotación, también llamadas de **baja presión**.

Otra línea de desarrollo consiste en el aumento del número de ruedas del tractor, existiendo tractores de ocho ruedas, generalmente mediante la incorporación de ruedas en tándem (*bogies*). Estas adaptaciones, y otros accesorios con efectos favorables sobre la adherencia (cadenas, semiorugas) se tratarán posteriormente.

4.1.2.2. Adaptación a las condiciones accidentadas de los terrenos forestales

La necesidad de salvar obstáculos como piedras, tocones o taludes obliga a diseñar los tractores con las siguientes características:

a) Altura del chasis: lo más elevada posible para superar los obstáculos, pero sin que la subida del centro de gravedad empeore excesivamente su estabilidad. En la práctica, la altura del chasis oscila entre 40 y 65 cm.

b) Ruedas de gran diámetro: que permitan sobrepasar fácilmente los obstáculos que se encuentran en el camino. Es normal que los neumáticos convencionales superen el metro y medio de diámetro.

En el caso de trenes de rodaje de cadenas, deben presentar unos ángulos de ataque y salida de la cadena muy pequeños, para superar de forma progresiva y suave los obstáculos.

c) Superficie de apoyo del tren de rodaje adaptada al poder portante del suelo: dada la conjunción del peso elevado del tractor y la fragilidad de muchos suelos forestales, hay peligro de hundimiento del tractor en el terreno y de compactación. Por ello, otra línea de diseño trata de minimizar estos efectos limitando el peso y repartiéndolo en mayor superficie a través del tren de rodaje.

d) Eje delantero y/o trasero oscilantes: de forma que en casi todo momento las ruedas estén en contacto con el suelo. Ello se puede obtener construyendo los ejes de forma que permitan este movimiento, o bien dotando a la unión de los semichasis de los tractores articulados con la posibilidad de bascular respecto a su eje longitudinal. Este es también uno de los objetivos del montaje de pares de neumáticos oscilantes en tándem (*bogies*).

4.1.2.2.1. Movilidad y manejabilidad

La movilidad del tractor obliga a que este tenga un radio de giro lo más pequeño posible, así como a que sus dimensiones sean reducidas. La manejabilidad supone facilidad en la conducción del tractor: dirección asistida, embrague automático, frenos asistidos, etc.

4.1.2.2.1.1. Dimensiones

La anchura del tractor raramente supera los 2,5 m, siendo frecuentes los 2 m e incluso existen tractores aún más estrechos, especialmente diseñados para cortas de mejora. En cuanto a su longitud, oscila entre los 3 m en tractores para claras y los 8 m de algunos autocargadores.

4.1.2.2.1.2. Radio de giro

Para el caso de tractores oruga, el giro se logra inmovilizando un lateral del tren de rodaje, con lo que el radio de giro equivale a la longitud del tren de rodaje.

En los tractores de ruedas, el radio de giro sería muy grande si montaran una dirección convencional como la de los vehículos de carretera (sistema *Ackerman*), dado que poseen ruedas de grandes dimensiones. Para evitarlo, los tractores forestales de ruedas se diseñan incorporando un sistema articulado de dirección, consistente en disponer los ejes en dos semichasis independientes unidos por una articulación que hace de eje de giro. El giro no se consigue con las ruedas (que son siempre paralelas a cada semichasis), sino por el movimiento, mediante uno o dos cilindros hidráulicos de doble efecto, de un semichasis con respecto al otro (Figura 4.15).



Figura 4.15. Articulación del chasis del tractor (Fotografía: E. Tolosana)

Algunas casas constructoras realizan la unión de estos semichasis de forma que pueda efectuarse una cierta **rotación en el plano vertical**, ya sea mediante eje oscilante a través de una rueda o mediante bulón y cojinete. De esta forma, además de dar solución al problema de los giros, se solventa el posicionamiento continuo de las ruedas con el suelo.

Una última ventaja del sistema articulado es que las ruedas traseras describen la misma **trayectoria** que las delanteras. De esta forma, el conductor solo tiene que preocuparse, al salvar los obstáculos, de superarlos con las ruedas delanteras.

La unión de ambos semichasis suele permitir, además, cierto basculamiento en el plano vertical (Figura 4.16). Como se ha indicado, esto mejora la adherencia y la estabilidad.

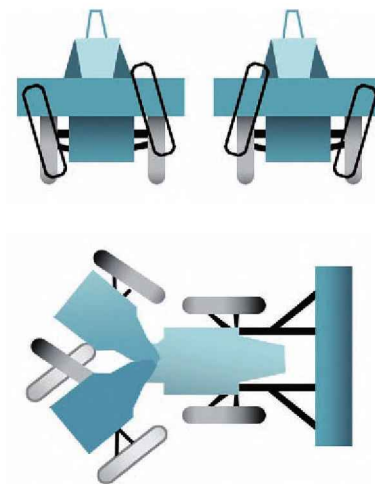


Figura 4.16. Movimientos del tractor, en el plano vertical y horizontal

Una última ventaja del sistema articulado es que las ruedas traseras describen la misma trayectoria que las delanteras. De esta forma, el conductor solo tiene que preocuparse, al salvar los obstáculos, de superarlos con las ruedas delanteras.

4.1.2.2.1.3. Transmisión

El **sistema de transmisión** es seguramente el elemento con más diversidad en los tractores forestales. Existen diferentes opciones que vamos a describir partiendo de la más antigua y llegando a las más modernas. Hay que tener en cuenta que la antigüedad del parque de maquinaria forestal español no permite descartar que en el trabajo profesional se encuentren máquinas con mecánica anticuada.

A) Transmisión mecánica

Inicialmente, los tractores se equiparon con **transmisión mecánica clásica**, es decir, formada por:

- Una reductora.
- Una caja de cambios.
- Un embrague monodisco (o más comúnmente dos embragues, uno al eje de la caja de cambios y otro al eje de la toma de fuerza).

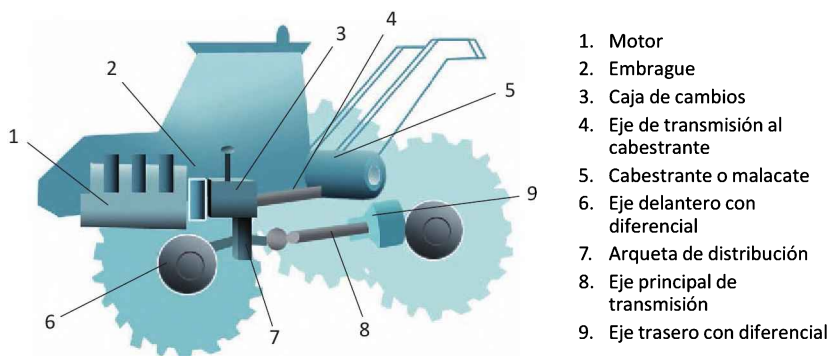


Figura 4.17. Transmisión mecánica

Sin embargo, esto presenta los siguientes **graves inconvenientes**:

- Dificultad de aprovechamiento de la potencia del motor: solo cuando los requerimientos de fuerza del tractor son iguales a los valores del par máximo se aprovecha toda la potencia del motor. En los valores intermedios, el tractor funcionará a potencias inferiores.
- Dificultad de conducción: las variaciones de pendiente y los obstáculos del terreno obligan a un cambio ininterrumpido de velocidades que dificulta la conducción, desgasta rápidamente el embrague y provoca peligro de vuelco.

B) Transmisión hidrodinámica-mecánica

Estos inconvenientes pueden soslayarse con la incorporación del convertidor de par a la transmisión, conocida entonces como «hidrodinámica-mecánica». El convertidor de par es un embrague tipo hidráulico, en el que se intercalan unos álabes entre el impulsor (movido por el motor) y el rotor (que mueve la transmisión), lo que, de acuerdo con los requerimientos de potencia del tractor, permite modificar la velocidad del fluido que circula por el embrague y, por tanto, aumentar o disminuir la velocidad del tractor a costa de variar la potencia.

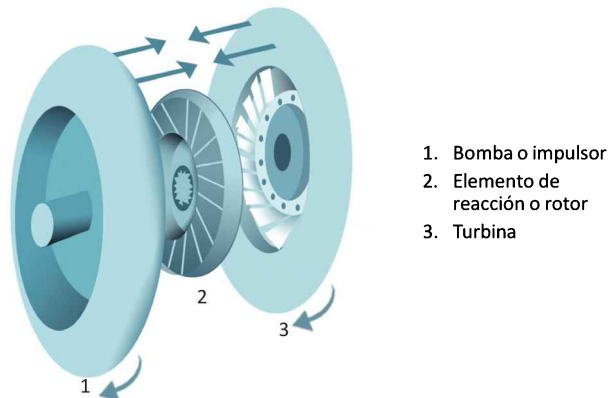


Figura 4.18. Convertidor de par

Este sistema presenta las siguientes **ventajas**:

- Es imposible que se cale el motor, ya que se necesita un número mínimo de revoluciones para que el fluido sea capaz de mover el rotor. A partir de ese número de revoluciones (normalmente 500 rpm) el movimiento del rotor será paulatinamente creciente y no brusco como en el caso del embrague clásico.
- Ante un obstáculo o una pendiente que exija mayor potencia, el álabe cambia de inclinación automáticamente haciendo que el rotor gire más despacio pero con más fuerza rotatoria. Por tanto, el efecto sobre el motor es como si cambiara a una velocidad inferior.

Aunque con el **convertidor de par** no se puede prescindir del cambio de velocidades, se producen menores pérdidas de tiempo e impulso ya que se necesitan menos combinaciones

Sin embargo, con este sistema surgen algunos **inconvenientes**:

- Inferior rendimiento de potencia.
- Mayor consumo de combustible.

- Problemas al reducir en terreno descendente.
- Coste mayor que el del embrague mecánico.

El rendimiento de la energía motriz en el convertidor de par es hasta 2,5 veces superior al del sistema clásico hasta que se alcanza un número de revoluciones característico denominado «máximo de conversión». Pero a partir de ese número de revoluciones el rendimiento baja mucho. La potencia a la barra en un convertidor de par es menor que con el embrague clásico, pero este inconveniente se ve compensado porque entre el número de revoluciones en que inicia el movimiento el rotor y el máximo de conversión, la potencia es muy superior.

Cuando se dispone de un convertidor de par, la caja de cambios suele ser diferente a la clásica dado que no son necesarias tantas marchas. Pero, si bien al ralentí el motor no tiene fuerza para mover el eje primario, cuando las velocidades están metidas hay tendencia a que se acúñen los piñones de las marchas.

Por ello, la caja de cambios es del tipo denominado «servotransmisión», es decir, está formada por 3, 4 o 5 juegos de engranajes con las siguientes funciones:

1. Marcha corta.
2. Marcha larga.
3. Marcha atrás.
4. Marcha adelante.

Otro tipo de solución para la transmisión de la fuerza del motor es el denominado **multiembrague**.

En un "multiembrague", el embrague está integrado por tantos discos como marchas tenga el motor, con lo que el cambio de marchas resulta ser como un simple cambio de disco de embrague

C) Transmisión hidrostática

La cadena cinemática más evolucionada hoy día es, seguramente, **la transmisión hidrostática**, que se adapta en los tractores de forma parcial o de forma completa.

- La **parcial** (o hidrostático-mecánica) está formada por una bomba de transmisión que envía la fuerza a un motor hidráulico y este a un servocambio, con lo que la cadena cinemática se asemeja a la del convertidor de par.
- La **completa** (o transmisión hidrostática propiamente dicha) está formada por una bomba de transmisión y por tantos motores hidráulicos como ruedas y tomas de fuerza tenga el tractor.

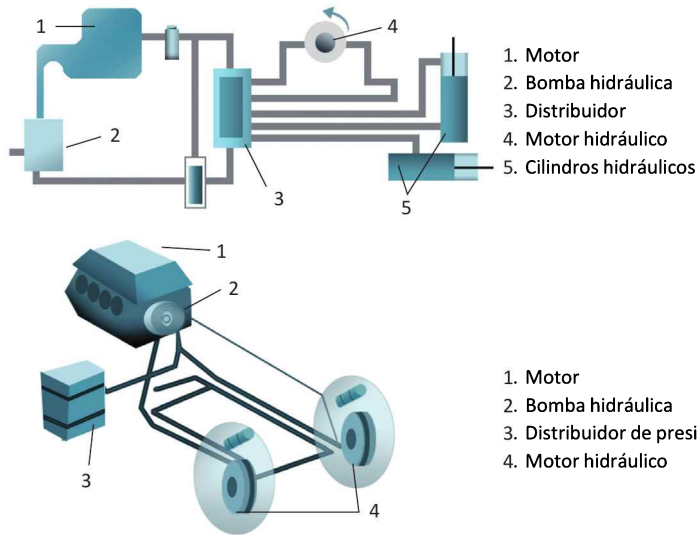


Figura 4.19. Cadenas cinemáticas de transmisión hidrostática parcial (arriba) y completa

4.1.2.3. Mandos de la dirección

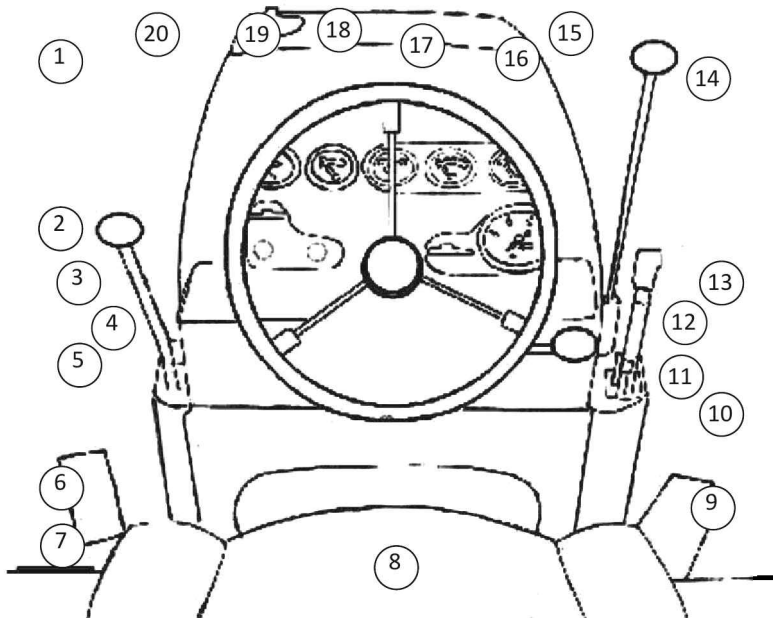
En relación con la señalización en el cuadro de mandos, se puede decir que existen dos tipos de tractores, tractores con cuadro de mandos convencional y tractores con cuadro de mandos sistema monitor. El primero es más típico en los tractores arrastradores, mientras que los segundos son más normales en los tractores autocargadores.

4.1.2.3.1. Cuadro de mandos convencional

Incorpora los siguientes mandos e instrumentación (Figura 4.20).

Siendo:

1. Tapa del depósito de aceite hidráulico
2. Palanca de parada del motor. Esta palanca accionada hacia la posición del conductor, ahoga al motor provocando su parada. Para arrancar, esta palanca debe accionarse metiéndola hasta hacerla descansar en el salpicadero.
3. Palanca del posicionamiento de la transmisión, con sus diferentes marchas, normalmente tiene 3 posiciones (avance, punto muerto y retroceso) y un selector de velocidad (primera, segunda y tercera).
4. Botón de encendido del motor. Se acciona por presión con el dedo pulgar hasta conseguir que el motor arranque.
5. Interruptor de encendido de las luces. Tiene 3 posiciones: apagado, luces del tablero y luces de trabajo.
6. Pedal del freno, se acciona por presión del pie izquierdo.



1. Tapa del depósito de aceite hidráulico; 2. Palanca de parada del motor; 3. Palanca del posicionamiento de la transmisión; 4. Botón de encendido del motor; 5. Interruptor de encendido de las luces; 6. Pedal del freno; 7. Mando central de engrase; 8. Asiento del conductor; 9. Pedal del acelerador; 10. Palanca de accionamiento de la pala frontal; 11. Palanca de freno de mano o de estacionamiento; 12. Interruptor de parada de emergencia; 13. Tacómetro, horómetro; 14. Palanca de accionamiento del cabrestante; 15. Manómetro de presión del aceite del motor; 16. Amperímetro; 17. Indicador de la temperatura de la transmisión; 18. Indicador de la presión de aire; 19. Volante de dirección; 20. Indicador de temperatura del agua refrigerante del motor.

Figura 4.20. Señalización básica del cuadro de mandos de un skidder

7. Punto de engrase.
8. Asiento del conductor, que en su lateral dispone de varias palancas para acomodar su altura, la posición del respaldo y la distancia al volante.
9. Pedal del acelerador, que se acciona por presión del pie derecho.
10. Palanca de accionamiento de la pala frontal
11. Palanca de freno de mano, con dos posiciones una bajada hacia adelante, cuando el freno no acciona y otra levantada y hacia atrás para cuando el freno queda accionado.
12. Interruptor de parada de emergencia, se acciona mediante presión con la mano.
13. Tacómetro, horómetro. Mide el número de revoluciones del motor y marca las horas de funcionamiento del tractor elemento eficaz, no solo para el control de las horas de trabajo sino también para la realización del mantenimiento del tractor.
14. Palanca de accionamiento del winche o cabrestante, con 4 o 5 posiciones, hacia adelante recoge, en posición neutral no actúa el winche y en posición hacia atrás libera el winche.

15. Indicador de temperatura del agua refrigerante del motor.
16. Manómetro de presión del aceite del motor. Si se enciende con el motor en marcha, detenga el motor y compruebe el nivel de aceite.
17. Amperímetro para indicar el régimen de carga del alternador.
18. Indicador de la temperatura de la transmisión. Esta temperatura debe estar situada entre 120 y 140 °C.
19. Indicador de la presión de aire, que se sitúa alrededor de los 400 a 500 kPa.
20. Volante de dirección.

Además de estos controles, el cuadro de mando puede tener los siguientes elementos:

- Indicador del nivel de combustible.
- Interruptor de control del limpia-parabrisas delantero y trasero.
- Palanca de intermitentes, normalmente situadas a la derecha del volante.
- Interruptor de alarma, normalmente situado junto al interruptor de luces.
- Interruptor de bocina, que suele situarse bien en el volante o bien en la palanca de cambio de sentido u otra palanca.
- Indicador de servicio del filtro del aire, que en el caso de que se encuentre obstruido se enciende un indicador rojo.
- Palanca de bloqueo del diferencial.
- Palanca o palancas de control de la grúa.
- Interruptores de calefacción o/y aire acondicionado.
- Auxiliar de arranque.
- Fusibles.
- Disyuntores.

Como puede observarse este tractor no lleva embrague porque incorpora convertidor de par, lo que hace innecesario el embrague (realmente un convertidor de par es un embrague automático). Tampoco tiene intermitentes, luces de avería, dado que la mayoría de los tractores forestales no tienen permiso para circular por carretera.

4.1.2.3.2. Cuadro de mandos sistema monitor

El cuadro de mandos se reduce a un monitor que recibe señales eléctricas de las palancas y de varios sensores del tractor que permite ver en varias pantallas el estado de operación y función del tractor además de indicar un estado de alarma para cuando existe un problema en el tractor.

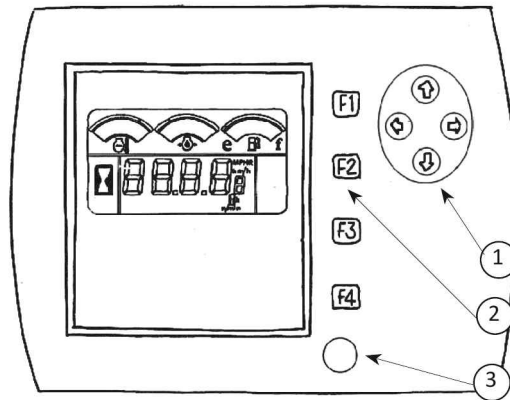


Figura 4.21. Cuadro de mandos sistema monitor

El monitor dispone de 3 tipos de teclas siguientes:

- Las teclas 1 son las teclas de flecha que permite avanzar de izquierda a derecha y de arriba abajo entre las pantallas de visualización.
- Las teclas 2 son las teclas de función que permiten seleccionar un submenú o un valor que quiera cambiarse.
- La tecla 3 permite cambiar entre el estado de operación y el estado de función del tractor que a continuación se detalla:

El estado de operación, la pantalla muestra las diversas condiciones de marcha del tractor, tales como "régimen del motor", "velocidad del tractor", "marcha de la transmisión y sentido de la marcha", "temperatura del motor", "presión del motor", "nivel del combustible", "presión del aceite del sistema de carga", "temperatura del aceite de la transmisión", "temperatura del aceite hidráulico", "horómetro del motor", horómetro de la transmisión", "voltaje de las baterías", etc. Naturalmente que toda esta información se aprecia en varias pantallas.

El estado de función permite regular la visualización de la pantalla, el mantenimiento y sobre todo el submenú de medida, en donde se muestra la posición de los controles del motor, controles de velocidad, combustible remanente, bomba de fuerza, válvulas de control, incluso se puede regular los controles de dirección de inclinación de la grúa, de su rotación, la de sus brazos, etc.

Por último, el estado de alarma se activa en pantalla automáticamente cuando un sensor indica una falla.

En el esquema siguiente se indican la imagen de las principales señales, aunque hay que advertir que estas señales pueden cambiar ligeramente de una marca a otra.



- | | | | |
|---|--|---|---|
|  | 1. Indicador de reserva de combustible
Alarma activada
Alarma apagar |  | 12. Pre calentamiento motor diesel |
|  | 2. Filtro a presión sistema hidráulico
Filtro a presión de sistema hidráulico sucio |  | 13. Filtro de aspiración del motor diesel
Alarma: filtro sucio |
|  | 3. Testigo luminoso de advertencia motor |  | 14. CAN defectuoso ADVERTENCIA
conexión motor-ecu YGRL no disponible |
|  | 4. Testigo luminoso de parada del motor
Atención: ¡detenga inmediatamente el motor! |  | 15. Testigo luminoso de presión del aceite motriz
Alarma: presión del aceite motriz demasiado bajo |
|  | 5. Testigo luminoso de error (regulación del límite de carga) GLRL |  | 16. Nivel del líquido refrigerante insuficiente
Alarma: nivel demasiado bajo |
|  | 6. Temperatura del agua
Alarma activado
Alarma apagar |  | 17. Filtro de retorno hidráulico
Alarma: filtro sucio |
|  | 7. Temperatura del aceite hidráulico
Alarma activado
Alarma apagar |  | 18. Nivel lubricación central
Alarma: nivel demasiado bajo |
|  | 8. Indicador del nivel de marcha
Nivel de marcha conectado |  | 19. Mantenimiento
Mantenimiento requerido. Supresión solamente con código de servicio |
|  | 9. Lubricación central
Lubricación central activado |  | 20. Bus CAN defectuoso
Advertencia: conexión joystick- comando chasis icin.IV no disponible |
|  | 10. Advertencia de sobrecarga
Sistema activo y sobrecarga |  | 21. Intermitente izquierda |
|  | 11. Tensión de la batería
Alarmas: fuera de las tolerancias |  | 22. Faro de trabajo
Faro encendido |
| | |  | 23. Intermitente derecha
Intermitente activado |

Figura 4.22. Principales señales indicadoras del cuadro de mandos

4.1.2.3.4. Elementos de accionamiento y su función

Los principales elementos de accionamiento de un tractor forestal son los siguientes:

A) Interruptor general

El interruptor principal tiene como función conectar o desconectar el sistema eléctrico del tractor. Puede estar situado dentro de la cabina o fuera de ella. Normalmente, consiste en una llave que se introduce en su cerradura girándose (habitualmente en sentido horario) para iniciar el sistema eléctrico. Para apagarlo, se gira en la dirección contraria (habitualmente en sentido anti horario). Nunca debe girarse la llave a la posición de OFF cuando el motor esté funcionando porque esto provoca averías en el sistema eléctrico. En cambio, recuerde que cuando se detenga por un tiempo prolongado o si se aleja del tractor forestal, es necesario sacar la llave. También debe extraerse cuando se realice el mantenimiento del sistema eléctrico.



Figura 4.23. Interruptor general

B) Interruptor de parada de emergencia

Está ubicado en el panel central de comandos de la cabina, en posición de muy fácil acceso para que cuando sea necesario realizar una parada de emergencia, se pueda efectuar muy rápidamente. El interruptor se activa presionándolo con los dedos o con la palma de la mano.

C) Unidad de encendido

En la figura 4.23, la llave unidad de encendido se encuentra en posición de reposo. Si se gira la llave de encendido en el sentido de las agujas del reloj hasta el primer nivel, se conectará la unidad de encendido. En algunas máquinas hay una posición de calentamiento previo.

Para arrancar la máquina se gira la llave de encendido hasta el tope y se mantiene girada hasta que arranque el motor. Después se suelta. Si se desea apagar el motor hay que girar la llave hacia la posición inicial.

En los tractores forestales tipo *skidder* o antiguos, existe una **palanca de parada del motor**. Esta palanca accionada hacia la posición del conductor ahoga el motor provocando su parada. Para arrancar, debe accionarse empujándola hasta hacerla descansar en el salpicadero.

En algunos modelos de tractor existe un sistema auxiliar de arranque para las situaciones de frío que suele estar en el cuadro. Este mecanismo debe utilizarse de forma moderada, ya que usarlo en exceso provoca averías en el motor. Una vez que el motor ya funcione con normalidad debe suprimirse. En algunas máquinas, este sistema funciona con éter, lo que debe tenerse en cuenta por sus consecuencias para la seguridad del trabajador, que se describen en la parte de seguridad de este manual.

D) Pedal del freno

Sirve para reducir la velocidad del tractor o para detenerlo. Se acciona por empuje con el pie izquierdo presionando hacia abajo con la intensidad que se adecúa a la acción que desea hacer el conductor. Se desconecta por liberación del pedal.

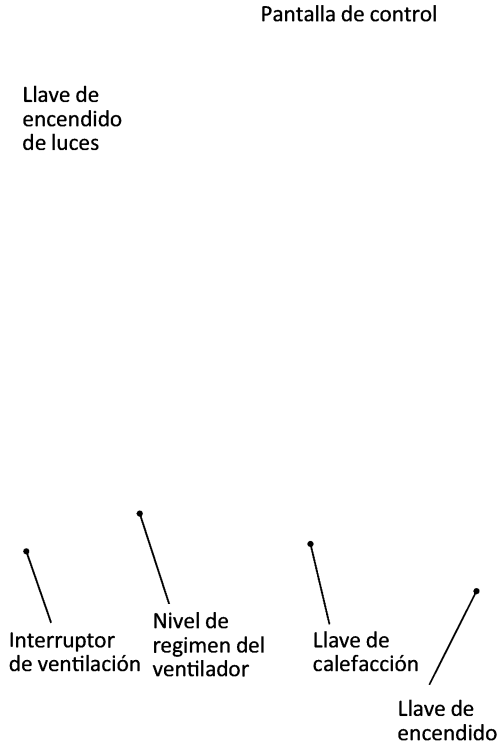


Figura 4.24. Elementos de encendido



Figura 4.25. Pedal de freno (2) y pedal de acelerador (1) en cabina de tractor forestal (Fotografía cortesía de John Deere)

E) Pedal del acelerador

Sirve para aumentar el régimen del motor y la velocidad del tractor. Se acciona por empuje con el pie derecho presionando hacia abajo con la intensidad que se adecúe a la acción que desea hacer el conductor. Siempre se debe tener presionado un grado incluso para reducir, pues el embrague hidráulico (convertidor de par) solo empieza a funcionar a partir de un número de revoluciones del motor.

En los tractores autocargadores, dada la frecuencia de ir marcha atrás, es normal que la posición del freno y del acelerador sea tanto por delante del asiento del conductor como por detrás, incluso se encuentran accesibles al mismo pie (pie derecho).

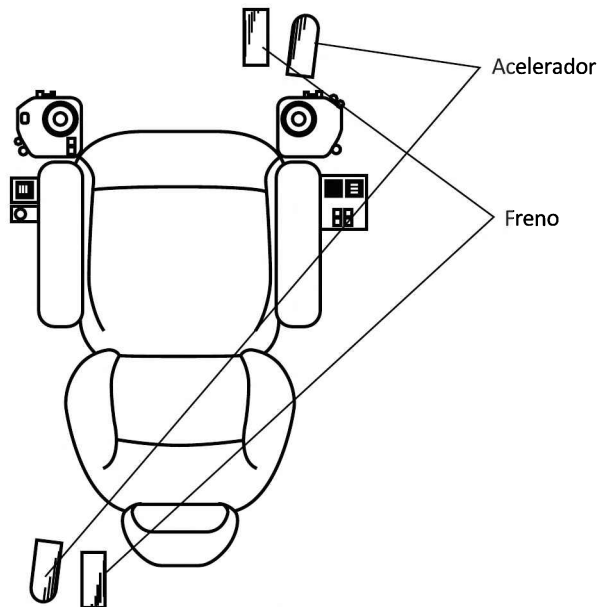


Figura 4.26. Vista superior del área de asiento y mandos de un autocargador con doble pedal de freno y acelerador

F) *Volante de control de dirección del tractor*

Aunque antiguamente la dirección se controlaba por el efecto de una palanca que actuaba sobre los émbolos de posicionamiento de los 2 semichasis del tractor, hoy día se utiliza el volante clásico, aunque muchas veces también se controla a través de los joystick. En este caso el conductor debe interrumpir de forma expresa el volante de la dirección y de esta forma se activa el control a través del joystick. Para volver a controlar la dirección a través del volante no hace falta activar ningún interruptor, basta con modificar la posición del volante.



Figura 4.27. Joystick de control de dirección en tractor forestal

G) *Palanca de control de la transmisión*

Antiguamente la transmisión estaba formada por varias palancas, pero en la actualidad está integrada en una sola, que tiene dos movimientos: uno de desplazamiento hacia adelante y atrás para seleccionar el sentido de avance y otro de giro para seleccionar la marcha (control de velocidad).

- Selector de sentido:
 - Avance: Con la palanca desplazada hacia adelante se consigue que el tractor avance hacia adelante.
 - Retroceso: Con la palanca desplazada hacia atrás se consigue que el tractor avance hacia atrás.
 - Punto muerto: Con la posición de la palanca entre medias de las anteriores la transmisión no actúa.
- Selector de velocidades: Como ya se ha indicado, el hecho de que los tractores actuales incorporen embragues hidráulicos (convertidor de par) hace que las necesidades de cambio de marchas sea muy pequeña, pudiendo existir 2, 3 y hasta 4 velocidades, que se accionan por giro de la palanca de control de la transmisión.

H) *Palanca de bloqueo del diferencial*

Cuando el tractor está trabajando en terreno blando, y siempre que la velocidad del tractor sea menor a 2 km/h, se puede activar el bloqueo del diferencial para evitar posible patinado

del tractor. Esta palanca suele disponerse junto a la palanca de control de transmisión, muchas veces es un simple interruptor.

I) Palanca de bloqueo de la oscilación del tractor

El tractor, al estar formado por 2 semichasis, permite que un semichasis pueda girar respecto del otro semichasis para facilitar el contacto de todas las ruedas con el suelo, aún a pesar de las irregularidades del suelo, pero en ciertas ocasiones puede interesar limitar esta oscilación, sobre todo cuando existe el peligro de vuelco. Por eso existe la posibilidad de bloquear esta oscilación, mediante la incorporación de una palanca o un simple interruptor que activa el freno que impide la oscilación.

J) Bloqueo de la dirección

Cuando se quiere transportar el tractor e impedir que el semichasis delantero y trasero puedan moverse, se debe conectar el bloqueo de dirección, moviendo la traba del bastidor de dirección al bastidor trasero e instale un pasador fijo mediante una chaveta.

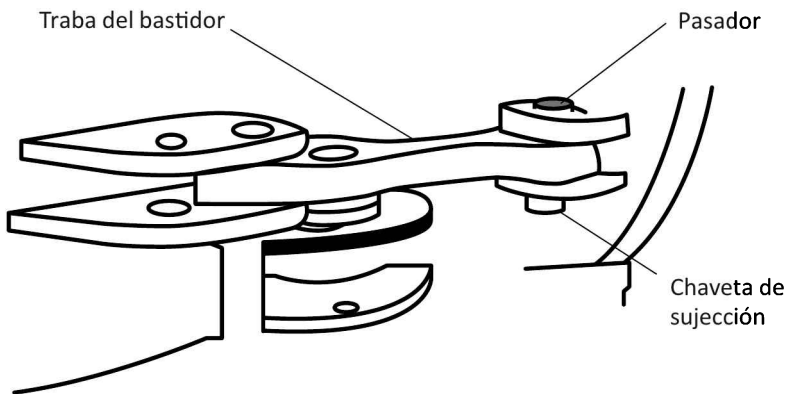


Figura 4.28. Bloqueo de dirección

K) Palanca de control de la pala frontal

La palanca de control de la pala frontal se mueve por desplazamiento hacia adelante y atrás provocando las siguientes acciones:

- Descenso de la pala: Se consigue por accionamiento de la palanca hacia adelante.
- Elevación de la pala: Se consigue por accionamiento de la palanca hacia atrás.
- Hoja en posición fija: Se consigue al dejar de accionar la palanca, ya sea hacia adelante o hacia atrás. La palanca regresa a la posición intermedia.

L) Palanca de control del cabrestante

Esta palanca dispone de 5 posiciones siguientes:

- Torno libre. En esta posición se puede mover libremente el cable enrollado en el torno. Se utiliza esta posición para cuando se quiere extender el cable para realizar los enganches de las trozas. Se accede a esta posición moviendo la palanca desde la posición de torno frenado. Una vez colocada en esta posición, la palanca se queda en ella, para cambiarla se necesita moverla manualmente.
- Torno frenado. En esta posición se queda frenado el torno y no es posible mover el cable. Cuando se deja de actuar en esta posición la palanca regresa a la posición de torno fijo, en donde el cable no se puede mover.
- Freno del torno desconectado. En esta posición el freno del torno se desconecta, con lo cual se puede tirar del cable. Si se deja de actuar en esta posición la palanca regresa a la posición de torno fijo, en donde el cable no se puede tirar.
- Torno fijo. En esta posición el freno del torno está totalmente conectado, con lo cual el cable queda fijo. Una vez colocada en esta posición, la palanca se queda en ella, para cambiarla se necesita moverla manualmente.
- Enrollado del torno. En esta posición el torno está movido por la transmisión del tractor, de forma que enrolla el cable. Si se deja de actuar en esta posición la palanca regresa a la posición de torno fijo, en donde el cable no se puede tirar. Como puede comprenderse, es esta la posición que coloca el conductor del tractor para cuando, una vez que está enganchadas las trozas, las recoge hasta situarlas en la parte trasera del tractor, de forma semisuspendida.

M) Palanca/s de control de la grúa

Como es natural existen diferentes tipos de mandos:

La versión más simple de comandos de control es un comando hidráulico-mecánico de solo cuatro palancas o comandos. Los dos comandos centrales son para bajar o levantar ambas patas de apoyo. Mientras que los otros dos comandos vienen con un sistema de movimientos múltiples que permite controlar los movimientos que se realizan con la grúa, tanto los movimientos de la garra, el rotator y de los brazos de la grúa, abriendo o cerrando la garra, girando el rotator, extendiendo o recogiendo o incluso girando los brazos de la grúa.

El comando de control eléctrico, conocido como "HE" actúa sobre el conjunto de los pistones. Está formado por 2 joysticks con

Figura 4.29. Palancas de accionamiento de la grúa hidráulico-mecánica

botones que actúan como cambiadores eléctricos. Con esos botones se selecciona el pistón sobre el que actuar y con el joysticks se controla su apertura, velocidad, giro, etc. Realmente con el joystick se puede controlar todo el tractor, por lo que muchas veces se le integra junto al asiento del conductor.

Figura 4.30. *Palancas de accionamiento de la grúa de control eléctrico*

En la figura 4.31 se aprecian los principales elementos de los joystick izquierdo y derecho, con las funciones que realizan.

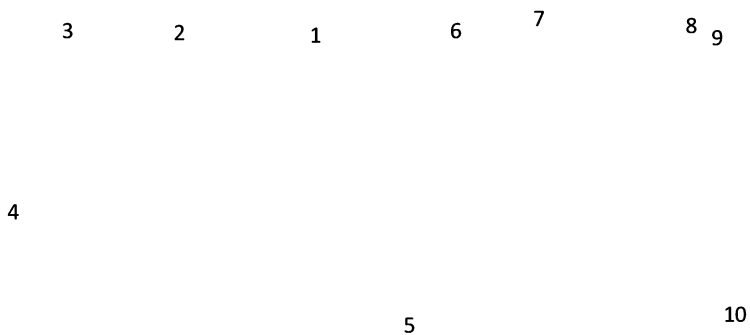


Figura 4.31. *Elementos del joystick*

Siendo:

1. Palanca de control del brazo, brazo extensible y el movimiento de rotación de la grúa. Se puede mover adelante-atrás, a izquierda y derecha y con ello hacer moverse en esas direcciones a la grúa.
2. Interruptor permite manejar a izquierda y derecha, la dirección del tractor.
3. Interruptor del bloqueo del diferencial.
4. Selector del sentido de marcha.
5. Selector de marcha del tractor.
6. Palanca de control de la grúa y de la grapa. Se puede mover adelante-atrás y con ello hacer moverse hacia abajo, arriba, la grúa y a izquierda y derecha para hacer girar la grapa.
7. Interruptor del control de inclinación hacia adelante y atrás de la grúa, de la retracción o extensión del brazo extensible de la grúa y de la apertura y cierre de la grapa.
8. Interruptor de momentáneo del limpia parabrisas.
9. Interruptor del bloqueo de la oscilación de los semichasis.
10. Interruptor de modalidad de conducción (monte/carretera)

El comando Control Remoto Hidráulico, "HR" y estos vienen separados del conjunto de pistones y el control hidráulico se consigue a través de una caja de control eléctrico. Este sistema de control es fácil de instalar por venir con un sistema de acople rápido y sencillo. Otra ventaja es la posibilidad de generar en la cabina del tractor condiciones de operatividad mucho más ergonómicas y confortables.

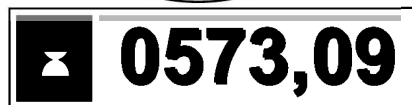
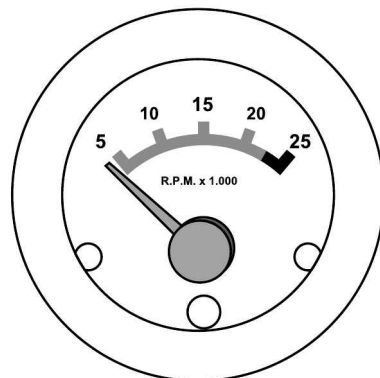
N) Otros elementos del cuadro de mandos

Interruptor de encendido de las luces

Aunque hay diferentes opciones, las luces que se activan desde el cuadro de mandos de un tractor son las de trabajo y las propias del cuadro. Frecuentemente, ambas están en un mismo mando. Con un primer giro se suelen encender las del tablero de mandos y con otro giro posterior las de trabajo. Tiene, por tanto, tres o cuatro posiciones: apagado, encendido de las luces del tablero, encendido de las luces de trabajo, encendido de todas las luces.

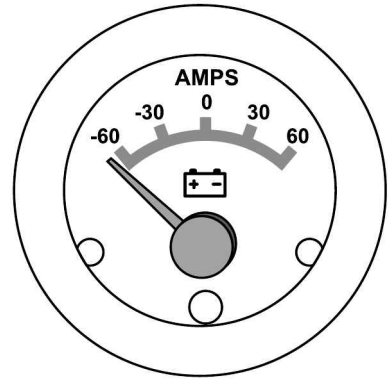
Tacómetro, horómetro

Mide el número de revoluciones y el número total de horas de operación del motor. Sirve de referencia para calcular los intervalos de servicio y mantenimiento.



Indicador de temperatura del agua refrigerante del motor

Muestra la temperatura del refrigerante. La temperatura de trabajo suele estar entre 60 y 140 °C. Habitualmente, estos son los límites de la zona coloreada de verde en el mando del panel, apareciendo otras zonas, generalmente en color rojo, cuando el límite superior se rebasa.



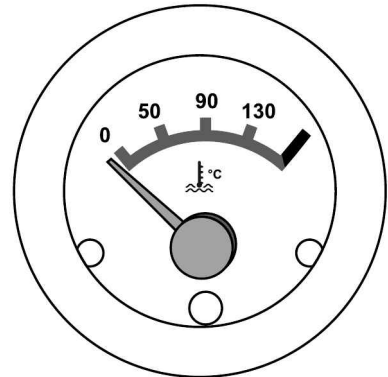
Manómetro de presión del aceite del motor

Amperímetro

Indica el régimen de carga del alternador. Normalmente, los indicadores señalan el valor cero o valores positivos cuando la carga es correcta.

Indicador de temperatura de aceite de la transmisión

Muestra la temperatura del aceite en grados centígrados. La temperatura de trabajo suele estar entre 120 y 140 °C (zona verde). Normalmente, un tractor precisa hasta 30 segundos desde su encendido para que el aceite llegue a la temperatura idónea. Cuando esto no sucede, debe apagarse el motor y comprobar posibles problemas, sin volver a encenderlo hasta que se solucione la anomalía. Si se activa el indicador con el motor en marcha, hay que detener el motor y comprobar el nivel de aceite.



Indicador del nivel de combustible

Interruptor de control del limpia-parabrisas delantero y trasero

Palanca de intermitentes, normalmente situadas a la derecha del volante

Interruptor de alarma, normalmente situado junto al interruptor de luces

Alarma de marcha atrás

Cuando el tractor retrocede, debe sonar una alarma que se activa al colocar la palanca de control en la posición de «retroceso» o «marcha atrás». La mayoría de los tractores permiten regular la intensidad del tono de la alarma por medio de un mando con tres posiciones

(volumen alto, medio, bajo) que está situado en la parte posterior de la propia alarma. La mayoría de los fabricantes ajustan de serie el tono a la posición de volumen «alto».

Interruptor de bocina

Suele situarse en el volante o en la palanca de cambio de sentido o en otra palanca. Hay tractores forestales que presentan mandos de accionamiento tipo botón o pulsador situados en el cuadro.



Figura 4.32. Interruptores en cuadro de mandos de una cabina

Indicador de servicio del filtro del aire

Reseña las obstrucciones en el flujo de aire al motor. Normalmente, muestra un color rojo cuando es necesario realizar el mantenimiento/cambio del filtro o de sus elementos. Este indicador puede estar en el propio motor, siendo visible sobre él. Una vez que se realiza el mantenimiento/cambio de filtro o sus elementos, es necesario restablecer el circuito y devolver el indicador a su posición original, para lo cual suele existir un botón u otro tipo de mando específico.

Interruptores de calefacción o/y aire acondicionado

Fusibles y disyuntores

Cuando un circuito eléctrico no funciona, debe verificarse el fusible que corresponda a la función anómala. Si es preciso reemplazar frecuentemente los fusibles, lo más probable es que exista algún problema en el sistema. Siempre deben cambiarse los fusibles que presentan filamentos dañados o rotos. Una vez solucionado el problema, se debe cerrar el circuito eléctrico por medio de un mando (botón o pulsador generalmente) que suele estar situado en el cuadro de mandos.

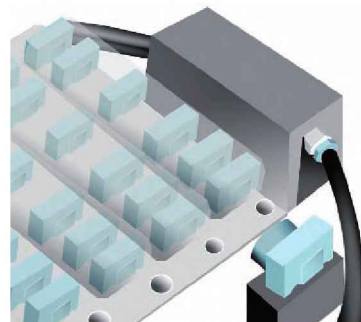


Figura 4.33. Cuadro de fusibles

4.1.2.4. Frenos

Dada la envergadura de las cargas desplazadas por los tractores, la eficacia de los frenos es fundamental para la seguridad del conductor. Asimismo, la acción de frenado debe facilitarse en la mayor medida al conductor, por esas mismas razones de seguridad, por lo que normalmente se realiza a través de un circuito hidráulico o por aire comprimido, por presión de una zapata sobre los discos de las ruedas o sobre el eje de transmisión (Figura 4.34).

Como factor de seguridad en el frenado del tractor, se dispone, además de un freno de estacionamiento, de la pala *bulldozer* frontal, que puede ser aplicada al suelo inmovilizando el tractor.

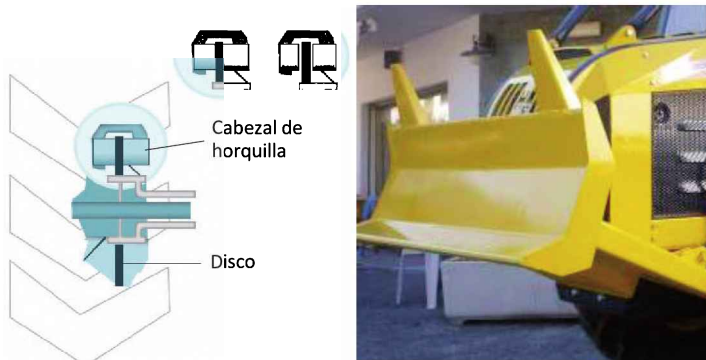


Figura 4.34. Freno de disco y detalle de la pala frontal

4.1.2.5. Estabilidad

Los principales riesgos en el trabajo con tractores forestales tienen lugar durante la saca en sentido descendente o, en terrenos en pendiente, por riesgo de **vuelco** lateral o incluso longitudinal.

4.1.2.5.1. Cabina de seguridad

Como elemento de **seguridad pasiva**, el tractor debe estar diseñado adecuadamente para que, en caso de vuelco, se proteja la integridad del operario. A este respecto, debe cumplir la normativa internacional de homologación de cabinas antivuelco (**ROPS**). Los tractores forestales tienen que diseñarse y fabricarse de forma que tenga la suficiente estabilidad para que durante su normal uso no tenga riesgo de que vuelque.

- Para evitar daños personales en el caso de que el tractor vuelque, este deberá incorporar unos dispositivos de protección contra el riesgo de vuelco (**ROPS**, *Rolling Over Protection System*). Estos dispositivos tienen cabinas cerradas (dotadas de puertas y cristales) a los bastidores de 4 postes (abiertos) y a los bastidores de 2 postes (también llamados arcos), estos últimos pueden ser delanteros o traseros, dependiendo de si están dispuestos delante o detrás del conductor.

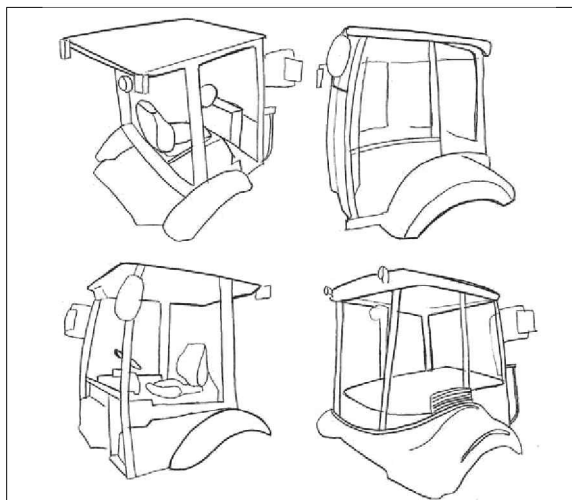


Figura 4.35. Cabina ROPS

El tractor dispone de cabina antivuelco **ROPS**. No se debe abandonar nunca la cabina en caso de vuelco

Estos dispositivos deben superar dos métodos de ensayo, uno dinámico en el que el tractor debe superar una serie de impactos y de aplastamiento y otro estático en el que al tractor se le somete a empujes y aplastamientos mediante un cilindro horizontal de doble efecto. El fin de estos ensayos es comprobar lo que pasaría en un vuelco real y comprobar que la estructura resiste, dejando libre una zona de supervivencia para el conductor.

Otras **medidas preventivas** en relación con el peligro de vuelco son las siguientes:

- Estructuras de protección contra el riesgo de caídas de objetos (**FOPS**, *Falling Over Protection System*). El tractor debe disponer de una cabina cerrada que permita resistir las caídas de objeto. Para comprobar esta resistencia, las cabinas se ensayan para comprobar que resiste la posible caída de troncos, ramas, trozas, elementos que normalmente manejan los tractores forestales. El ensayo consiste en dejar caer un objeto, cuya masa y forma varía según la norma, desde una altura determinada también por la norma, y comprobar que la estructura resiste sin romperse o alcanzar la zona de seguridad del operario.

Estos dispositivos protegen a los conductores de posibles golpes que puedan producir las trozas de madera transportados en el remolque o manipuladas por la grúa.

- Estructuras de protección contra penetración de objetos (**OPS**). El objetivo del ensayo es comprobar la resistencia de una estructura de protección de un tractor o maquinaria forestal contra la penetración de objetos como troncos o ramas. El ensayo se realiza aplicando una carga determinada sobre el lateral y frontal de la estructura, para ver que no penetra dentro e interfiere con la zona de seguridad del operario.

4.1.2.5.2. Estabilidad en sentido transversal

El tractor mantendrá la estabilidad transversal siempre que el cociente entre la mitad de su anchura y la altura sobre el suelo de su centro de gravedad sea inferior al valor de la pendiente expresado en tanto por uno. Por tanto, el tractor será tanto más estable cuanto más ancho sea y cuanto más bajo sea el centro de gravedad, pero ni la anchura se puede aumentar indiscriminadamente, porque disminuye la movilidad, ni la altura del centro de gravedad se puede reducir porque disminuye la capacidad de salvar obstáculos.

Aunque en la construcción se opta por una solución intermedia donde en teoría la estabilidad está garantizada en pendientes laterales del 35%, en la **realidad** el límite es muy inferior, debido a la existencia de obstáculos que desequilibran al tractor, y a que el centro de gravedad del tractor articulado cambia de posición desfavorablemente cuando este gira hacia la pendiente.

El desarrollo de los trenes de rodaje ha mejorado en gran medida la estabilidad transversal. Dotando al tren de rodaje de *bogies* se consigue una disminución de los desequilibrios porque, al sobrepasar un obstáculo del terreno, el eje del *bogie* solo se levanta sobre el suelo en una altura equivalente a la mitad de la del obstáculo (Figura 4.36).

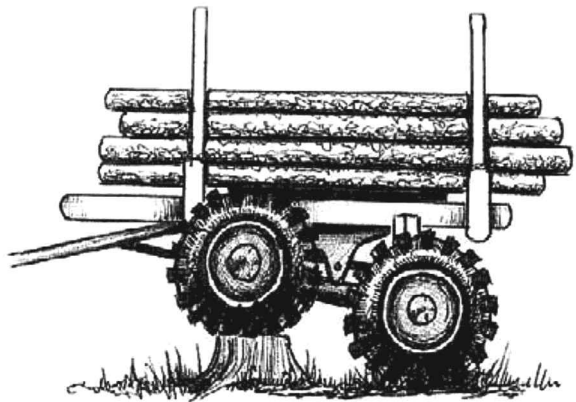


Figura 4.36. Funcionamiento de un bogie

4.1.2.5.3. Estabilidad en el sentido de la marcha

El tractor será más estable cuanto más bajo y adelantado se sitúe su centro de gravedad. Por ello, al contrario de lo que sucede en los tractores agrícolas, la mayor parte del peso se sitúa en la **parte delantera** del tractor. Con el tractor sin carga, al eje delantero le corresponden dos tercios del peso del vehículo y al trasero el tercio restante.

4.1.2.6. Robustez

Por último, otra importante condición que se exige a un tractor forestal es su robustez, como consecuencia de la dureza de los trabajos que realiza y de las condiciones en las que se desarrolla dicho trabajo.

Ello obliga a disponer de un chasis especialmente resistente para proteger los órganos de la máquina de los golpes, así como del polvo y barro que pueden deteriorarlos. Es particularmente interesante dotar al tractor de una pala frontal para eliminar pequeños obstáculos o abrir trochas, además de otras funciones (apilar madera, anclaje...).

Con respecto al motor, la robustez implica que:

El motor debe ser **diésel** porque, además de su mayor vida, consume menos y del combustible más barato. También, al ser más pesado, proporciona una mayor tara, mejorando la adherencia.

Dentro de los motores diésel, interesan los motores **lentos**, (también más robustos, económicos y pesados que los rápidos) con relación carrera-diámetro del émbolo pequeña, (más fiable y económico, pero más ligeros que los de relación alta), y con un número de cilindros elevado a costa de un menor volumen, pues aunque proporcionen peor rendimiento de la combustión, son más robustos y pesados.

En cuanto a la **turboalimentación**, la elección no es siempre muy clara: a las ventajas de los motores turboalimentados (invariabilidad de la potencia con la altitud, economía y mayor aceleración), se contraponen su mayor ligereza e inferior robustez a igualdad de potencia.



Figura 4.37. Bogie de accionamiento forzado

4.1.2.7. Los neumáticos de los tractores forestales

Los neumáticos son los elementos del tractor que tienen como misiones más importantes:

- Servir de soporte al vehículo y a la carga de madera transportada.
- Transmitir al suelo la presión derivada del peso del sistema vehículo-carga.
- Transmitir al suelo la fuerza de tracción (adherencia) que llega a los ejes tractores, procedente del par motor.

Las dimensiones, estructura y calidad de los neumáticos influyen en el comportamiento del vehículo y en su interacción con el terreno, y su elección es, por tanto, uno de los parámetros que afecta al **rendimiento** y al **coste horario** del tractor, así como a sus efectos ambientales.

Si en todo tipo de vehículos la elección adecuada de los neumáticos es de gran importancia, por ser el único nexo de unión al terreno, en el caso de los tractores forestales puede ser **determinante** en su comportamiento. El tractor forestal está pensado para transitar sobre el suelo del monte, es decir, sobre un terreno que no ha recibido ninguna preparación tendiente a facilitar la circulación de vehículos. Este medio se caracteriza por su agresividad hacia el neumático y por ser muy heterogéneo. Las condiciones cambian constantemente

al variar las cualidades físicas del suelo, la humedad, la pendiente, la cubierta vegetal, la pedregosidad, y los obstáculos naturales. Esta variabilidad dificulta extraordinariamente la transitabilidad del tractor y es la causa de que, con mucha frecuencia, se presenten situaciones límite tanto de estabilidad como de adherencia.

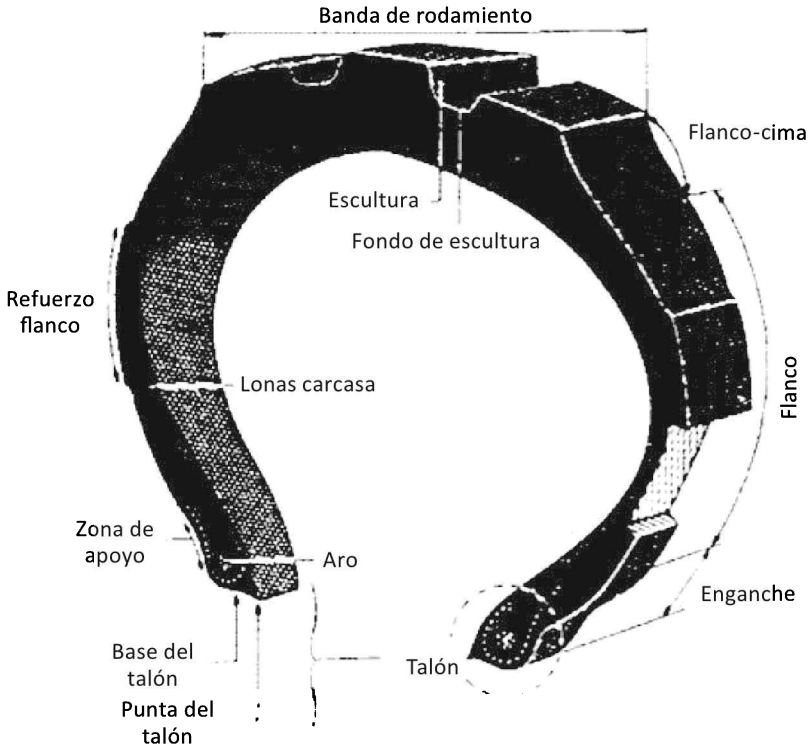


Figura 4.38. Elementos de la cubierta de un neumático

Se espera de un neumático forestal que proporcione **seguridad, fiabilidad y alto rendimiento** (adherencia) a la máquina bajo la que se monta. Por consiguiente, se le exige que sea duro, para resistir los sobreesfuerzos a que se ve sometido al acometer obstáculos; que sea resistente a los pinchazos y a los cortes de las rocas; que sea elástico para absorber los esfuerzos derivados del tránsito sobre un medio heterogéneo; que sea polivalente para adaptarse a situaciones diversas, y que sea lo más barato posible, para que los costes de reposición no sean tan altos que obliguen a utilizar unos neumáticos más horas de las que serían recomendables siguiendo criterios de seguridad.

Vemos pues que a un neumático se le piden demasiadas cosas, y que algunas de ellas son antagónicas. El diseño y fabricación de un neumático contemplan y tratan de conjugar todas estas exigencias y, para ello los fabricantes utilizan técnicas y tecnologías muy sofisticadas que, en general, son desconocidas e infravaloradas por el usuario. Es por esta causa por lo que los neumáticos destinados a los tractores forestales deben diseñarse de forma especial, de acuerdo con la función que desarrollan.

Los tractores forestales son vehículos cuya potencia oscila entre 100 y 175 CV, con 4, 6 u 8 ruedas, en general todas tractoras, que desarrollan velocidades pequeñas (entre 1 y 20 km/h), con chasis articulado y dirección por giro de un semichasis respecto al otro. El tipo de trabajo desarrollado depende del tipo de tractor. Los **autocargadores** están diseñados para transportar la madera totalmente suspendida sobre el remolque, mientras que los **tractores arrastradores** desembrasan la madera arrastrándola sobre el suelo forestal. Circunstancialmente pueden realizar trabajos de empuje con la cuchilla delantera. El terreno por donde circulan es suelo forestal, distinguido por la elevada pendiente, la abundancia de obstáculos (tocones, restos de material leñoso, piedras, rocas y otros materiales de carácter abrasivo y cortante), así como por su escasa adherencia y su relativa facilidad de deformación y, por tanto, compactación.



Figura 4.39. Estructura de un neumático forestal

Los neumáticos forestales son los únicos diseñados para trabajar en tales circunstancias. Son neumáticos anchos con una amplia superficie de contacto con el suelo que permite distribuir mejor el peso y reducir la compactación, favoreciendo la capacidad tractora de la máquina. Su escultura, a base de tacos altos, resistentes al arranque, permite el anclaje sobre el suelo paliando en parte la falta de adherencia del conjunto suelo-neumático (Figuras 4.38 y 4.39).

Los neumáticos forestales son los únicos diseñados para trabajar en tales circunstancias. Son neumáticos anchos con una amplia superficie de contacto con el suelo que permite distribuir mejor el peso y reducir la compactación, favoreciendo la capacidad tractora de la máquina. Su escultura, a base de tacos altos, resistentes al arranque, permite el anclaje sobre el suelo paliando en parte la falta de adherencia del conjunto suelo-neumático (Figuras 4.38 y 4.39).

Su estructura admite una capacidad de carga elevada como resultado del trabajo que realizan. Esta característica es la causa de que prácticamente todas las cubiertas tengan una arquitectura convencional reforzada. No se utiliza la arquitectura radial (Figura 4.40).

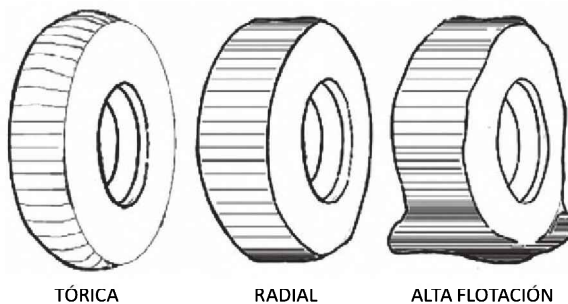


Figura 4.40. Tipos de perfiles de los neumáticos

La **presión de inflado** del neumático es determinante en el comportamiento del mismo y está estrechamente ligada a la arquitectura de la cubierta y a la carga. Los neumáticos forestales deben transmitir bajas presiones al suelo para evitar su compactación, pero al

mismo tiempo, deben soportar cargas muy altas. Los fabricantes en sus catálogos exponen la presión ideal de trabajo en función de la carga y la velocidad. Una **presión más baja** de la recomendada mejora la movilidad del tractor al adaptarse a los obstáculos, pero la cubierta sufre unas deformaciones que disminuyen su vida útil. Una **sobrepresión** aumenta la profundidad de las rodadas y la compactación del suelo, dificultando la superación de obstáculos y la conducción.

Es imprescindible una elevada **resistencia** a cortes y perforaciones, tanto en la banda de rodamiento como en los flancos y en la unión entre la cubierta y la llanta. Esto exige que la estructura de la cubierta esté reforzada habitualmente **con mallas de cable de acero** por debajo de la banda de rodamiento. Los flancos son, generalmente, los puntos débiles del neumático y deben ser objeto de especial atención utilizando gomas más anchas y más resistentes. La unión entre el talón y la llanta, así como la válvula de inflado deben estar protegidos para impedir la entrada de cuerpos extraños.

A pesar del desarrollo de la investigación y de las constantes innovaciones tecnológicas, la **fabricación** de un neumático forestal es un proceso muy complicado donde intervienen muchas variables

Es, por tanto, muy recomendable dejarse aconsejar por expertos cuando se trata de montar unos neumáticos nuevos, cuyo coste puede representar el 10% del coste total del tractor. Una vez montados los neumáticos seguirá siendo preciso atender a las sugerencias del fabricante en cuanto a presión de inflado y capacidad de carga, para obtener un óptimo rendimiento en el trabajo.

4.2. TÉCNICAS Y ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

4.2.1. Conducción general del tractor

Los tractores forestales son vehículos especiales que se mueven en un terreno muy complicado y difícil por lo que para realizar una conducción segura y productiva se debe tener una técnica adecuada. Se deben considerar numerosos aspectos que se desglosan a continuación.

4.2.1.1. Conocimiento del tractor

Lo primero que tiene que tenerse en cuenta es que el conocimiento del manejo de los tractores forestales puede permitir la realización del trabajo de forma más rápida, eficaz y segura, lo que redundará en beneficio de su conductor al que le permite completar su trabajo en menos tiempo, con menor fatiga y reduciendo los riesgos laborales.

El conductor debe recibir **cursos de formación** para el adecuado manejo del equipo y adquirir experiencia (son necesarios entre 4 y 8 meses para llegar a alcanzar productividades del 100% con el tractor forestal).

4.2.1.2. Planificación del trabajo

El trabajo debe prepararse y **planificarse** previamente, tanto para mejorar la efectividad de dichos trabajos como para reducir los riesgos de accidentalidad. La **legislación** sobre el medio de trabajo establece que el trabajo debe prepararse, planificarse y realizarse con gran cuidado para que puedan evaluarse las condiciones de **seguridad y salud** en el lugar de trabajo.

FICHA DE RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE CORTA MONTE JARRIC		Nº 12																													
PROPIEDAD Y CABIDAS Propietario: <i>Koldo Urionabarrenetxea (Casario Urkolea) Balmaseda</i> <i>94.5566.FPB</i> Cabida: Total: aprox. 8 ha Explotable: 6,5 ha Tipo: <input checked="" type="checkbox"/> Particular <input type="checkbox"/> Comunal <input type="checkbox"/> Pública <input type="checkbox"/> Otras		IDENTIFICACIÓN Fecha: <i>25-10-93</i> Encargado: <i>MA</i>																													
ACCESO Y CARGADEROS T.Municipal: <i>Urrioz</i> Nombre del paraje: <i>Amillari</i> Itinerario <i>Urrioz → Balmaseda</i> → Carretera general a 500 m de la fábrica de aluminio Via de acceso de camiones <input type="checkbox"/> Pista de tierra <input type="checkbox"/> con limitación de tonelaje <input checked="" type="checkbox"/> Pista de zahorra <input type="checkbox"/> Carr. asfaltada <input type="checkbox"/> otras Altitud: <i>400 metros</i>		CROQUIS 																													
PISTAS EXISTENTES LONGITUD: <i>400 m</i> TIPO: <input type="checkbox"/> privada <input type="checkbox"/> pública ANCHURA: <i>4 m</i> <input checked="" type="checkbox"/> municipal <input type="checkbox"/> otra PODER PORTANTE <i>Bueno</i> PENDIENTE <i>0 a 5 %</i> desembosque en: <input checked="" type="checkbox"/> subida <input type="checkbox"/> bajada																															
PARCELA PENDIENTE <i>5 AL 10%</i> PODER PORTANTE <i>BUENO SALVO MÁRGENES ARROYO</i> OBSTÁCULOS <input checked="" type="checkbox"/> zanjas <input type="checkbox"/> trampales <input checked="" type="checkbox"/> arroyos <input type="checkbox"/> terrazas <input type="checkbox"/> taludes <input checked="" type="checkbox"/> rocas <input type="checkbox"/> charcas <input type="checkbox"/> otros		TIPO DE CLARA <i>1 LÍNEA 15 + SELECTIVA</i> <input checked="" type="checkbox"/> 25 % <input type="checkbox"/>																													
MASA FORESTAL ESPECIE: PRINCIPAL <i>radiata</i> OTRAS: EDAD <i>20</i> SENTIDO DE LÍNEAS: <i>máx. pendiente</i> ESPACIAMIENTO (entre líneas): <i>22 m</i> entre plantas: <i>1,8 m</i> DENSIDAD TEÓRICA: <i>2225</i> HOMOGENEIDAD <i>bueno</i> %NO MARCADOS: <i>17 %</i> CONFORMACIÓN DENSIDAD PRÁCTICA: <i>unos 2100</i> pies/ha		SENTIDO DE CALLES <i>SEGÚN LÍNEAS DE PLANTACIÓN</i> LINDEROS A CONSERVAR <i>NO</i> VÍAS DE SACA <i>A APROX. 10 M. DEL ARROYO</i> CLÁUSULAS PARTIC.: <i>REPARACIÓN DE PISTA</i> ÉPOCA <i>TIEMPO SECO (PISTA DE TIERRA EN MAL ESTADO)</i> PLAZO <i>JUNIO 1993</i> PRODUCTOS A EXTRAER APEAS (TRITURACIÓN) <i>L-2 m D > 8 cm</i> OTROS % = APROVECHAMIENTOS CERCANOS:																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Árbol medio</th> <th rowspan="2">diám. normal</th> <th colspan="2">sistemática</th> <th colspan="2">selectiva</th> </tr> <tr> <th>15,0 cm</th> <th>11,4 cm</th> <th>12 m</th> <th>55 dm³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Altura total</td> <td>13 m</td> <td>17,5</td> <td>25%-4 LÍNEAS</td> <td>4,20</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vol. unitario</td> <td>110 dm³</td> <td>4,6</td> <td>23</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">69</td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>		Árbol medio	diám. normal	sistemática		selectiva		15,0 cm	11,4 cm	12 m	55 dm³	Altura total	13 m	17,5	25%-4 LÍNEAS	4,20		Vol. unitario	110 dm³	4,6	23					69				Volumen total a extraer $\approx 480 M^3$; 700 STERES	
Árbol medio	diám. normal			sistemática		selectiva																									
		15,0 cm	11,4 cm	12 m	55 dm³																										
Altura total	13 m	17,5	25%-4 LÍNEAS	4,20																											
Vol. unitario	110 dm³	4,6	23																												
		69																													

Figura 4.41. Planificación del trabajo

Esta evaluación comprende un estudio del entorno, en donde se analicen los siguientes elementos:

- Tipo de trabajo forestal que se debe realizar, corta a hecho, corta parcial, corta final, corta de mejora, etc.
- Infraestructura existente, pistas, calles o arrastraderos, cargaderos.
- Condiciones fisiográficas del terreno, como pendiente, escabrosidad, adherencia. Se debe observar aquellos puntos que puedan suponer un riesgo especial, como el caso de zanjas, pozos, desniveles pronunciados del terreno, accesos a pistas, etc.

Con todos estos elementos se debe hacer un plan de acción de cómo se va a ejecutar ese trabajo y cómo se van a solucionar los problemas que se presentan, en especial aquellos que se refieren a la seguridad y salud.

La longitud del documento depende del carácter y la magnitud de los riesgos presentes en el entorno profesional, del tamaño de la empresa y la organización de los trabajos, etc. El texto que evalúa el lugar de trabajo debe estar disponible en la empresa y a disposición de los asalariados, así como de la Inspección de Trabajo. La evaluación del lugar de trabajo se revisa, a más tardar cada tres años, en caso de cambios en el desarrollo del trabajo, de los procesos o de los métodos de trabajo, si afectan a la seguridad y la salud de los trabajadores, o si se produce un accidente en la empresa.

4.2.1.3. Antes de arrancar

Antes de iniciar la marcha se debe **revisar** el estado del tractor. El conductor debe de efectuar las siguientes comprobaciones:

- Hacer una revisión de seguridad del exterior del tractor. Prestar especial atención al dibujo y a la presión de los neumáticos. Verificar los niveles de líquido para el aceite, el nivel del líquido de frenos, el del combustible y el del radiador.
- Mirar alrededor y debajo del tractor por si hay piezas sueltas, fugas de aceite, refrigerante o de combustible.
- Asegurarse que todos los mecanismos y aperos fijados al tractor, pala frontal *winche*, grúa y caja, están bien seguros y en buenas condiciones de funcionamiento.
- Ajustar el asiento, los espejos y la instrumentación de la forma que sea más cómoda para el conductor.
- Ponerse el cinturón de seguridad es un requisito obligatorio en todos los tractores que tienen riesgo de vuelco, como es el caso del tractor forestal.
- Comprobar el funcionamiento de la instrumentación del tractor, comprobar los frenos y la maniobrabilidad del volante.

La mayoría de las marcas tienen un **protocolo** de revisión diaria del tractor.

4.2.1.4. Arranque del tractor

Cubiertos los requisitos señalados, se puede arrancar el tractor e iniciar la marcha siguiendo las siguientes **recomendaciones**:

- Conectar el interruptor general y el freno de mano, si es que no estaban conectados; poner la palanca del control de marchas en posición de punto muerto y todas las palancas del control hidráulico de la pala frontal, *winche* o grúa, en posición fija. Pisar el embrague y algo del acelerador. Poner el interruptor de arranque en la posición de arranque y soltarlo cuando el motor arranque. Si no arranca en menos de 30 segundos, soltar la posición de arranque, dejar que descanse el motor de arranque 2 minutos y volver a intentarlo. En los casos en que la temperatura exterior sea negativa, puede ser necesario utilizar éter para facilitar el arranque: algunos tractores forestales incorporan un pequeño depósito de éter y un auxiliar de arranque.
- Arrancado el motor, mantenerlo funcionando a baja velocidad hasta que el manómetro de presión del aceite registre la presión adecuada. Si transcurridos 10 segundos no hay presión suficiente en el aceite, parar y averiguar la causa. También se debe comprobar el indicador del filtro del aire, pues si se enciende en rojo se deberá parar el motor y limpiar o sustituir el filtro.
- Tener el motor trabajando con carga ligera durante los primeros 5 minutos.

4.2.1.5. Movimiento del tractor

- Asegurarse de que el área alrededor del tractor está libre de personas u obstáculos; tras ello, levantar la pala frontal utilizando la palanca correspondiente e iniciar la marcha liberando lentamente el embrague y pisando ligeramente el pedal del acelerador.
- Conducir con el acelerador a medio gas. Esto, además de ahorrar combustible, evita patinazos, derrapes y otras incidencias que al final suponen paradas y pérdidas de tiempo innecesarias, además de poner en riesgo la conducción.
- Conducir con precaución evitando terraplenes escarpados y pendientes resbaladizas.
- Si la visibilidad es reducida, por niebla o por efecto de la incidencia directa del sol, tomar especiales medidas de precaución incluso si es necesario pararse.
- En marcha atrás, girar el asiento si el tractor lo permite para conducir de frente; si no lo permite, utilizar los espejos y cualquier otra ayuda a la que se pueda recurrir.
- Mantenerse alejado de las zanjas. Si no pueden evitarse, tener un cuidado extremo, especialmente cuando la superficie está suelta o húmeda o el borde está oculto por la maleza.

4.2.1.6. Variables del trabajo: velocidad, solicitud de potencia, reglajes y regulaciones, recorridos y circuitos de trabajo

La mayoría de los tractores forestales no utilizan transmisión clásica. Están equipados con **convertidor de par** y con servotransmisión, multiembrague o el *powersift*. Incluso pueden

tener toda la transmisión hidrostática. Se busca evitar los cambios continuos de marcha necesarios para adaptarse a las variaciones de requerimientos de potencia del tractor.

Para explicar este capítulo se supondrá que el tractor está equipado con un sistema de transmisión clásico de embrague monodisco y una caja de cambios mecánica. Supongamos que el tractor forestal con una potencia nominal de P (CV), con ruedas de diámetro D (m), que tiene 4 marchas, cada una con unos engranajes que desmultiplican el número de revoluciones del motor con las siguientes denominaciones: 1ª: F₁; 2ª: F₂; 3ª: F₃ y 4ª: F₄, si el régimen de revoluciones del motor es N (rpm), la **velocidad V** del tractor en la marcha i, sería la siguiente:

$$V_i = \pi \times D \times N / F_i \text{ (m/min),}$$

que expresado en km/h sería:

$$V_i = 0,06 \times \pi \times D \times N / F_i$$

La **fuerza** teórica F_i (kp) que ejercería el tractor sería:

$$F_i = 75 \times P / 60 \times V_i$$

Así, para un tractor que tenga:

- Potencia nominal de 120 CV.
- Diámetro de la rueda de 1,2 m.
- Factores desmultiplicadores de las marchas de 1ª a 4ª de 160; 80; 40 y 20.
- Régimen del motor es de 2.000 rpm.

Tendríamos como velocidades del tractor y fuerza de tracción de cada marcha las indicadas en la Figura 4.42.

Marcha	1a	2a	3a	4a
Velocidad (m/min)	2,83	5,65	11,3	22,61
Fuerza (kp)	53	26,5	13,3	6,6

Figura 4.42. Ejemplo de velocidades y fuerzas de un tractor

La **velocidad teórica** obtenida es realmente **mayor que la real**. Serían iguales si las ruedas no tuviesen deformación y no existiera nada de patinado. Con la fuerza no ocurre lo mismo, pues por una parte, la potencia del tractor se va perdiendo con el rozamiento de los distintos engranajes hasta llegar a las llantas (pérdida que se puede situar alrededor del 30%) y por otra la potencia del motor varía conforme varía el régimen del motor.

En la figura 4.43 se pueden observar las curvas correspondientes a la potencia efectiva o útil P, el par motor M y el consumo horario Ch, el consumo específico Ce y su relación con su evolución con el régimen del motor.

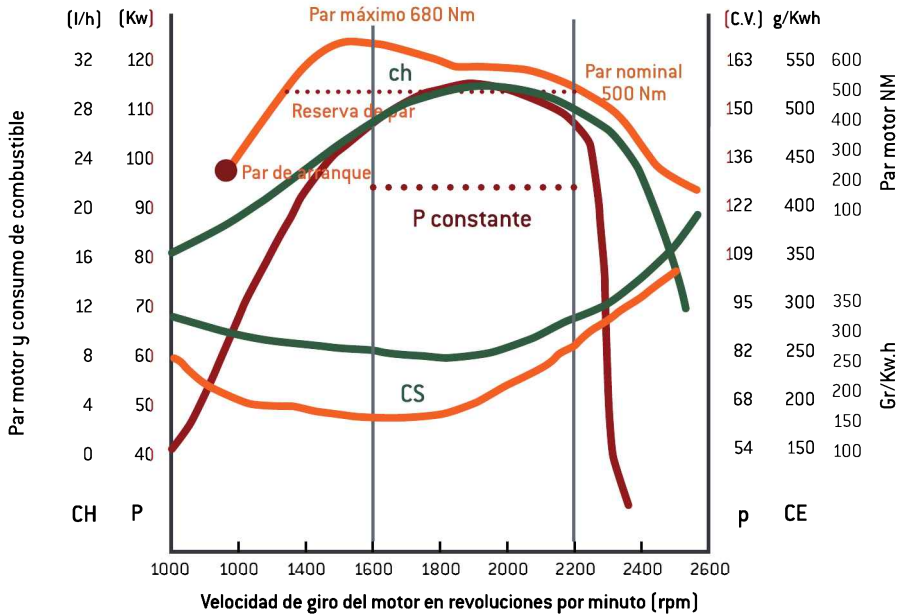


Figura 4.43. Curvas características del rendimiento del motor en función de su régimen

P: La **potencia efectiva** es función casi lineal del número de revoluciones, pero ello ocurre solo entre los valores n_{min} (número de revoluciones mínimo) y n_m (número de revoluciones máximo) de revoluciones. Por debajo de n_{min} toda la potencia que desarrolla el motor se emplea en vencer las resistencias que ofrece la transmisión, consecuencia del rozamiento interno del motor. Por encima de n_m la efectividad de la transformación es menor y el crecimiento de la potencia es cada vez menor. Conviene que el conductor siempre mantenga un régimen situado entre el n_{min} y n_m , para menos revoluciones conviene cambiar a una marcha inferior y para más revoluciones conviene cambiar a una marcha superior.

Ch: Es el **consumo de carburante por cada hora** de funcionamiento del tractor. Según la curva, a medida que se aumenta las rpm, aumenta el consumo horario de combustible.

CS: El **consumo específico** de combustible o carburante, relaciona la eficiencia de la transformación calorífica en proporcionar trabajo. En el gráfico se observa como esta transformación es decreciente con el número de revoluciones, hasta un punto situado entre el par máximo y la potencia máxima, en que empieza a crecer. El punto mínimo se denomina "Consumo específico óptimo".

M: El **par motor**, o momento de torsión, relaciona la variación de la potencia con la velocidad, es decir, la eficiencia del motor. En el rango que más par motor está disponible, es cuando más rentable sale el motor y cuando menos sufre. En el gráfico se observa que en un principio es creciente hasta n_m (par máximo), para a continuación decrecer.

Trabajar entre **1.600-2.000 rpm** es lo más adecuado para desarrollar toda la potencia del motor y tener menor consumo

Se puede apreciar en el gráfico que entre 1.600 y 2.000 rpm se aprovecha toda la potencia nominal del tractor y además es la zona de consumo específico óptimo. También es la zona en donde está disponible más par motor. Hay que procurar trabajar en esa zona, aunque se deben tener en cuenta las siguientes **consideraciones**:

- En **trabajos duros** se recomienda utilizar aquella marcha que sin acelerar al máximo, permita trabajar a un número de revoluciones por minuto (rpm) alrededor del 85% de la potencia máxima. De esta forma se tendrá un buen rendimiento de potencia y una reserva que permita hacer frente a un esfuerzo adicional temporal sin necesidad de cambiar de marcha. Por eso no se debe trabajar solo en la zona de par máximo, sino que conviene tener reserva.
- Para **trabajos ligeros** hay que buscar la marcha adecuada para que, con el acelerador a medio gas, se trabaje a un régimen de revoluciones que se sitúe alrededor del 60-65% del régimen nominal.

Cada tractor tiene sus curvas características. Es conveniente que el conductor las conozca y sepa adecuarse al régimen más adecuado del motor. Como ya se ha indicado, los tractores forestales suelen llevar transmisiones hidráulico-mecánicas o hidrostáticas para facilitar la conducción de los vehículos y para aprovechar al máximo la potencia del motor.

Esto se puede ejemplificar con la siguiente información: si con una transmisión convencional se trabaja a un régimen de 1.000 rpm, el motor está trabajando a la mitad de potencia que si estuviese a 2.000 rpm. Con un convertidor de par o con una transmisión hidrostática a 1000 rpm se aprovecharía casi la misma potencia que a 2.000 rpm, pues el convertidor de par o la bomba hidráulica funcionarían como si dispusiese de una infinidad de marchas y eligiese aquella que aprovechara el par máximo, de acuerdo con el nivel de pisada que haga el conductor del pedal del acelerador.

No es que con el convertidor de par o con la transmisión hidrostática se pueda prescindir del cambio de velocidades, pero se necesitan menos marchas y no es necesario realizar cambios con tanta frecuencia, perdiendo tiempo e impulso, dado que en cada marcha se amplifica el rango de velocidades y esfuerzos de tracción. Lo más usual es que el conductor tenga 4 marchas a seleccionar, en función de la fuerza que requiera el tractor.

4.2.1.7. Conducción en terrenos en pendientes

Antes de desarrollar este tema se debe recordar que un vehículo vuelca, tanto longitudinal como transversalmente, cuando la **proyección vertical del centro de gravedad** del tractor es exterior al rectángulo formado por las 4 ruedas. La proyección vertical del centro de gravedad es un punto ideal que se considera el punto central del peso del tractor.

Dado que los tractores forestales son, por diseño, entre 2 y 3 veces más largos que anchos, el mayor riesgo de vuelco es el **transversal**. En la conducción en zonas de pendiente se deben observar las siguientes **precauciones**:

- Cuando deba superarse una pendiente importante y esta sea inferior a la admitida por el tractor, la primera regla de conducción de un tractor forestal es acometerla siguiendo la línea de **máxima pendiente**. En estas conducciones los tractores pueden superar pendientes de más del 100%.
- Si el tractor tiene marchas, antes de iniciar la pendiente seleccione la **marcha adecuada** para no tener que cambiar a mitad de la pendiente y pise el acelerador a medio gas buscando mantener un equilibrio entre la fuerza del tractor y la adherencia al terreno.

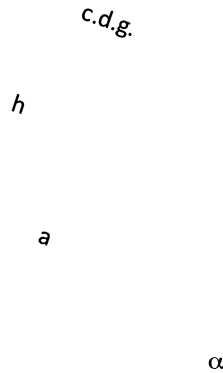


Figura 4.44. Estabilidad transversal de un tractor. Proyección vertical del cdg al suelo

- **En vacío**, los tractores forestales tienen mayor peso en la parte delantera, por lo que es más seguro acometer pendientes muy elevadas **marcha atrás en bajada y marcha adelante en subida**. Cuando el tractor tiene carga, puede ser que cambie su centro de gravedad y convenga actuar al revés. Por supuesto con un *skidder* cargado, esto no es posible.

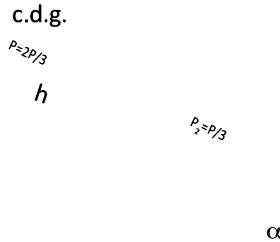


Figura 4.45. Distribución de peso en los tractores forestales y situación del cdg del tractor

- Si superando la pendiente el vehículo **patina** y no puede seguir subiendo, pise el embrague y el freno a tope, ponga la marcha atrás y baje reteniendo con el motor (y si es necesario también con el freno) y por supuesto siguiendo la máxima pendiente. Si el tractor tiene convertidor de par, en el descenso deberá acelerarse ligeramente para que el motor retenga. Esta es una operación que parece un tanto contradictoria, pero es imprescindible porque el convertidor de par solo se activa a partir de un número mínimo de revoluciones del motor.
- De la misma forma, si el tractor **patina cuando desciende**, debe operar de la misma forma, es decir, hacer que el motor retenga y reducir la presión sobre el pedal del freno.

- Solo se circulará **a media ladera** cuando la pendiente sea inferior a la admitida por la máquina y en esos casos se deberá tener especial cuidado a los obstáculos que pueda encontrarse el tractor en su tren de rodaje situado pendiente arriba, pues ese obstáculo puede hacer incrementar el desnivel del vehículo y hacer peligrar la estabilidad transversal y provocar el vuelco del tractor.

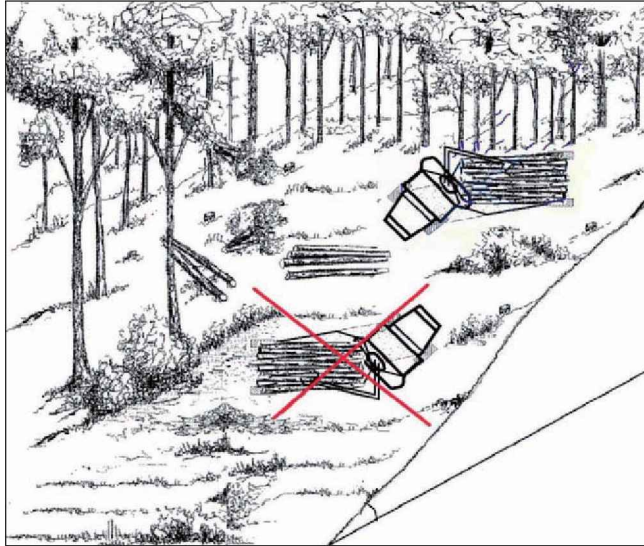


Figura 4.46. Cambio de sentido en pendientes

- Especial cuidado se deberá tener cuando se quiera **cambiar de sentido** subiendo en una pendiente: se deberán buscar aquellas zonas de la ladera que sean más adecuadas para ello por su pendiente y obstáculos. Si el tractor es articulado, el giro se debe hacer siempre pendiente arriba, pues de esa forma la articulación y el centro de gravedad del vehículo se encuentran desplazados hacia arriba, mejorando la estabilidad transversal. Si el tractor incorpora una grúa, coloque la grúa hacia la parte superior de la pendiente para desplazar más el centro de gravedad del tractor pendiente arriba, buscando al igual que antes mejorar la estabilidad transversal del tractor.

4.2.1.8. Conducción en terrenos poco adherentes (terrenos embarrados, o con nieve o hielo)

Para comprender la conducción de los tractores forestales en terrenos poco adherentes, analizaremos las fuerzas que actúan en un tractor forestal.

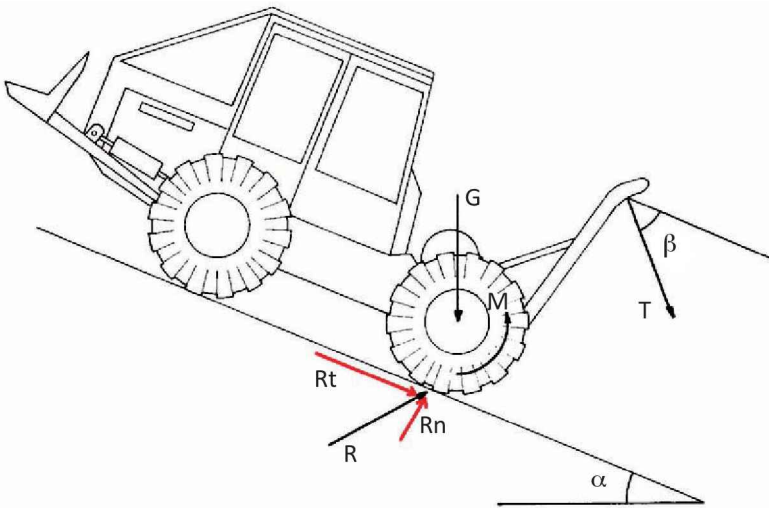


Figura 4.47. Elementos que intervienen en el movimiento de un tractor

Siendo:

M: fuerza que desarrolla el tractor a través del motor y transmitida a las ruedas a través de los mecanismos de la transmisión. Se denomina par motor.

G: peso del tractor, que se transmite a cada una de las ruedas.

T: tiro de la carga o fuerza que ejerce la carga para ser movida (debido a su peso y al rozamiento que ejerce sobre el suelo).

R: reacción del terreno. Es la fuerza que ejerce el suelo para compensar la acción que el tractor ejerce sobre él. Para comprender mejor sus efectos se va a **descomponer esta fuerza en dos:** una tangencial R_t al terreno y otra perpendicular a este, R_n .

- El tractor patina cuando el valor de la fuerza de **reacción tangencial** es superior a la resistencia al esfuerzo cortante del terreno. Cuando el suelo no tiene tanta resistencia como la que hace el tractor tangencialmente el suelo se rompe, con lo que el tractor no avanza. Con el giro de las ruedas lo único que hace es mover las capas sucesivas del suelo para atrás. Este es el caso típico de suelos arcillosos muy húmedos, nieve helada o hielo sobre el suelo. Si el conductor acelera cuando se patina, lo único que provoca es que la fuerza tangencial sea mayor, con lo que se provoca mayor patinado y por tanto no se consigue que el tractor avance. Este fenómeno provoca rodadas, un daño medioambiental importante. Si por el contrario el valor de la reacción tangencial es inferior a la resistencia al esfuerzo cortante del terreno, el suelo solo se deforma. Es el caso de suelos francos y suelos arcillosos poco húmedos.
- Si el valor de la fuerza de **reacción perpendicular** al terreno es superior al poder portante del terreno, el terreno se hunde, compactándose (aumentando su poder portante) hasta que se equilibran ambas fuerzas. Ese hundimiento del suelo hace

que la rueda deba superar el desnivel de hundimiento y obligar al tractor a necesitar mayor esfuerzo para avanzar. Este hundimiento del suelo provoca también rodadas.

Este caso es también típico en suelos arcillosos muy húmedos, en nieve blanda y en terrenos turbosos. En el caso de los suelos arcillosos, la necesidad de acelerar puede provocar que se inicie el patinado del tractor.

Si el poder portante del suelo es mayor que el de la reacción perpendicular al terreno, no se provoca ningún efecto desfavorable. Es el caso de suelos secos no arenosos.

Teniendo en cuenta todos estos factores, la conducción en terrenos poco adherentes se debe hacer teniendo en cuenta las siguientes **precauciones**:

- Siempre que sea posible se debe hacer trabajar al tractor bajando dado que para subir siempre se necesita mayor fuerza del tractor.
- Hay que circular siempre con el acelerador a medio gas para evitar romper el equilibrio entre fuerza del tractor y capacidad de agarre al suelo. Una manera habitual de circular en estos casos es la conocida como marcha “pato”, en la que se mueve ligeramente el volante a derechas e izquierdas para conseguir más adherencia.
- En terrenos poco adherentes hay evitar las paradas innecesarias porque el riesgo de patinar en los arranques es muy superior al que existe en marcha normal.
- Si el tractor se queda atascado, se deben colocar ramas y piedras debajo de las ruedas y por delante de ellas para aumentar la adherencia del suelo y facilitar la salida del tractor. En el caso de que el tractor tenga un cabrestante (caso muy normal en los tractores forestales) basta con enganchar el extremo del cable a un árbol o a un tocón y accionar el cabrestante para que recoja el cable.
- Si el terreno es muy poco adherente y se prevén problemas de patinado, una solución puede ser colocar cadenas en las ruedas. Se deberá tener presente que pueden causarse mayores daños al suelo.
- Si circulando el tractor una rueda patina (y no dispone de bloqueo automático del diferencial, sino que es manual) se conectará el bloqueo y se circulará recto en tanto esté conectado dicho bloqueo. Ya se ha indicado que el diferencial tiene como

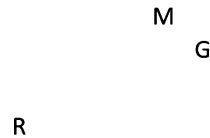


Figura 4.48. Hundimiento del suelo al paso del tractor

función distribuir las fuerzas a cada una de las ruedas del eje para permitir que en curvas la rueda más exterior vaya más deprisa que la interior. Cuando una de las dos ruedas del eje patine, el diferencial proporciona más fuerza a esa rueda con lo que se acrecienta el efecto de patinado. Por eso se debe buscar el bloqueo del diferencial.

- En terrenos poco adherentes y en pendiente pueden producirse derrapes transversales. En estos casos, actuando sobre el volante de la dirección, se debe dirigir el vehículo hacia donde se produce el derrape y nunca en sentido contrario pues el derrape se verá ampliado. Si el tractor sigue el derrape es mejor parar, dar marcha atrás y colocarlo en la posición adecuada.

4.2.1.9. Parada del tractor

- Cuando se termina de usar el tractor, hay que llevarlo a una zona de terreno nivelado, pisar el pedal del freno, poner la palanca de cambios en la posición de punto muerto y accionar el freno de mano o estacionamiento. Se baja la pala frontal aplicándole una ligera presión contra el suelo y se accionan las palancas del cabrestante o de la grúa de forma que queden en posición estable y fija. Se deja enfriar el motor al ralentí durante unos minutos, después se apaga y se quita la llave.
- La bajada del tractor hay que hacerla utilizando la escalerilla y los pasamanos.

4.2.2. Técnica de uso de los tractores arrastradores (skidders)

4.2.2.1. Características del tractor de arrastre o skidder: elementos de trabajo

El *skidder* más utilizado en España es un tractor de tamaño relativamente reducido, articulado, con el motor y la cabina montados en el semichasis delantero y los elementos de trabajo y carga en el trasero.

Puede montar en el semichasis trasero uno o dos **cabrestantes** en los que se arrollan sendos cables de acero que se accionan a través de la toma de fuerza del tractor. Este accesorio realiza simultáneamente labores de reunión y desembosque. Su principal ventaja consiste en poder sacar la madera de zonas inaccesibles al tractor con tal de que esté situada al alcance del cable del cabrestante, lo que se complementa con la posibilidad de soltar cable dejando la carga tras de sí cuando el *skidder* se enfrenta a obstáculos de cierta envergadura, recuperándola traccionando el cabrestante una vez los ha superado.

Como se ha indicado, el elemento característico del *skidder* es el cabrestante, pero su equipamiento se completa con un **arco integral**, un **escudo protector** y una **pala frontal**.

a) **Cabrestante**: formado por los siguientes elementos (Figura 4.49):

- **Reductora**. Recibe la fuerza de la caja de transmisión o directamente del embrague, transformando el movimiento circular longitudinal en circular transversal (sistema tornillo sinfín-corona) y reduciendo la velocidad de rotación hasta 10 o 20 r.p.m. para aumentar la fuerza de tracción al máximo.

- **Tambor.** Aloja y da fuerza y movimiento al cable tractor. Debe admitir entre 50 y 175 metros de cable de 12 a 25 mm de diámetro. Lo ideal es que sea de tipo *Seale* con hilos cruzados preformados.

- **Embrague.** Permite acoplar y desacoplar el movimiento de la reductora con el tambor. Si bien existen sistemas mecánicos, los más utilizados son los de accionamiento hidráulico o electro-neumático por su ventaja para maniobrar más rápidamente. Esta cualidad es muy importante cuando por razones de estabilidad o peligro conviene soltar la carga con rapidez.



Figura 4.49. Cabrestante con sus elementos

- **Freno.** Al igual que el embrague, el freno juega un papel decisivo en la seguridad de la explotación. Existen muchos tipos, pudiendo actuar sobre diferentes niveles de la cadena cinemática. Los más corrientes actúan sobre el tambor mediante accionamiento hidráulico.

- **Mandos de accionamiento del cabrestante.** Suelen ser palancas situadas en la cabina que actúan sobre el tambor del cabrestante mecánica o hidráulicamente. También pueden situarse exteriormente, con la única ventaja de poder controlar mejor la fase de reunión de la madera. En este último caso suelen ser de accionamiento eléctrico. Más sofisticados son los mandos por radio, que permiten dirigir la reunión a una distancia de hasta varias decenas de metros. Su interés radica en la posibilidad de que una sola persona pueda efectuar el desembosque. Así, el maquinista, una vez situado el tractor en la posición de arrastre, suelta el freno del cabrestante y acerca el cable hasta la madera a desemboscar. Engancha las trozas al cable tractor y, mediante el mando a distancia acciona el tambor para recoger. El maquinista acompaña a la madera durante el arrastre pudiendo, a lo largo del recorrido, manipular el funcionamiento del cabrestante para salvar más fácilmente los obstáculos del terreno.

Las ventajas de este sistema son, por tanto, dos: la posibilidad de prescindir de un ayudante y la de dirigir mejor el arrastre de la madera. Es necesario que los profesionales españoles asuman las ventajas de este dispositivo tan extendido en el resto de los países europeos.

En cuanto a los **dobles cabrestantes**, sus ventajas se encuentran en que se puede llevar a cabo el cableo cerrado (mientras un cabrestante suelta, el otro recoge, formando el cable un circuito cerrado) y en que se pueden extender ambos cables simultáneamente, reuniendo dos cargas consecutivamente por control remoto, lo que duplica la capacidad de reunión del tractor y ahorra tiempos muertos - desenganche de la carga y nueva extensión del cable, que serían obligados en un tractor con un solo cabrestante.

- b) Arco integral:** tiene como función elevar las testas de las trozas a transportar. Con ello se reduce la superficie de contacto de la madera con el suelo, favoreciendo su desplazamiento.

Consta de un **chasis** en forma de pórtico que aloja en su parte superior tres rodillos guía; uno de eje horizontal que soporta la carga que le transmite el cable y dos verticales laterales que aminoran el rozamiento del cable con el propio arco, y por tanto su desgaste (Figura 4.50).

Cuanto mayor es la altura de elevación de las testas sobre el suelo, menor es la fuerza de tracción que se necesita para el desplazamiento del tractor. Sin embargo, también mayor es la inestabilidad del conjunto vehículo-madera. Por esta razón, muchos modelos de arrastradores presentan la opción de poder regular la altura de los rodillos, llevándola a su valor máximo cuando el terreno no es muy difícil.

- c) Escudo protector:** consiste en una robusta lámina cóncava que cubre la parte posterior del vehículo, y contra la que se aprietan las trozas que se transportan semi-suspendidas soportadas por el arco integral. Tiene como función principal proteger las ruedas traseras de los golpes de la madera arrastrada.

La disposición de este escudo protector puede, en muchos modelos, modificarse por la acción de uno o dos brazos hidráulicos, lo que permite anclarla en el suelo y estabilizar la posición del tractor cuando está ejecutando un gran esfuerzo de tracción.

- d) Pala frontal:** es un elemento bastante común en los tractores forestales. En el caso de los *skidders*, se emplea como auxilio en el desplazamiento por el monte. Puede apartar trozas o pequeños obstáculos que obstaculicen el paso, puede ser aprovechada para apilar la madera después de desengancharla y también sirve para frenar y asegurar las operaciones bajándola y clavándola en el suelo.



Figura 4.50. Arco integral con rodillos-guía



Figura 4.51. Escudo trasero y pala frontal

4.2.2.2. Procedimiento operativo

Los tractores arrastradores emplean diversos sistemas de desembosque. Los principales se describen a continuación.

4.2.2.2.1. Caso general: desembosque por semiarrastre con el tractor transitando en el interior del monte

El tractor se acerca a la zona de trabajo y se detiene y ancla en la posición más favorable para reunir la carga. El tractorista o su ayudante toman el extremo del cable y lo extienden hasta la madera a desemboscar. Se enganchan las trozas al cable tractor y se da orden al maquinista (o se usa el mando de control remoto) para recoger el cable y arrastrar la madera hasta la trasera del tractor (Figura 4.52) esquivando árboles y tocones remanentes. Estas calles improvisadas, llamadas “arrastraderos”, “trochas de arrastre” o “jorros” son propias de pendientes no excesivas, y de acuerdo con la intensidad de su uso pueden dar lugar a fenómenos locales de erosión superficial, daños al arbolado por golpes, etc. En cualquier caso, accionando el **cabrestante**, se elevan las testas sobre el suelo y el tractor se desplaza, transportando la madera semiarrastrada hasta el cargadero. Se descarga y regresa para iniciar el ciclo. De encontrar algún **obstáculo** de consideración en el trayecto a cargadero, debe liberarse el cable dejando la carga en tierra; posteriormente se supera el obstáculo y tras ello se recoge la carga por arrastre desde una posición más estable (*winch on the go*).

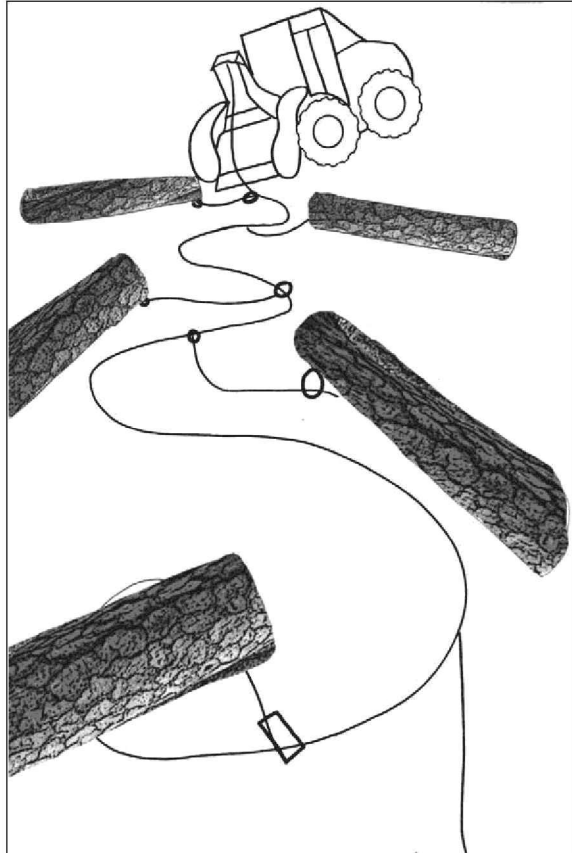


Figura 4.52. Reunión por arrastre en el caso general de desembosque con skidder

Suelen darse **dos variantes**:

- Saca de madera de **ciertas dimensiones** (últimas claras, cortas de aclareo o a hecho): enganche de fustes, árboles o trozas largas “**de uno en uno**” con distintos ganchos o bucles, aunque se pueden reunir de una vez varias piezas.
- Para sacar fustes o árboles completos de **menor dimensión** (generalmente de claras), se reúnen previamente mediante tracción animal, manualmente o con ayuda de la pala frontal en “**haces**” de 3 a 8 pies que se enganchan en el mismo bucle (Figura 4.53).



Figura 4.53. Reunión de madera de pequeña dimensión en "haces de árboles completos"

4.2.2.2.2. Desembosque por cableo desde la pista

Si existe una red de vías de saca suficientemente densa, puede sacarse la madera sin necesidad de que el arrastrador transite fuera. En esos casos, el *skidder* circula por una vía y el tractorista lo fija en la posición más cercana a la madera. El ayudante (o el mismo tractorista si dispone de control remoto) aproxima el extremo libre del cable a la madera enlazándola. Posteriormente se recoge el cable reuniendo las trozas en la vía de saca o sus proximidades (típicamente en el talud). Una vez allí, el ayudante desengancha la madera y vuelve a tirar del cable tractor para iniciar un nuevo ciclo. Este método es propio de **pendientes muy fuertes** o terrenos difíciles por otros motivos (afloramientos rocosos, escabrosidad...) en que **se arrastra la madera desde pistas temporales** abiertas según líneas de nivel separadas 40-80 metros y generalmente en sentido ascendente (por ser más fácil la extensión del cable y más controlada la carga).

Es un sistema que puede producir **muchos daños**, tanto por la necesaria apertura de pistas como por el arrastre total de la madera en largas distancias (especialmente si hay masa residual). Por ello, debe limitarse su uso a los casos en que sea imprescindible y los daños potenciales sean moderados.

En realidad, este sistema puede considerarse, una **variante de desembosque con cable**, concretamente el sistema conocido como "a cabo perdido", más que un tipo de desembosque con *skidder*.



Figura 4.54. *Skidder* actuando por cableo cerrado desde pista en montes de gran escabrosidad o buena red de pistas

4.2.2.2.3. Cableo cerrado

Se trata de una modificación del caso anterior en la que el tractor funciona únicamente como elemento motriz del torno. Dispone de un **doble cabrestante**: uno, de accionamiento del cable tractor; otro, de soporte de un cable de retorno para así, una vez que se desenganchen las trozas, hacer volver al cable hasta la zona de corta sin necesidad de que el ayudante acompañe a la madera durante el arrastre. Mientras tanto se pueden lazar las siguientes trozas a extraer. La necesidad de establecer una polea de derivación hace el montaje más lento que la simple extensión del cable. Por tanto, solo compensa cuando hay mucha madera que arrastrar desde cada posición (por ejemplo, arrastres largos de cortas a hecho).

4.2.2.3. Ciclo de trabajo en saca de madera larga (fustes enteros/ árboles completos)

El desembosque de madera “**en largo**” —fustes enteros o árboles completos, en ocasiones trozas largas— se sirve de las tres modalidades descritas (desplazamiento del *skidder* a través del monte, desembosque desde pista y cableo cerrado) con ciertos elementos comunes al ciclo de trabajo. Si se utiliza como referencia la primera modalidad, **caso más corriente en España**, los elementos del ciclo de trabajo son los siguientes:

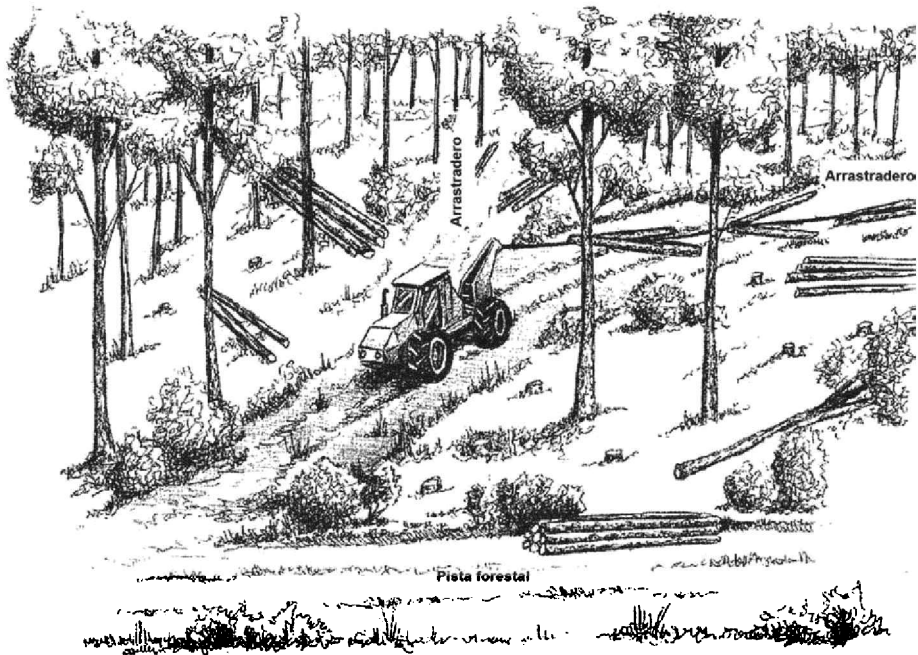


Figura 4.55. Recorrido y circuito de trabajo en el caso de cortas por aclareo y saca con skidder

- a) **Desplazamiento:** para distancias de desembosque de 150-200 metros consume un 30-40 % del tiempo del ciclo. La reducción de este tiempo se debe realizar acortando las distancias de desembosque (si es posible) u organizando mejor la red de

arrastraderos para evitar maniobras y tiempos muertos. No es recomendable un aumento de la velocidad, ya que puede resultar peligroso (sobre todo en vacío) y provocar daños adicionales.

La posibilidad de aumentar la velocidad media no suele basarse en conducir más deprisa, dado que con ello aumentaría la inseguridad. Las recomendaciones suelen ser evitar atascos y tiempos muertos y también practicar el “winch on the go” para salvar obstáculos (pero con limitaciones, ya que su abuso conlleva tensiones en el cable y más daños al suelo).

b) Carga: en un esquema de trabajo bien organizado consume un 50-60% del tiempo total del ciclo. Si supera esta cifra refleja problemas de organización. Es, por tanto, la **fase crítica de la saca**. Cada ciclo de carga se compone de un cierto número de reuniones, en cada una de las cuales se extiende el cable, se enganchan una o varias piezas y se recoge el cable.

En cuanto a los **sistemas de enganche**, existen dos grandes grupos:

- **Sistemas de gancho:** poco empleados en España, son propios de tractores agrícolas y madera de pequeñas dimensiones y de fisiografías no excesivamente complicadas (pueden desengancharse con cierta facilidad).
- **Sistemas de bucle:** el cable principal termina en un remate o gancho, y lleva deslizando a su largo varios bucles, sean de cadena o de cable, que se pasan alrededor de las testas de las trozas (o de los grupos de árboles), tal como ilustra la Figura 4.56. En España, es más común el uso de bucles de cadena (sistema de chapa y bola), por su mayor robustez y la facilidad de reparación, pero en los países más desarrollados tiende a imponerse el uso de bucles de cable (llamados eslingas de cable o *chokers*) porque son mucho más ligeros.



Figura 4.56. Sistemas de enganche para la saca con tractor de arrastre

El enganche se puede llevar a cabo por la **coz** o por la **cogolla**. En realidad, lo más común (y recomendable) es hacer el enganche por el extremo más cercano a la dirección de la reunión, para evitar daños (efecto abanico), atascos y retrasos.

- El enganche por **coz** es el más conveniente cuando se pueda llevar a cabo un buen apeo planificado ya que tiene algunas ventajas: transmisión más eficaz de la carga, mayor adherencia del tren trasero, enganche más seguro y menor efecto erosivo en fustes enteros.
- El enganche por la **cogolla** es preferible porque acorta y facilita el propio enganche (lo que es importante en grandes fustes) y reduce sus tiempos básicos,

permitiendo además el uso de eslingas más cortas. En algunos casos (árboles completos en coníferas de porte más o menos piramidal) se pueden reducir de esta manera los daños al suelo.

En cuanto a la **organización del trabajo**, lo ideal para optimizar el rendimiento es contar con un operario auxiliar en zona de corta que vaya disponiendo las eslingas para que, en el momento de llegada del tractor, no haya más que soltar cable, enganchar y recoger. El operario auxiliar, además, acompaña la reunión de la carga con lo que puede prever y resolver atascos y otros problemas. Esto exige al menos dos juegos de *chokers* o bucles de cadena.

En España, es común que el tractorista conduzca solo, pare el tractor, extienda el cable, vuelva al tractor y lo recoja, perdiendo con ello mucho tiempo y sin poder acompañar la reunión de la madera. Para paliar parcialmente esta mala organización, si no es posible contar con operarios auxiliares, es muy útil el control remoto del cabrestante.

En cuanto al **tamaño de la carga**, los tractores de arrastre más comunes en España pueden transportar holgadamente entre 3 y 6 t. de madera (según el sentido de la saca, la pendiente, etc.). La limitación de tamaño de la carga frecuentemente se produce más bien por volumen o por complejidad del enganche y desenganche que por peso.

En general, se puede decir que el **número de fustes** arrastrados en nuestras latitudes **para madera de cortas finales** oscila entre 3 y 10 dependiendo de su dimensión y del sentido de la saca. **Para madera de pequeñas dimensiones** puede superar los 20, enganchados en hatos de 3-4 fustes o árboles. En todo caso, más de 12 - 15 enganches por viaje suele resultar engorroso

El **número de operaciones** de reunión por cada ciclo es también variable, pudiendo cifrarse entre una sola y más de cinco. Depende sobre todo de la densidad de corta (a mayor, menor número de reuniones), del tipo de corta (menor en cortas a hecho) y de si hay o no algún tipo de reunión previa.

c) Traslación de los fustes por las calles. Se debe tener en cuenta lo siguiente:

- En los desplazamientos **cuesta abajo** siempre hay que mantener los troncos apoyados en la parte trasera del tractor (en el escudo), para así evitar que golpeen otras partes de la máquina.
- Al hacer **giros**, hay que dejar un pequeño espacio entre el escudo y la madera para evitar golpes laterales. Se debe dejar libre el torno del cabrestante durante un metro, volverlo a poner en posición fija, tomar la curva y volver a recoger la carga hasta tenerla apoyada en el escudo.
- Cuando circule por una zona con **suelo muy blando** (escaso poder portante), es recomendable soltar la carga para así reducir el peso del tractor. Tras ello, se para en una zona más dura y se recoge la carga. A continuación, se vuelve a dejar con el torno del cabrestante en la posición libre, se inicia el movimiento del tractor a otro tramo, y se continúa así sucesivamente hasta pasar la zona de suelo blando.

- Cuando circule el tractor por una zona con **escasa adherencia**, interesa que tenga mucho peso, por lo que conviene que las trozas apoyen en el escudo trasero.
- Cuando el tractor circule **cuesta arriba**, con pendiente elevada, hay que bajar los troncos al suelo y dejar el torno del cabrestante en posición libre, subiendo la cuesta con el tractor sin carga. Pasados varias decenas de metros, se recogerá la carga y cuando ya esté junto al tractor, volvemos a dejar libre el torno y se sigue ascendiendo hasta llegar a la cima o a un terreno nivelado.

d) Descarga de la madera. Suele consumir el restante 10-15% del tiempo. Es sencilla, pues basta con soltar cable y desenganchar los bucles, recuperar las cadenas o eslingas y luego reapilar con la pala delantera si es necesario. Se puede ganar tiempo con un operario auxiliar en cargadero, que suelte el conjunto de bucles del tractor y permita la marcha de este mientras el operario se queda a desenganchar, pero ello no suele ser rentable salvo que haya otras funciones para dicho operario en el cargadero (por ejemplo, procesado en sistemas de árboles completos o descortezado en los pocos casos en que se hace en monte).

En cuanto a los **rendimientos** observados en España para este tipo de tractor, en madera larga de cortas finales llegan a los 100 metros cúbicos por jornada, y en claras oscilan entre 25 y 50 m³/día.

En el **desenganche** de los troncos debe seguir el siguiente procedimiento:

- Acercar el tractor a la zona de almacenamiento de modo que los fustes queden paralelos a las pilas ya almacenadas. Parar el tractor cuando los fustes ya estén a la altura de las pilas. Bajar los fustes con la palanca de accionamiento del cabrestante en posición de freno desconectado para que la caída separe los diferentes lazos. Desenganchar los lazos y enrollar lentamente el cable del tractor.

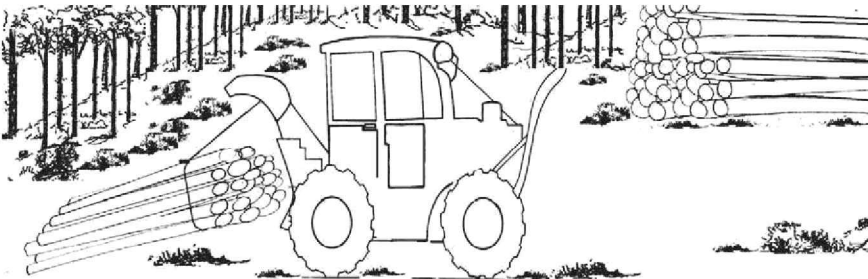


Figura 4.57. Apilado de la madera con skidder

- Tronzar la madera a la longitud que permita su carga en el camión que lo va a transportar a fábrica.
- Cuando el tractor tenga el cable ya recogido, se posiciona enfrente de la madera a apilar, se sitúa la pala ligeramente separada del suelo y se empujan los troncos contra la pila actuando cerca del centro de estos. Según se empuja hay que levantar la pala frontal lentamente, de forma que los fustes quedan unos sobre otros.

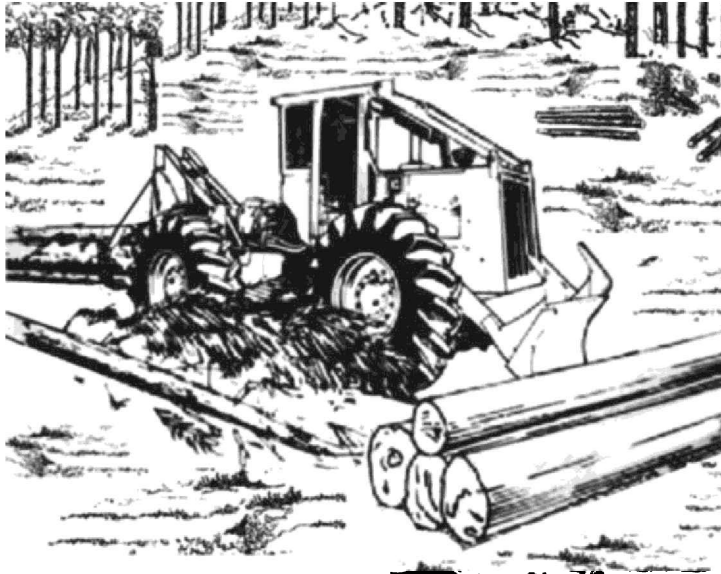


Figura 4.58. Apilado de la madera con skidder utilizando la pala frontal

- Una vez que los troncos están apilados y estables, se aleja el tractor de la pila marcha atrás subiendo la pala frontal hasta la posición normal de traslación (protegiendo el circuito de refrigeración).

4.2.2.4. Ciclo de trabajo en saca de madera corta

Este sistema es raro en Europa; se utiliza en España (además de en ciertos países subdesarrollados) porque es una modalidad autofinanciable con el material obtenido por saca en primeras claras de masas espesas, con daños reducidos. Condiciona su uso el que la **densidad de corta** sea relativamente **alta**, para poder formar pilas voluminosas sin grandes distancias de reunión.

Su principal inconveniente reside en que se infrautiliza la capacidad de carga del tractor, que en este caso se limita a pilas de 1,5 a 3 t en el caso más común. Además, el nivel de daños suele ser alto (aunque menor que si se sacara en fustes o árboles completos).

Suele ser frecuente en el caso de cortas intermedias, también llamadas de mejora, que son cortas que se realizan a una masa forestal cuando existe un exceso de arbolado, buscando que al cortar un porcentaje importante de árboles, se revitalicen los árboles que queden. Por eso, lo más normal es cortar los árboles peores y dejar los mejores para que en el futuro tengan más valor.

Dado que los árboles de la corta suelen ser pequeños y medianos se suele aplicar a estas cortas el denominado **sistema de madera corta**, por el cual los árboles que se cortan se apean, desraman, tronzan a longitudes de 2 a 2,2 m y se reúnen en pilas. Las calles se suelen trazar cada 15 a 30 m, normalmente perpendiculares a las pistas, pero siempre que la pendiente sea mayor al 20% seguirán la línea de máxima pendiente.

Lo más usual es que se utilice como medio de saca el **autocargador**, aunque cuando la pendiente es muy grande o cuando no se dispone de este vehículo se suele hacer con *skidder* en paquetes.

Cuando se realiza aprovechamiento mediante autocargador, se suelen preparar calles cada 20 a 30 m y en el centro de la calle se apila la madera en pilas de 4 a 5 estéreos (equivalente a unos 2 m³ reales). El *skidder* se introduce en las calles marcha atrás hasta situarse junto a la pila; entonces el conductor pone la palanca del cabrestante en posición de torno libre, el ayudante toma el cable, desenrolla una pequeña parte suficiente para pasarlo por debajo de la pila de madera envolviéndola y cerrando el bucle enganchándose al propio cable y dando orden al conductor para que recoja. El conductor pone la palanca del cabrestante en posición de “enrollado” con lo cual se recoge el cable hasta que la carga queda suspendida en la parte trasera del tractor, en cuyo momento se sitúa la palanca en posición fija y se inicia el movimiento del tractor, bajando por la calle hasta llegar al cargadero en donde se desengancha el cable para dejar la pila de trozas en el suelo. Con la pala frontal la puede reubicar unos centímetros para dejarla convenientemente apilada e iniciar de nuevo otro ciclo.

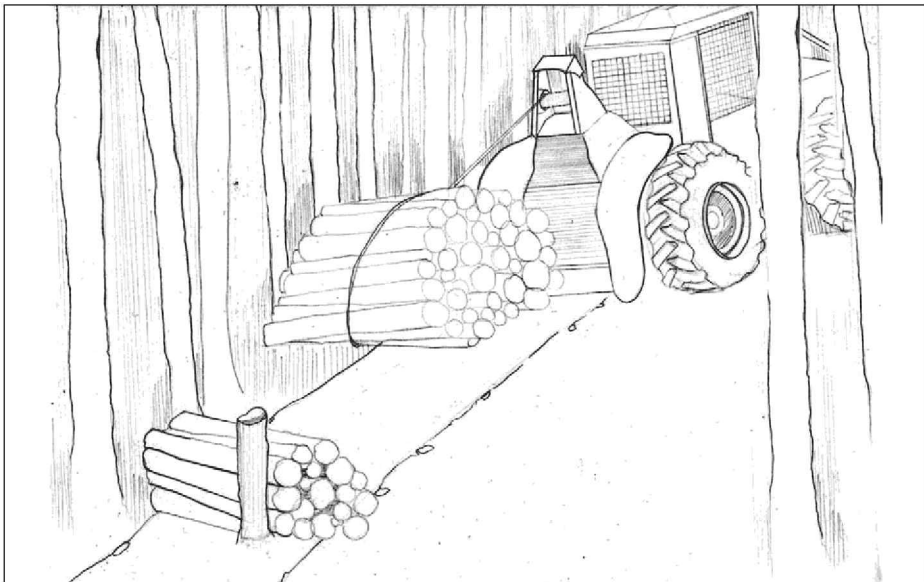


Figura 4.59. Tractor *skidder* trabajando en “packsacking”

4.2.3. El tractor autocargador

4.2.3.1. Características del autocargador. Elementos de trabajo

Los tractores autocargadores o *forwarders* se caracterizan porque llevan a cabo el desembosque transportando la madera totalmente suspendida sobre el semichasis trasero, dentro de una caja o remolque que se llena de trozas por medio de una grúa. Sus elementos de trabajo característicos se reflejan en la Figura 4.60.

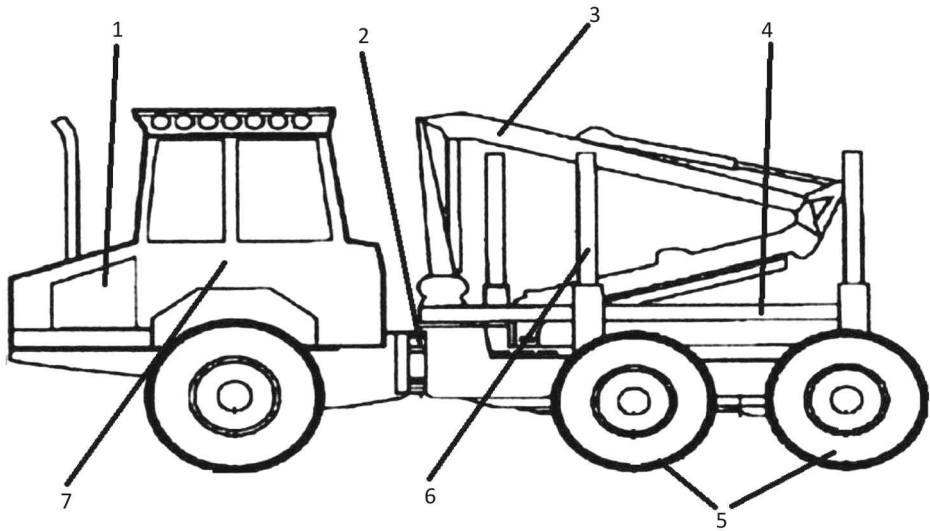


Figura 4.60. Elementos de un tractor autocargador: 1. Motor, 2. Semichasis, 3. Grúa, 4. Remolque, 5. Tren de rodaje, 6. Teleros, 7. Cabina

Su rendimiento es óptimo cuando se trata de desemboscar madera corta, de unos 2 metros en cargas transversales y de 4,5 metros o más en cargas longitudinales. El apilado previo de las trozas hace que el ciclo de trabajo se complete de forma inmejorable. En los montes de difícil acceso y con pendientes superiores al 30% su rendimiento disminuye fuertemente y, entonces, puede ser ventajosa la utilización de otro medio de desembosque.

Los elementos característicos del autocargador son los siguientes:

a) Grúa

La grúa está formada por un soporte base, rígido, por el que se une al chasis del tractor, un pie giratorio, dos brazos articulados, el segundo suele ser telescópico, y una grapa que, en el extremo, se une a través de un *rotator*, al segundo brazo. El movimiento se obtiene gracias al sistema de rotación del pie, a las dos articulaciones, al alargamiento del segundo brazo y al *rotator*. Todos estos elementos se mueven por accionamiento hidráulico a través de una línea de presión, que alimenta una bomba conectada con los elementos de transmisión del tractor y que reparte el fluido mediante un distribuidor hidráulico (Figura 4.61).

La grúa puede situarse en el **semichasis delantero** o en el semichasis **trasero**.

- En el primer caso, el maquinista tiene más y mejor visibilidad, sobre todo cuando la grúa se aloja sobre la cabina. Además, como el semichasis delantero lleva el peso del motor, los desequilibrios que se originan por el uso de la grúa son absorbidos con más facilidad. Sin embargo, la probabilidad de vuelco es menor, pero cuando ocurre entraña un mayor peligro para la máquina y, sobre todo, para el maquinista.
- Con la segunda opción se tiene la ventaja de dar más peso y, por tanto, más adherencia al semichasis trasero cuando va vacío; sin embargo, su menor peso en rela-

ción al delantero le hace ser más susceptible de vuelco por los momentos generados durante la operación de carga, en concreto cuando aún está vacío o casi vacío. Aunque esta probabilidad de vuelco es mayor, el peligro para maquinista y máquina es más pequeño, y la operación de devolverlo a la posición de partida es muy rápida y sencilla: basta con accionar la grúa, utilizando el suelo como apoyo.



Figura 4.61. Grúa hidráulica incorporada al semichasis trasero de un autocargador

Los **elementos** de la grúa tienen las siguientes **características**:

- **Pie giratorio**: suele tener una ligera inclinación con respecto a la vertical, para compensar parte del momento que crea la carga y, por tanto, disminuir los esfuerzos sobre el soporte de la grúa. Está movido, generalmente, por un piñón central, que rota por el desplazamiento tangencial de dos cremalleras accionadas por dos cilindros hidráulicos contrapuestos. Se permiten giros completos, e incluso superiores a los 360°.
- **Brazos**: deben ser lo suficientemente robustos como para resistir los elevados momentos a que están sometidos. Están unidos entre sí mediante articulaciones y pueden moverse respecto a ellas gracias a la acción de émbolos hidráulicos dispuestos de forma que se obtenga una máxima movilidad, rapidez de movimientos y robustez. El **segundo brazo** puede ser telescópico (es decir, puede alargarse o acortarse); además, el extremo proximal –su base– puede estar articulado con el distal del primer brazo –es lo más común– o bien deslizar a lo largo de unas guías, como ocurre en las denominadas grúas de arrastre o de largo alcance. Este último tipo de grúas tienen, por tanto, dos posibles alargamientos: el de la posición del segundo brazo y el de su longitud.

- **Grapa:** este elemento es el que permite recoger la madera gracias a las pinzas, que se abren y cierran por la acción de uno o varios émbolos hidráulicos. Además, gracias a la ayuda de un *rotator*, las pinzas pueden girar sobre su eje hasta 360°, disponiéndose así mejor para recoger la madera (Figura 4.60).

Las **características** más interesantes de las grúas se pueden deducir del análisis de tiempos empleados en la realización de las operaciones básicas, supuesto que el autocargador es manejado por una persona experimentada. Así, para un tipo de explotación con distancia de desembosque reducida, los **tiempos** de cada una de las operaciones básicas del autocargador se distribuyen de la siguiente forma:

Desplazamiento	5 - 8%
Parada.....	6 - 10%
Carga.....	50 - 60%
Descarga	28 - 34%

Del elevado porcentaje de tiempo dedicado a la carga, se deduce que lo que se debe exigir a la grúa del autocargador es que realice las operaciones de carga y descarga lo más rápidamente posible. El tiempo de carga y descarga depende, a igualdad de otras condiciones, del **número de ciclos** necesarios para cargar y descargar la caja y de la velocidad en la ejecución de cada ciclo. El primero es función de la capacidad de carga de la grapa y la segunda de la movilidad y rapidez de acción de cada uno de los elementos de la grúa.

- **Capacidad de carga:** la capacidad de carga de la grapa depende de su **sección** y de la **longitud** de las trozas, aumentando con ambas. Naturalmente, la sección no puede agrandarse indiscriminadamente, pues tendría que verse correspondida con un incremento adecuado de potencia y robustez del equipo hidráulico con todo lo que ello implica. Por eso, a la hora de elegir la sección de la grapa más conveniente, se debe tener en cuenta el peso de la madera. Si la madera tiene poca densidad y es de pequeña longitud, puede optarse por grapas de gran sección (mueven mucho volumen y poco peso); sin embargo, si la madera es densa y larga deben considerarse las grapas de sección más pequeña.
- **Rapidez de movimientos:** el tiempo invertido en cada operación de carga con grúa oscila entre 0,45 y 0,6 minutos, mientras que el tiempo por cada operación de descarga –de una grapa cargada– es de 0,42 a 0,48 minutos (FAO 1987, datos de explotaciones suecas). La rapidez de movimientos de la grúa depende de la velocidad de movimiento de sus elementos y del propio diseño de los brazos y sus articulaciones: si la grúa está dimensionada para grandes alcances, la duración de la fase de carga será mayor. Por ello, debe optarse siempre por grúas que tengan un alcance adecuado a la disposición espacial de la madera en el monte. Puede ser preferible mover el tractor para poder alcanzar un pequeño porcentaje de madera que queda en el suelo a dotar al autocargador de una grúa de gran alcance. Tampoco puede aumentarse a capricho la velocidad de movimientos de los elementos de la grúa. A mayor rapidez se requiere mayor potencia y/o menor capacidad de carga.
- **Tiempo de parada del tractor:** depende del número de estacionamientos necesarios para cargar el tractor y del tiempo consumido en realizar cada estacionamiento. El número de **estacionamientos** depende, a su vez, del alcance de la grúa. Supuesta

una distribución uniforme de las trozas en la superficie de corta, el número de estacionamientos necesarios para cubrir una hectárea de monte y el alcance de la grúa están relacionados según:

• ALCANCE (m)	5	6	7	8	9	10	11	12
• Nº ESTAC. /ha	125	92	70	56	45	38	32	27

Como puede apreciarse, el número de estacionamientos disminuye muy rápidamente al aumentar el alcance de la grúa, pudiendo llegar a pensar que es conveniente que este sea siempre grande. Sin embargo, como se ha indicado, al aumentar el alcance disminuye la velocidad del ciclo de carga y descarga; además, y esto es aún más importante, a igualdad de potencia la capacidad de carga **disminuye** con el alcance (Figura 4.62).

Es por ello por lo que se debe optar por grúas de alcance no excesivo. Incorporar grúas de gran radio de acción puede interesar solo en casos de desembosque de madera procedente de claras, donde por cuestiones socioeconómicas excepcionales es difícil realizar la reunión de la madera por calles (o, en segundas claras u operaciones posteriores en que la madera no se puede reunir en pilas).

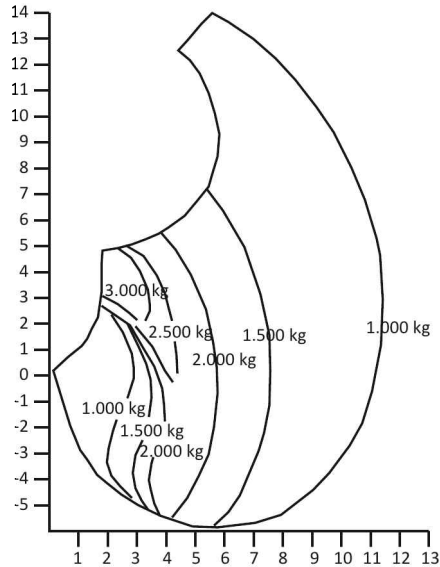


Figura 4.62. Diagrama carga-distancia de una grúa de 12 t

- **Tiempo de estacionamiento:** otro factor que debe tenerse en cuenta en la elección de máquina y grúa es el **tiempo** que tarda en realizarse cada estacionamiento (entre 0,3 y 0,8 minutos/parada, de acuerdo con FAO), que depende del tipo y situación de los **mandos** de la grúa: si están integrados en la cabina del tractor, el tiempo de accionamiento es muy pequeño pero pueden presentarse problemas de falta de visibilidad; si están fuera de la cabina, junto a la grúa, los tiempos llegan a ser más del doble de los consumidos en el caso anterior, pudiendo afectar gravemente a la productividad del autocargador.
- **Peso de la grúa:** a medida que aumenta, resta capacidad de tracción del tractor, además de subir el centro de gravedad de este aumentando su inestabilidad. Esta característica, unida a la propia robustez que debe tener la grúa, obliga a diseñarla a base de materiales especialmente resistentes y ligeros.

b) Caja

La caja de un autocargador debe diseñarse teniendo en consideración las siguientes circunstancias:

- **Tipo de madera a desemboscar:** la utilización en sistemas de madera corta o larga condiciona el diseño de la caja.

- Si se va a transportar **madera larga**, la caja debe adaptarse al apilado longitudinal, contar con vástagos de acero llamados teleros para contener la madera a ambos lados y disponer de elementos que impidan el deslizamiento de las trozas, protegiendo la cabina y la propia grúa, e incluso en la parte trasera, para impedir que puedan caerse durante el trayecto (Figura 4.63).
- Si la **madera es corta**, lo normal es apilarla transversalmente en la caja, cuya anchura debe estar en consonancia con la longitud de la madera. No tienen especial sentido los teleros laterales, mientras que sí es necesaria su presencia en la parte trasera de la caja (Figura 4.64). El uso del autocargador para saca de madera corta, a pesar de ser, con mucho, el más corriente en nuestro país, conlleva ciertos inconvenientes como el mayor tiempo invertido en la operación de carga –por menor volumen de cada carga de la grúa– y la necesidad de operaciones complementarias de ajuste (“cuadrado”) de la carga en el remolque, golpeando lateralmente las trozas con la grúa para que no sobresalgan excesivamente por los laterales de la caja.



Figura 4.63. Diseño de la caja o remolque para apilado longitudinal, propio de madera larga



Figura 4.64. Diseño de la caja o remolque para apilado transversal, propio de madera corta

- **Fuerza tractora del vehículo:** no es recomendable diseñar una caja de capacidad superior a la que el tractor podría desplazar a plena carga y en circunstancias normales. En función de la capacidad de carga de la caja, relacionada con la potencia y envergadura de la máquina, está extendida la siguiente **clasificación**, que se refiere a madera verde de coníferas:
 - Autocargadores ligeros: < 8 t.
 - Autocargadores medios: 8-12 t.
 - Autocargadores pesados: >12 t.
- **Estabilidad del tractor:** una caja muy alta aumenta la altura del apilado de la madera y el centro de gravedad del conjunto tractor-carga se desplaza hacia arriba incrementándose el peligro de vuelco. Podría darse más anchura para contrarrestar la pérdida de estabilidad, pero entonces se limitarían, en muchos casos, las zonas accesibles al tractor.
- **Maniobrabilidad:** a medida que aumenta la longitud de la caja el vehículo se hace más largo y se dificulta la maniobrabilidad al aumentar el radio de giro.

Además de estos factores, el diseño de la caja está condicionado por el tipo de **tren de rodaje**, sobre todo si el tractor dispone de *bogies*, dado que se debe tener previsto un espacio donde las ruedas puedan realizar sus movimientos oscilantes.

En cuanto a la **constitución estructural** de la caja, su base está formada por dos perfiles de acero rígidamente instalados en toda la longitud del semichasis trasero. Cada uno de ellos está separado, respecto al eje longitudinal, 1/4 de la anchura del tractor. Si se quiere disponer la carga longitudinalmente es preciso dotar a la caja con un suplemento de perfiles de acero transversales y añadir un juego de teleros para evitar que rueden las trozas en las oscilaciones laterales del tractor.

Una robusta **rejilla** en la parte delantera de la caja se encarga de proteger a la grúa y a la cabina de los golpes debidos al desplazamiento de las trozas en las pendientes descendentes y en los frenados bruscos del vehículo. En el caso de la saca de madera larga, puede disponerse de otra rejilla trasera para evitar que la madera se caiga, pero tiene el inconveniente de limitar la longitud de la madera a transportar, por lo que no suele ser frecuente. En algún caso (*Forestry Comission, 1993*) se han hecho pruebas ensayando la utilización de residuos de corta sobre la parte trasera de la "cama" para elevar la carga y evitar su deslizamiento cuando se saca hacia arriba en zonas con fuertes pendientes.

4.2.3.2. Procedimiento operativo

En el centro y norte de Europa los **autocargadores** constituyen el sistema de saca más empleado, asociado con sistemas de madera larga. Su mayor precio con respecto a los tractores de arrastre es compensado por su mayor velocidad y capacidad de carga y por resultar una máquina menos agresiva que aquellos para el medio forestal.

En España, se emplea aun relativamente poco: el parque se estima en algo más de 250 máquinas. Su uso se centra en esquemas de madera corta en el norte de la península. No obstante, el crecimiento de este parque es porcentualmente muy superior al de otros tipos de máquinas forestales, al aumentar la capacidad de inversión de las empresas de aprovechamientos. Otra peculiaridad importante es la utilización frecuente de **camiones todo-terreno** modificados, con grandes capacidades de carga, como autocargadores.

La **forma de funcionamiento** es la siguiente: tanto en claras como en cortas finales, el monte se compartimenta en calles en dirección de máxima pendiente, con distancias entre calles de entre 14 a 20 m. Los árboles son apeados, desramados, tronzados y apilados (si es posible y siempre sobre la troza primera) en pequeñas pilas, de 1 o 2 estéreos (equivalente a 0,5 a 1 m³ real) situadas a ambos lados de la calle. El tractor circula por la calle, parándose donde esté apilada la madera, activa la grúa y va recogiendo la madera cargando en la caja, hasta completar toda la madera situada al alcance de la grúa; luego inicia de nuevo el movimiento hasta alcanzar otras pilas de madera, volviéndolas a cargar, y sigue hasta completar la carga de la caja. En ese momento regresa al cargadero, bien marcha atrás por la misma calle o arrastradero o siguiendo la calle hasta una nueva pista si es más cómodo o más próximo.

Muchas veces, en lugar de iniciar la carga con las pilas más cercanas, empieza por las pilas más alejadas que le permitan completar una carga completa de la caja y procede a la carga, según va regresando. De esta forma el regreso con carga completa implica menor distancia que con el sistema descrito anteriormente.

Completada la capacidad de carga, el tractor regresa al cargadero donde realiza la descarga mediante la grúa, bien en el suelo o, preferiblemente, en un remolque de camión. En el caso de camiones con remolque o semirremolque, es útil disponer de un juego de dos remolques o “gabarras”, para poder dejar uno vacío en el cargadero, mientras la cabeza tractora desplaza el otro remolque a la fábrica.

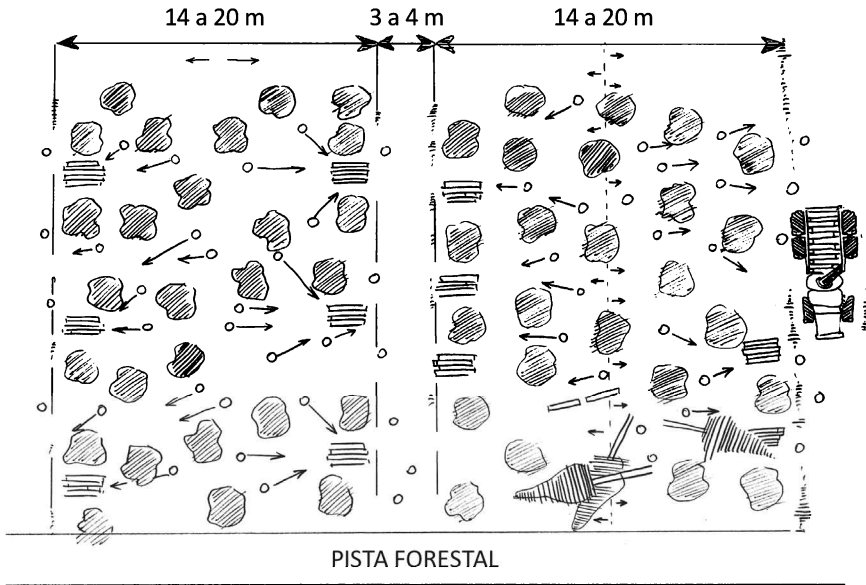


Figura 4.65. Recorrido y circuito de trabajo del autocargador trabajando en claras

El ciclo de trabajo de estas máquinas se puede esquematizar de la siguiente forma:

Desplazamiento (vacío) hasta la zona de madera → N_1 paradas ($\times N_2$ ciclos de carga con grúa en cada parada + desplazamiento a media carga a la siguiente parada) → Desplazamiento en carga hasta cargadero

Cabe distinguir, entre las posibles modalidades de utilización de la máquina, las siguientes:

- **Desembosque de madera corta** (2-2,5 m): saca de la madera dispuesta transversalmente en el remolque. Normalmente, la madera corta estará dispuesta en pilas formadas manualmente o por medio de una máquina que haya realizado el apeo mecanizado, en el borde de “calles” separadas entre 15 y 24 metros. El tamaño de estas pilas oscila según la densidad de corta entre 0,3 y 1 m³. Para optimizar el uso del autocargador, conviene que dichas pilas tengan un tamaño igual o algo menor que la capacidad de carga de la grapa –o que un múltiplo de la misma– para evitar operaciones de carga de trozas sueltas.
- **Desembosque de madera larga** (4-5-6-7 m): saca de la madera longitudinalmente dispuesta en el remolque. El apilado solo se suele realizar cuando el apeo es mecanizado, mientras que en caso de apeo manual la madera se encontrará más o menos

reunida mediante apeo dirigido hacia las calles, pero en general no perfectamente apilada. En este caso, las calles no deben separarse mucho más del doble del alcance de la grúa, puesto que esta debe acceder a las trozas al pie de los tocones. Cabe matizar que, aunque al hablar de madera larga se han reflejado longitudes de 4 a 7 m, en España, en ocasiones se superan estas medidas y se llega a transportar madera de 10 metros, lo cual no resulta recomendable desde el punto de vista de seguridad y maniobrabilidad (daños a la masa).

En cuanto a los **desplazamientos**, es muy importante asegurar una buena red de calles apoyada en pistas no muy alejadas, especialmente si hay pendiente. En este caso, es conveniente que los desplazamientos a través de la masa (por dichas calles) comiencen y acaben en una pista con salida de la calle lo más cómoda posible. En caso contrario, el autocargador deberá entrar marcha atrás, y normalmente hacia arriba, y cargar de vuelta, con las consiguientes pérdidas de tiempo. Las distancias de desembosque, incluyendo desplazamientos por pistas hasta el cargadero, no deben ser muy largas, especialmente para autocargadores hidrostáticos con ruedas de baja presión, que no pueden desarrollar velocidades elevadas en pista. Si, como ocurre en nuestro país, esta es una circunstancia frecuente, puede ser útil mejorar las pistas para reducir esta distancia, o contar con un vehículo para desembosque por pista (por ejemplo, un camión todo-terreno con coste horario reducido), aunque esto obligue a una operación de descarga-carga adicional.

4.3. SEGURIDAD Y SALUD

4.3.1. Introducción

La seguridad es, en un sentido amplio, la garantía de que los bienes y derechos de un individuo quedan protegidos. En el ámbito de este libro la seguridad se refiere a la integridad física y psíquica del conductor del tractor forestal y de los operarios que trabajan con él.

La seguridad solo se consigue el uso de **medidas de protección** y a través de la formación

La seguridad solo se consigue con **formación** y el uso de **medidas de protección**, que se analizarán en parte en este capítulo y en los siguientes. Para ello se analiza la seguridad basándose en la Directiva 98/37/CE, que para los tractores forestales, en función de la clase de riesgo que cubre, implica considerar lo siguiente:

a) Medidas genéricas de seguridad:

- Los materiales con los que se fabrica el tractor y los productos que incorpora durante su uso no originarán riesgos para la salud de las personas expuestas. Especialmente, cuando se empleen fluidos (aceite, combustible, líquidos de frenos, grasas, etc.), la máquina se diseñará para que pueda utilizarse sin que surjan riesgos provocados por el llenado, la utilización, la recuperación y la evacuación de dicho líquido.
- El fabricante proporcionará un alumbrado adecuado al trabajo que tenga que realizar la máquina.

b) Medidas para el manejo del tractor:

- El tractor deberá estar diseñado para poderse utilizar con seguridad. A tal efecto debe incorporar unos sistemas de mando que resulten seguros, fiables, visibles e identificables; deberán ir marcados, estar colocados fuera de las zonas peligrosas de forma que se puedan manipular sin pérdida de tiempo y de forma inequívoca. Si algún mando pudiera realizar varias acciones (acción no unívoca) la acción deberá visualizarse y requerir confirmación.
- Los mandos del tractor deberán disponerse de forma ergonómica y su recorrido y esfuerzo deberá ser compatible con su uso. La máquina debe estar equipada con dispositivos de señalización de modo que desde el puesto de mando el operario pueda advertir del funcionamiento del dispositivo accionado. Los mandos deben ser resistentes.
- La puesta en marcha del tractor solo podrá efectuarse mediante un procedimiento previsto (girar la llave), evitando accionamientos involuntarios.
- Los tractores deberán tener un sistema de parada normal tanto para el vehículo completo como para una parte de él, como pueden ser los aperos que incorporen, de manera que el tractor quede en situación de seguridad. También dispondrán de parada de emergencia con un dispositivo de mando situado en un lugar fácilmente accesible, que pare el tractor o una parte de él, de forma inmediata. En el caso de los *skidders* es fundamental que dispongan de una parada de emergencia del cabrestante.
- La parada de emergencia no se podrá desbloquear hasta que el tractor no tenga la orden de parada.

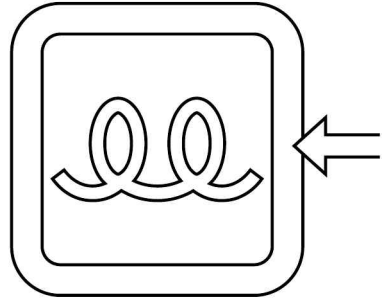


Figura 4.66. Ejemplo de mando identificable y unívoco

4.3.2. Elementos de protección en maquinaria forestal

La **protección** es el conjunto de medidas que se deben tomar para garantizar la integridad física y mental de un individuo. Mientras la seguridad es algo abstracto e intangible a simple vista, la protección es la aplicación de medidas tangibles y observables ante una situación de riesgo, entendiendo por tal aquel acto o situación, que, al ejecutarse, puede provocar un daño a una persona o a un bien de esa persona.

Los **elementos de protección** de los tractores forestales, según el tipo de riesgo existente se desglosan a continuación en cada epígrafe.

4.3.2.1. Riesgo mecánico

Es el riesgo que supone la rotura o el deterioro de alguna de las partes del equipo. Este riesgo aumenta con la edad del tractor, como consecuencia del deterioro y obsolescencia de sus componentes, por el incumplimiento de las medidas de seguridad, etc.

Los principales **elementos** de protección del **riesgo mecánico** son:

- Los **materiales** utilizados en la fabricación del tractor, que deberán tener la resistencia suficiente para evitar el riesgo de rotura en servicio. Si esta finalmente se produjera, los materiales deben aún evitar cualquier situación de riesgo para el conductor: por ejemplo, los conductos de conducción del aceite hidráulico deberán estar diseñados para soportar las presiones del propio aceite, posibles golpes u otras eventualidades, y si aun así se rompen, se debe evitar que la salida del aceite a presión pueda dañar al operario.
- El **diseño** del tractor se realizará de forma que se eviten aristas, ángulos pronunciados o superficies rugosas que puedan provocar heridas.
- Los elementos **móviles** de los tractores, como el cable del cabrestante (winche), la pala de empuje o la grúa con sus distintos elementos, deberán fabricarse y disponerse de forma que eviten cualquier posibilidad de golpeo contra la cabina del conductor (por ejemplo hacerlos inaccesibles cuando están en movimiento, al obligar al operario a estar dentro de la cabina cuando este elemento funciona) y si esta es inevitable se deben equipar con dispositivos de protección (como tapas, rejillas o cubiertas).
- Los dispositivos de **protección** de los elementos móviles deben cumplir con los siguientes requisitos:
 - Deben identificarse mediante la utilización de pictogramas e instrucciones de seguridad incluyendo métodos de trabajo seguros.
 - Debe ser imposible que empiecen a funcionar mientras el conductor pueda estar en contacto con ellos.
 - Deben evitar que el conductor pueda acceder a ellos mientras está en movimiento.
 - Para regularlos se precisa una acción voluntaria del conductor: utilización de una herramienta, una llave, etc.
 - La ausencia o el fallo de uno de sus órganos debe impedir la puesta en marcha del elemento móvil y si está en funcionamiento este fallo debe provocar la parada del elemento móvil.
- Los **errores** que el conductor pueda cometer en la reposición de determinadas piezas que pudieran provocar riesgos a los tractoristas, deberán impedir el funcionamiento del tractor o de una parte de él.
- Los elementos del tractor que tengan **temperaturas extremas** (muy alta o muy baja) deberán estar perfectamente identificados. Si existiera riesgo de proyección de estos elementos o parte de ellos a temperaturas extremas se deben adoptar las medidas necesarias para evitarlo y, si ello fuera técnicamente imposible, hacer que pierdan su peligrosidad.
- El tractor debe estar diseñado para evitar riesgo de **incendio**, sobrecalentamiento o explosión, generalmente:
 - Evitando concentraciones peligrosas de los productos.
 - Impidiendo la inflamación de la atmósfera explosiva.

- Limitando las consecuencias de la explosión, si esta llega a producirse, con el fin de que no tenga efectos peligrosos para su entorno.
- El tractor debe incorporar un **extintor** en la cabina, perfectamente enganchado a ella, para que el conductor pueda hacer frente a un posible incendio que se produzca en el tractor.
- El tractor debe estar diseñado y fabricado para que los riesgos que resultan de la emisión del **ruido** ambiente se reduzcan al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta el progreso técnico y la disponibilidad de medios o equipos de reducción del ruido, especialmente en su fuente.
- El tractor debe estar diseñado y fabricado de forma que los riesgos derivados de las **vibraciones** que se produzcan se reduzcan al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta el progreso técnico y la disponibilidad de medios de reducción de las vibraciones, especialmente en su fuente.
- Las partes del tractor sobre las que esté previsto que puedan desplazarse o estacionarse **personas** deberán diseñarse y fabricarse para evitar que resbalen, tropiecen o caigan sobre esas partes o fuera de las mismas.

4.3.2.2. Riesgo eléctrico, de radiación, de rayos y de emisiones

Es el riesgo que tiene el conductor a ser recorrido por la corriente eléctrica, la radiación, etc. Los principales **elementos de protección** del riesgo eléctrico, de radiación, rayos y de emisiones son los siguientes:

- La energía eléctrica que se origina en los circuitos eléctricos de un tractor debe estar diseñada en un circuito que evite las **sobrecargas** (a través de los fusibles correspondientes) que puedan provocar riesgos a los tractoristas.
- El tractor debe estar diseñado para evitar o restringir la aparición de **cargas electrostáticas** o dispondrá de medios para evacuarlas.
- El tractor deberá diseñarse y fabricarse para limitar las emisiones de **radiaciones** de la máquina a lo estrictamente necesario para garantizar su funcionamiento y para que sus efectos en las personas expuestas sean nulos o se reduzcan a proporciones no peligrosas.
- El tractor debe diseñarse y fabricarse de forma que las **radiaciones exteriores** no perturben su funcionamiento.
- Dado el riesgo de **rayos** que supone el trabajo del tractor forestal, este debe equiparse de tal forma que la carga eléctrica pueda fluir hacia la tierra.
- El tractor debe estar diseñado, fabricado y/o equipado para que se puedan evitar los riesgos debidos a los **gases**, líquidos, polvos, vapores y demás residuos producidos durante su uso. Si existiera este riesgo, la máquina estará equipada para captar y/o aspirar los residuos anteriormente mencionados. Si la máquina no va cerrada en marcha normal, los dispositivos de captación y/o aspiración a que se refiere el párrafo anterior estarán situados lo más cerca posible del lugar de emisión.

- Los tractores deben diseñarse, fabricarse o equiparse con medios que permitan que la persona expuesta a radiaciones o emisiones no quede encerrada o, en caso de imposibilidad de conseguir el fin anterior, que le permitan pedir ayuda.
- El conductor debe estar informado de los **riesgos residuales**. En su formación se deberá incidir en el manejo del tractor forestal de forma segura. También se realizarán campañas de prevención.

El conductor debe estar informado sobre todos los riesgos que puede encontrar en el uso del tractor

4.3.2.3. Riesgos durante el mantenimiento del tractor

El análisis de los principales elementos de **protección** del riesgo a considerar refleja lo siguiente:

- Los puntos de regulación, engrase y conservación estarán situados **fuera** de las zonas peligrosas. Las operaciones de regulación, mantenimiento, reparación, limpieza y conservación de la máquina deberán poder efectuarse con la máquina parada. Si al menos una de las anteriores condiciones no pudiera cumplirse por motivos técnicos, dichas operaciones habrán de poder efectuarse sin riesgo.
- Los puntos de reglaje y mantenimiento del tractor deberán ser **accesibles** con toda seguridad. El fabricante proyectará accesos tales como escaleras, escalas, pasarelas, etc.
- Los tractores deben estar provistos de dispositivos que permitan **aislar** cada una de sus fuentes de energía. Dichos dispositivos serán claramente identificables y deberán disponerse en una caja cerrada para evitar que al conectarse pudieran poner en peligro a las personas circundantes.
- El tractor debe estar diseñado y fabricado de modo tal que resulte posible **limpiar** las partes interiores de la misma que hayan contenido sustancias o preparados peligrosos, sin penetrar en dichas partes interiores; asimismo, el posible desagüe de estas deberá poder realizarse desde el exterior. Si fuere absolutamente imposible no penetrar en las partes interiores, el fabricante deberá adoptar en la construcción de la máquina medidas que permitan efectuar la limpieza con riesgos mínimos.

4.3.2.4. Riesgos causados por las indicaciones

Son los riesgos que pueden derivarse de una mala interpretación y uso de los **indicadores** del cuadro de mandos del tractor. Los principales elementos de protección de este riesgo son los siguientes:

- La información necesaria para el manejo del tractor deberá carecer de ambigüedades y se deberá comprender fácilmente. No deberá ser excesiva hasta el punto que constituya una sobrecarga para el operador.
- Si el tractor lleva dispositivos de advertencia (por ejemplo, medios de señalización, etc.), éstos serán comprensibles sin ambigüedades y se percibirán fácilmente. Se

adoptarán medidas para que el operario pueda verificar si estos dispositivos de advertencia siguen siendo eficaces.

- Si, a pesar de todas las disposiciones adoptadas los riesgos persistieran o si se trata de riesgos potenciales no evidentes (por ejemplo, armario eléctrico de distribución, purga de un circuito hidráulico, riesgo en una parte no visible, etc.), el fabricante deberá colocar señales de advertencia. Estas señales de advertencia constarán, preferentemente, de pictogramas comprensibles por todo el mundo y/o estarán redactadas en una de las lenguas del país de utilización y además, si así se solicita, en las lenguas que comprendan los operarios.

Los riesgos no evidentes tendrán **pictogramas comprensibles** o estarán redactados en las lenguas de los operarios

Los tractores que cumplan toda la normativa de seguridad y salud deben ir marcados, de forma legible e indeleble, como mínimo las indicaciones siguientes:

- Nombre y dirección del fabricante.
- El marcado «CE».
- La designación de la serie o del modelo.
- El número de serie, si existiera.
- El año de fabricación.



Figura 4.67. Marcado “CE”

- Además de la marca “CE” el tractor debe llevar todas las indicaciones que sean indispensables para un empleo seguro (por ejemplo, velocidad máxima de rotación de determinados elementos giratorios, diámetro máximo de las herramientas que puedan montarse, masa, etc.).
- En cada tractor debe hacerse constar, a través de una marca indeleble, la carga nominal que puede llevar y si esta depende de la configuración de la máquina. Cada puesto de conducción llevará una placa de las cargas que incluya, en forma de croquis o eventualmente, de cuadros, con las cargas nominales correspondientes a cada configuración.
- El tractor debe llevar un **manual de instrucciones** en el que se indique, como mínimo, lo siguiente:
 - Las características técnicas del tractor y en particular un repaso del cuadro de cargas que puede soportar.
 - El recordatorio de las indicaciones establecidas para el marcado, con excepción del número de serie, completadas, en su caso, por las indicaciones que permitan facilitar el mantenimiento (por ejemplo, dirección del importador, de los reparadores, etc.).
 - El o los puestos de trabajo que puedan ocupar los operadores.

- Las instrucciones para que puedan efectuarse sin riesgo:
 - La puesta en servicio.
 - La utilización.
 - La carga, con la indicación de la masa o peso de la máquina y sus diversos elementos cuando, de forma regular, deban transportarse por separado.
 - La instalación.
 - El montaje, el desmontaje.
 - El reglaje.
 - El mantenimiento (conservación y reparación).
 - En su caso, instrucciones de aprendizaje.
 - Si fuera necesario, las características básicas de las herramientas que puedan acoplarse a la máquina.
 - Si fuese necesario, en el manual se advertirán las contraindicaciones de uso.
 - Los consejos de su utilización.
- El fabricante o su representante establecido en la Comunidad Europea elaborará el manual de instrucciones, que estará redactado en la lengua que entienda el conductor del tractor.
 - El manual de instrucciones incluirá los planos y esquemas necesarios para poner en servicio, conservar, inspeccionar, comprobar el buen funcionamiento y, si fuera necesario, reparar la máquina y cualquier otra instrucción pertinente, en particular en materia de seguridad.
 - En el manual de instrucciones se ofrecerá, si fuera necesario, las recomendaciones relativas a la instalación y al montaje, orientadas a reducir el ruido y las vibraciones producidas durante el uso del tractor: utilización de amortiguadores antivibratorios, etc.
 - En el manual de instrucciones se deberá indicar el nivel de presión acústica en dB (A) en la cabina del conductor.

4.3.3. Medidas específicas de seguridad de los tractores forestales

Son aquellas dirigidas a evitar los principales riesgos debidos a la utilización de estos tractores: los derivados de los problemas de estabilidad (vuelco del tractor), de operaciones de elevación de cargas, con riesgos de que estas se caigan o desestabilicen el tractor, etc. Estas medidas son las siguientes:

4.3.3.1. Riesgos debidos al desplazamiento del conductor

- Los tractores forestales deben disponer de una **cabina cerrada** que ofrezca el espacio necesario y tenga la resistencia correspondiente al número de personas que

pueda alojar y a las cargas máximas previstas por el fabricante. En dicha cabina se dispondrá de los elementos de accionamiento del tractor.

- Las cabinas dispondrán de **cinturones de seguridad** para evitar que el conductor pueda ser despedido de este habitáculo.
- El tractor debe diseñarse y construirse para que el suelo del habitáculo no se incline hasta el punto de generar un riesgo de caída de sus ocupantes, incluso cuando esté en movimiento.
- El suelo del habitáculo deberá ser **antideslizante**.
- Cuando exista una **trampilla** en suelo o techo, o bien una puerta lateral, deberán abrirse en el sentido contrario al del riesgo de caída para evitar una apertura fortuita.
- Las aceleraciones y los frenados del tractor, accionados por los conductores, en las condiciones de carga y de velocidad máxima previstas por el fabricante, no deberán crear riesgos para las personas expuestas.

4.3.3.2. Riesgos debidos a la falta de estabilidad

Los tractores forestales tienen que diseñarse y fabricarse de forma que tenga la suficiente estabilidad para que durante su normal uso no tenga riesgo de que vuelque.

En capítulos anteriores (4.1.2.5.) ya se ha indicado que los tractores deben incorporar unos dispositivos de protección contra el riesgo de vuelco (ROP5), contra el riesgo de caídas de objetos (FOPS) y contra el riesgo de penetración de objetos (OPS).

El tractor forestal debe tener estructuras que protejan contra el golpe de las cargas

4.3.3.3. Riesgos debidos a operaciones de elevación

Los tractores forestales incorporan aperos para elevar troncos, trozas o similares que pueden provocar desequilibrios en el tractor o choque contra este. Los **dispositivos de elevación** de cargas deberán cumplir una serie de **requisitos** de seguridad que a continuación se exponen:

- Las máquinas, los accesorios de elevación y los elementos móviles deberán poder resistir los esfuerzos del manejo de las cargas propias del aprovechamiento forestal sin deformación permanente o defecto visible, con un margen de seguridad o sobrecarga de 1,25 en ensayos estáticos y de 1,1 en ensayos dinámicos. Es decir, que si el tractor dispone de un medio de elevación de carga de 6 t, debe resistir prueba de elevación estática de 7,5 t y de elevación dinámica de 6,6 t.
- Los accesorios de elevación deberán disponer de marcado “CE”, constando el nombre del fabricante, las características del material con que está fabricado y la especificación de la carga máxima de utilización.
- Las máquinas y los accesorios de elevación deberán diseñarse y fabricarse de forma que se eviten los fallos debidos a la fatiga o al desgaste habida cuenta de la utiliza-

ción prevista. También deberán resistir la corrosión, abrasión, choques, sensibilidad al frío y envejecimiento.

- Los órganos de prensión deberán diseñarse y fabricarse de forma que las cargas no puedan caer repentinamente.
- La instalación del puesto de conducción de los tractores deberá permitir vigilar al máximo la trayectoria de los elementos en movimiento para evitar posibles choques con personas, materiales u otras máquinas que puedan funcionar simultáneamente y que puedan resultar peligrosos.
- Los tractores deberán estar equipados de dispositivos que adviertan al conductor y que impidan los movimientos peligrosos de la carga en caso de:
 - Sobrecarga de las máquinas.
 - Exceso de carga máxima de utilización.
 - Bien por sobrepasar los momentos provocados por dicha carga.
 - Posible rebase de los momentos de estabilidad, especialmente debido a la carga levantada.
- Los tractores deberán estar diseñados con dispositivos que mantengan la amplitud de movimientos de sus elementos. La acción de estos dispositivos, en su caso, deberá ir precedida de una advertencia.

4.3.3.3.1. Riesgos debidos a la operación de enganche

Los tractores forestales **arrastradores** incorporan aperos para enganchar los troncos, trozas o similares que pueden provocar desequilibrios en el tractor o choque contra este. Los dispositivos de enganche o arrastre de las cargas deberán cumplir una serie de requisitos de seguridad que a continuación se exponen:

- El **cable** de arrastre de la madera debe diseñarse y fabricarse de forma que se eviten fallos por fatiga o desgaste; igualmente debe resistir perfectamente la corrosión y la abrasión y soportar sin problemas temperaturas atmosféricas muy bajas y muy altas. No se admite que lleve empalmes, excepto en sus extremos. La resistencia de este cable será 5 veces mayor que la carga que debe arrastrar.
- Los accesorios tales como eslingas de cables, cadenas o abrazaderas textiles, no admitirán empalmes y deberán tener una resistencia 7 veces mayor que la carga prevista de utilización. Deberán sustituirse inmediatamente cuando se observe cualquier defecto.
- Cada cadena, cable o abrazadera textil deberá llevar grabado la identificación del fabricante, su dirección, el material con que está fabricado y la carga de servicio de acuerdo a la norma de ensayo con que se haya evaluado.

4.3.3.3.2. Riesgos debidos a las dificultades del terreno y las diferentes condiciones del suelo

En otros capítulos de este texto se han descrito diferentes normas referidas a seguridad en el manejo y conducción del tractor forestal. Indican los riesgos provocados por las irregularidades del terreno y las diferentes condiciones del suelo por donde deben circular los tractores forestales. También indican las especiales características que deben tener los tractores, desde los embragues automáticos, hasta los elementos tales como el bloqueo del diferencial. Recuerde que es imprescindible tenerlas presentes.

4.3.4. Evaluación de riesgos y medidas preventivas a adoptar (seguridad, salud)

El estado actual de la mecanización forestal en España permite la realización de gran cantidad de trabajos con comodidad y eficacia aunque, a pesar del incremento de los sistemas de protección y seguridad de los tractores, estas operaciones no están exentas de riesgos para los trabajadores. Es por ello, por lo que se deben estudiar los principales factores causantes de accidentes, para en función de estos, proponer las medidas necesarias para evitar que se produzcan.

Los **factores de riesgo** derivados del uso de los tractores forestales son descritos a continuación.

4.3.4.1. Aplastamiento por vuelco

Este es un riesgo que solo se produce con el conductor (o el ayudante enganchador, en el caso de los *skidder*) fuera de la cabina, ya sea por estar realizando una reparación, labores de mantenimiento u otra circunstancia. Por la pendiente, un deslizamiento del tractor u otras razones, el tractor se vuelca encima del operario. Las alteraciones de **salud** que puede provocar son desgarros, amputaciones o incluso muerte.

Las **medidas** de prevención y protección que deben tomarse para evitar este riesgo son las siguientes:

- Cuando en el desarrollo del trabajo surja un imprevisto que obligue a parar el tractor, el conductor deberá buscar un terreno llano y, si es posible, utilizar los frenos de mano o el sistema de frenado; la transmisión debe colocarse en posición de estacionamiento tal como especifique el fabricante y, en caso necesario, deben bloquearse las ruedas. Antes de aparcar la máquina, el operador debe asegurarse de que:
 - Se ha bajado el equipo hidráulico.
 - Se ha desactivado la presión hidráulica.
 - El interruptor principal se encuentra en posición de parada.
- Si no es posible parar el tractor en terreno llano, habrá que situarlo en la parte de la ladera que permita la salida pendiente arriba, bajar la pala frontal (si es que dispone de ella), y hacer descansar la grúa buscando equilibrar el tractor.

- Si durante el trabajo se pierde el control del tractor existiendo un riesgo de vuelco no se debe saltar de la cabina nunca (en ocasiones el aplastamiento se produce por ese intento de abandono del vehículo). Recuerde que la cabina antivuelco garantiza la indeformabilidad del habitáculo.
- Si se trata de un *skidder* trabajando el ayudante enganchador debe evitar estar aguas abajo del tractor en situaciones de riesgo de vuelco, maniobras de acceso de pista a calle u otras.

4.3.4.2. Aplastamiento por elementos del tractor

Es el riesgo que se produce cuando en labores de mantenimiento, el conductor del tractor o su ayudante quedan aplastados por caída de algún elemento móvil del tractor como puede ser la pala frontal, los brazos de la grúa hidráulica, o cualquier otro apero que pueda llevar. Las alteraciones de salud son las mismas que las indicadas anteriormente. Las **medidas** de prevención y protección para evitar este riesgo son las siguientes:

- Siempre que se detenga el tractor se debe hacer descender hasta el suelo o hasta una posición estable todos los aperos.
- Nunca hay que parar el tractor dejando la grúa en vilo.
- Siempre que se esté trabajando con la grúa, se debe impedir que cualquier persona se sitúe dentro de la distancia de seguridad establecida para la grúa (doble de la distancia del alcance de esta).
- No hay que utilizar topes provisionales, que se pueden caer y con ello el apero.

4.3.4.3. Atrapamiento por vuelco del tractor

Es el riesgo que se produce cuando el conductor está **dentro** de la cabina y el tractor vuelca, ya sea por efecto de la excesiva pendiente, por zanjas, pozos u otro obstáculo, exceso de velocidad, etc. Como consecuencia el conductor queda atrapado dentro de la cabina. Es una de las principales causas de **accidente mortal**, por lo que las medidas de prevención y protección deben observarse estrictamente, como son:

- Nadie sin experiencia deberá trabajar en solitario en zonas de pendiente.
- El conductor debe conocer las posibles reacciones del tractor y las situaciones de riesgo que se le pueden presentar
- Evitar trabajar cerca de zanjas, pozos o cualquier otro obstáculo que haga peligrar la estabilidad del tractor.

En pendiente **cuesta abajo** no debe conducirse en punto muerto o pisando el embrague. Hay que buscar una **marcha corta** para el descenso, evitando el uso continuado del freno

- Evitar trabajar en pendientes próximas al límite de estabilidad del tractor y nunca por encima de estas.

- Cuando se trabaje siguiendo la línea de máxima pendiente, en caso de resbalamiento, no pisar ni el freno ni el embrague.
- En terrenos en pendiente cuesta abajo no conduzca en punto muerto o pisando el embrague y busque una marcha corta para ese descenso, evitando lo posible el uso continuado del freno.
- En terrenos escabrosos evitar altas velocidades.
- Nunca sobrepasar los límites de carga autorizados para el tractor. Cuando el terreno es accidentado el valor de la carga debe reducirse.
- Por supuesto trabajar siempre dentro de la cabina con cinturón de seguridad y asegurarse que la cabina cumple con todos los sistemas de protección ya indicados.

4.3.4.4. Atrapamiento por piezas móviles

Es el riesgo que se produce cuando el conductor del tractor, normalmente en operaciones de mantenimiento queda atrapado por alguno de los **elementos móviles** que tiene el tractor, ya sea en elementos del motor (correa de transmisión, ventilador, etc.), de su transmisión (eje de transmisión), en la transmisión a sus aperos, o incluso en los elementos móviles propios de los aperos, como puede ser el torno del winche, su cable o los brazos de la grúa.

Las alteraciones de salud provocadas son desgarros, amputaciones e incluso la muerte. Las **medidas** de prevención y protección son las siguientes:

- Como ya se ha indicado repetidas veces, evitar uso de ropas holgadas.
- Siempre que tenga que salir de la cabina para realizar alguna labor de preparación o mantenimiento, realizar una parada técnica de la forma que se ha indicado en anteriores capítulos: conducir el tractor hasta una zona llana, detenerlo, frenarlo, quitar la llave de contacto, calzar las ruedas y proceder a realizar la comprobación pertinente.
- Mantener la totalidad de las partes móviles (que se puedan llevar protegidas sin interferir en el trabajo) protegidas de modo que sean inaccesibles.
- Tener especial cuidado con el winche del *skidder*. Cuando este recoge el cable se ejercen varias decenas de toneladas de fuerza.
- En el caso del *skidder*, el cabrestante solo debe arrastrar la carga cuando no existe posibilidad de que el tractor patine hacia atrás en los casos de tracción directa, o lateralmente en los casos de tracción de costado.

Los ayudantes del *skidder* deben permanecer alejados mientras el tractor recoge las trozas enrollando el cable tractor

- Los ayudantes deberán permanecer suficientemente alejados del tendido de cables cuando el cabrestante inicie su tracción. Su posición debe ser tal que le permita eludir los desplazamientos imprevistos de las trozas o de las piedras que puedan soltarse.

- Cuando se arrastren cargas por medio de un cabrestante, colocar un escudo o anillo en la parte trasera del *skidder* para prevenir el disparo del cable hacia el tractor, en caso de rotura del mismo.
- Si se arrastran trozas de pequeña longitud y poco peso desviar el *skidder* de aquellos obstáculos que pudieran producir el encabritamiento de la carga que suele provocar el que se suelten piedras y otros objetos.
- El enganche y desenganche de la carga lo hará siempre el conductor del *skidder*.
- Si hay un ayudante, extremar la comunicación durante la operación de desenganche del haz en la zona de apilado.
- Los ayudantes del *skidder* deberán permanecer alejados de la troza y por detrás de ella cuando el tractor esté recogiendo la carga mediante el enrollado del cable.

4.3.4.5. Atropellos

Es el riesgo a que están expuestas las personas que están próximas al tractor, ya sea en labores de ayuda o apoyo del conductor u otra circunstancia: por un descuido o por falta de visión del conductor, alguien queda atropellado por el tractor. Las alteraciones de salud son las mismas que las indicadas con anterioridad, de desgarros, amputaciones e incluso la muerte. Las **medidas** de prevención y protección son las siguientes:

- Toda persona que se acerque al tractor debe hacerlo asegurándose de que el conductor la vea bien. Nadie debe acercarse a la zona de peligro sin que el operador se lo haya pedido.
- Limitar la velocidad del tractor en zonas con presencia humana. En marcha atrás tener especial cuidado, usar la bocina y mirar cuidadosamente por los espejos.
- En el caso del *skidder*, tener especial cuidado con la posición del operario que engancha las trozas, tener las ventanillas de la cabina abiertas y la radio apagada para oír las indicaciones de esta persona.
- Si el tractor circula por vías públicas deberá llevar la señalización giratoria luminosa intermitente y siempre circulará con el distintivo de vehículo lento.
- Nunca abandonar el tractor sin asegurarse de su completa inmovilidad. En paradas en pendiente y cuando en el desarrollo de la labor surja algún imprevisto y se ve la necesidad de parar el tractor aunque esta parada sea momentánea, realizar siempre la siguiente rutina:



Figura 4.68. Señalización de vehículo lento

- Desconectar la transmisión de la toma de fuerza (si se está utilizando), detenerlo, aplicar el freno de mano, meter la primera marcha adelante si es en subida o la marcha atrás si es en bajada, hacer reposar de un modo estable el equipo

o apero suspendido, y para más seguridad, calzar el tractor y remolque, en su caso.

4.3.4.6. Riesgo de golpes

Es el riesgo que se produce a aquellas personas situadas próximas al tractor, ya sea en labores de ayuda o complemento o de simple observador: alguien es golpeado por un elemento móvil del tractor o de su carga. También se puede producir con el propio conductor del tractor cuando situado en el interior de la cabina, por efecto de la pendiente o por la inercia de una frenada: cae sobre él, algún objeto suelto que hubiese dentro de la cabina. Las alteraciones que provoca en la salud son lesiones y heridas. Las **medidas** de prevención y protección son las siguientes:

- Toda persona que se acerque a una máquina debe hacerlo asegurándose de que el operador la vea bien. Nadie debe acercarse a la zona de peligro sin que el operador se lo haya pedido.
- No deben conservarse objetos que puedan moverse en la cabina del tractor.

Si una persona desea acercarse a un tractor **avisar previamente** al conductor y hacerlo siempre por la parte delantera para que le vea el conductor

4.3.4.7. Caídas de personas al mismo nivel

Es el riesgo que se produce cuando el conductor o su ayudante en labores fuera del tractor, caen al suelo por efecto de obstáculos del terreno o por deslizamiento. Las alteraciones de la salud que puede provocar son los traumatismos y las lesiones. Para prevenir y protegerse de este riesgo se deben observar las siguientes **indicaciones**:

- Usar botas con suela antideslizante.
- Mientras los desplazamientos vigilar el terreno que se pisa, fijarse en las irregularidades y obstáculos del terreno, así como en lo resbaladizo del mismo.
- Evitar saltar y correr.

4.3.4.8. Caídas de personas a distinto nivel

Es el riesgo que se produce cuando el conductor o su ayudante caen al suelo desde la cabina o desde una parte elevada del tractor hasta el suelo. Las alteraciones de salud que puede provocar son traumatismos y lesiones. Para prevenir y protegerse de este riesgo se deben observar las siguientes **indicaciones**:

- Usar botas con suela antideslizante y comprobar que las suelas están limpias y secas.
- Los peldaños y asideros de acceso a la cabina deberán estar limpios, exentos de barro grasas y residuos vegetales y en buen estado de conservación.

- Subir y bajar del tractor de cara al vehículo, utilizando los escalones y asideros correspondientes.
- Conducir siempre sentado en el asiento.
- No bajarse del tractor hasta que no se haya parado completamente.
- No permitir que los niños se acerquen y menos que se suban al tractor.
- Evitar saltar y correr.

El conductor **no debe saltar** nunca desde la cabina, sino utilizar las escaleras

4.3.4.9. Caída de objetos en manipulación

Es el riesgo que sufre el conductor fuera de la cabina, o su ayudante por golpeo de la grúa del autocargador o las trozas que esta está manipulando o el *skidder* o simplemente por golpeo de las trozas por estar mal apiladas. Las alteraciones de la salud que pueden ocasionar son traumatismos, heridas, y lesiones. Las **medidas** para evitar que este riesgo se produzca y las medidas de protección son las siguientes:

- El golpe de la grúa o su carga contra árboles o ramas colindantes a la zona de carga puede provocar la rotura de estas por lo que siempre hay que evitar que haya personas cerca de esta maquinaria.
- Evitar sobrepasar el límite de altura del equipo.
- La carga debe apilarse en el remolque de forma estable. Si por las irregularidades del terreno la carga se descoloca, se debe parar el tractor y mover las trozas necesarias para que la carga vuelva a estar estable.
- Asegurar las cargas que se transporta en el remolque colocando la grúa sobre la carga.
- Debe evitarse el tránsito del tractor por la zona de caída natural de los árboles acaballonados (caídos sobre otros árboles, sin llegar al suelo).
- En el caso del *skidder*, el operario enganchador debe evitar circular por debajo de la carga, que puede caerse o rodar o soltar piedras o troncos y hacerlos rodar.

4.3.4.10. Riesgo de pinchazos y cortes

Es el riesgo que se produce por tener partes de la chapa del tractor levantada, rozándose con ello el conductor o su ayudante, pero fundamentalmente se produce en el manejo de los cables del *skidder*. Los cables del *skidder* son elementos metálicos formados por hilos trenzados que por efecto del rozamiento de alguna parte del cable con piedras u otro elemento se rompen y quedan sueltos, provocando en su manejo pinchazos y cortes. Las alteraciones de la salud que pueden provocar son heridas y cortes. Para prevenir y proteger de este riesgo es necesario adoptar las siguientes **medidas**:

- Manejar los cables con guantes de seguridad especialmente adecuados al manejo de cables metálicos.
- El cable del winche puede romperse por desgaste o por exceso de carga, en cuyo caso se comporta como un látigo de acero que puede seccionar a una persona, por lo que el conductor debe estar protegido dentro de la cabina y el ayudante debe situarse fuera del entorno de rotura del cable.

Los ayudantes del *skidder* deberán usar **guantes** para el manejo de cargas y permanecer alejados durante la tracción del cabrestante

4.3.4.11. Riesgo de contactos térmicos

Este riesgo se produce como consecuencia de la existencia de zonas calientes en el tractor, tales como el radiador, el propio motor, el tubo de escape, que si son tocados directamente por el conductor o el ayudante se pueden producir quemaduras. Las alteraciones de la salud que puede provocar son las quemaduras. Para evitar este riesgo y para protegerse se deben tomar las siguientes **medidas**:

- Evitar manipular el motor cuando este se encuentra todavía caliente.
- Siempre utilizar guantes de seguridad.

4.3.4.12. Riesgo de contactos eléctricos

El riesgo se produce cuando una parte del tractor toca un cable de un tendido eléctrico y provoca que se conduzca la descarga eléctrica hasta el operario. Las alteraciones de salud que pueden provocar son quemaduras, fibrilaciones, necrosis de tejidos, incluso la muerte. Para evitar este riesgo se debe evitar trabajar cerca de tendidos eléctricos. La grúa no se podrá utilizar a menos de 15 m de líneas de alta tensión o a 9 m en líneas de media y baja tensión.

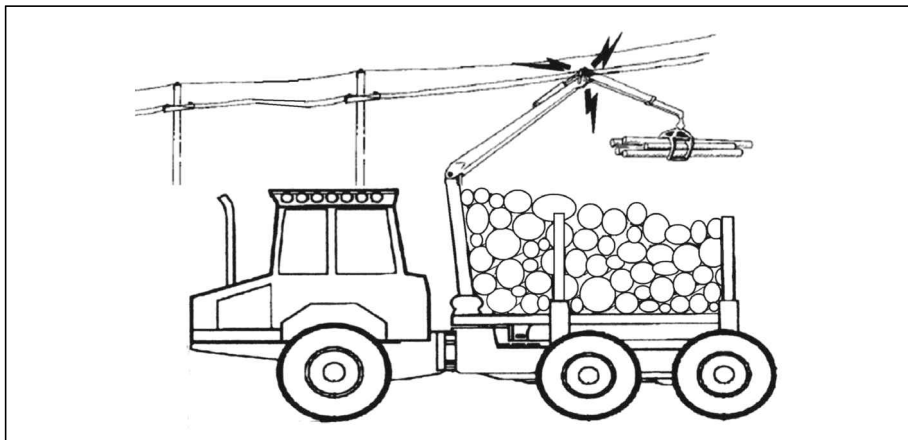


Figura 4.69. Riesgo de contacto eléctrico

4.3.4.13. Riesgo de incendio y explosión

Este riesgo se produce como consecuencia de la exposición del tractor a un incendio forestal o un líquido inflamable, por ejemplo el combustible, con una fuente de calor (caso de un cigarrillo). También puede originarlo un fuerte impacto del vehículo. Los efectos son las quemaduras e incluso la muerte. Para evitar este riesgo se deben tomar las siguientes medidas:

- En cuanto se detecte la existencia de un incendio forestal, conducir el tractor a una zona segura.
- Nunca repostar combustible con un cigarro encendido.
- Llevar en cabina un extintor de nieve carbónica o polvo ABCE.

4.3.4.14. Riesgo de proyección de fluidos a presión

Este riesgo se produce como consecuencia de la posible rotura de algún latiguillo del circuito del aceite hidráulico cuando se encuentra con presión. Las alteraciones de la salud que puede provocar son lesiones cutáneas, oculares etc. Para evitarlo, siempre que se vaya a manipular un latiguillo se debe comprobar que el circuito del aceite hidráulico está sin presión. También debe recordarse que el aceite hidráulico traspasa fácilmente la ropa y la piel por lo que no se debe intentar descubrir una fuga de aceite o/y taparla utilizando un dedo o la palma de la mano. Hágalo con un trozo de papel o cartón.

4.3.4.15. Riesgo de contacto con sustancias cáusticas o corrosivas

El único riesgo que existe utilizando tractores forestales en trabajos forestales es el contacto con el líquido de la batería, por lo que hay que evitar este contacto. Las alteraciones de la salud que puede provocar son las quemaduras, excoiaciones y heridas.

4.3.4.16. Otros riesgos

Son escasos los otros riesgos que se pueden producir utilizando tractores forestales, pues por ejemplo es raro que con estos tractores se apliquen fungicidas-insecticidas, cuyo manejo debe observarse con especiales medidas de seguridad como mascarillas, guantes etc. Las alteraciones de la salud que puede provocar son las reacciones alérgicas y sensibilizaciones. Sí son frecuentes los riesgos ocasionados por la exposición a altos niveles de ruido que pueden provocar en el operador hipoacusia, alteraciones del sueño, excitabilidad, pérdida de capacidad de atención y sordera. Este riesgo debe evitarse utilizando protectores auditivos adecuados.

4.3.5. Ergonomía e higiene para el manejo de maquinaria forestal

La ergonomía es muy importante para evitar lesiones musculares y lumbares debidas especialmente a sobreesfuerzos, vibraciones y otras condiciones de uso del tractor durante

la ejecución del trabajo. A continuación se recogen los principales **riesgos de higiene** en la utilización de tractores forestales, los componentes involucrados y las medidas de prevención y protección a utilizar.

4.3.5.1. Exposición a temperaturas extremas

Es fácil que por la altitud de las masas forestales, algunos días de invierno se alcancen temperaturas bajo cero o que en el verano se sobrepasen los 30°C. Por eso, los trabajadores forestales están expuestos a riesgo de congelación o de golpe de calor, que hay que evitar. Las **medidas** de prevención y protección son las siguientes:

- Utilizar el aire acondicionado y si este no existe, usar ropas ligeras, frescas y de colores claros.
- Evitar la exposición al sol.
- Aumentar la ingesta de agua, incluso de sal para compensar las pérdidas que se producen por el sudor.
- Al aparecer los primeros síntomas de fatiga (dolor de cabeza, sudor excesivo y pulsación alta) descansar y colocarse en un lugar fresco.
- Usar ropa adecuada al frío.
- Ingerir dietas altas en calorías.

4.3.5.2. Exposición a falta de iluminación

En muchas ocasiones, la niebla, las nubes unidas a la penumbra del bosque, o al ocaso del sol hace que el trabajo se tenga que realizar con falta de iluminación. En estos casos solo se debe seguir el trabajo si el tractor incorpora **luces** suficientes para poder detectar perfectamente los obstáculos de terreno y los elementos que deba transportar. Si no es así, el conductor del tractor debe abandonar la explotación y solo regresar cuando las condiciones cambien y la iluminación sea suficiente.

4.3.5.3. Exposición al ruido

Aunque las emisiones de ruido de los tractores deben controlarse, es fácil que en ocasiones de especial requerimiento de fuerza del tractor se llegue a más de 90 dB (A), nivel de ruido en donde los trabajadores expuestos de forma prolongada pueden quedar afectados en su salud con efectos tanto físicos (dolor de cabeza, hipertensión, etc.) como psicológicos (estrés, irritabilidad, falta de concentración, etc.). Para evitarlo, es aconsejable que los conductores trabajen con la cabina cerrada, e incluso incorporar **protectores auditivos**.

4.3.5.4. Exposición a vibraciones

La exposición prolongada de los individuos a las vibraciones provoca importantes efectos sobre la salud. Dependiendo de la frecuencia del movimiento oscilatorio y de su intensidad, la vibración puede causar sensaciones muy diversas que van desde el simple discomfort,

hasta **alteraciones graves** de la salud, pasando por la interferencia con la ejecución de ciertas tareas como la lectura, la pérdida de precisión al ejecutar movimientos o la pérdida de rendimiento debido a la fatiga. Los efectos más significativos que provocan las vibraciones son de tipo vascular, osteomuscular y neurológico. Las enfermedades osteomusculares y angineuróticas provocadas por vibraciones están incluidas en el cuadro de enfermedades profesionales de la Seguridad Social.

Por ello, los tractores deben diseñarse y fabricarse de forma que se reduzcan al máximo las vibraciones. Aun así, al ser inevitable eliminarlas totalmente conviene que el conductor tome las siguientes medidas de prevención y protección:

- Usar asientos en perfectas condiciones, con reposabrazos y respaldo adecuados.
- Ajustar el asiento para evitar dolencias de espalda.
- Comprobar la altura y profundidad del asiento, altura y ángulo del respaldo, movimiento hacia delante y atrás, y posibilidad de giro (especialmente si se pasan periodos prolongados de tiempo mirando hacia atrás).
- Comprobar que el asiento absorba vibraciones (buena amortiguación).
- Bajarse del tractor cada hora más o menos, y hacer algo activo durante 5-10 minutos.
- Es también recomendable el uso de fajas anti-vibratorias.

4.3.5.5. Fatiga postural

El conductor del tractor debe pasar muchas horas al día durante muchos días del año, en el asiento del tractor. Esta contracción muscular prolongada origina dificultad circulatoria en la zona y es causa de la fatiga muscular que se traduce en dolores y trastornos musculares. Por esta causa el tractor debe disponer de asiento acolchado ergonómico provisto de la amortiguación adecuada. Se debe evitar el manejo del tractor estando en malas condiciones físicas. Si se encuentra mal, interrumpir el trabajo inmediatamente.

4.3.5.6. Sobre esfuerzos

Si bien el conductor del tractor no está expuesto normalmente a sobre esfuerzos, sí lo está el ayudante del *skidder* que en muchas ocasiones necesita mover la troza para poder rodearla con los *choker*. Las consecuencias de los sobre esfuerzos abarcan desde el dolor y la inflamación de diverso grado hasta **lesiones graves** e incapacitantes. Por esta razón hay que evitar situaciones en donde un operario deba elevar o arrastrar cargas que superen los 30 kg y de forma continuada cargas superiores a los 15 kg, aunque el verdadero límite físico también depende de cada trabajador.

4.3.5.7. Exposición a contaminantes biológicos

Los conductores y ayudantes de los tractores forestales están expuestos a polvo que se desprende del paso por el suelo forestal y a monóxido de carbono, óxido nitroso, hollín y otros gases que se desprenden del **tubo de escape** del tractor. En el primer caso, si este polvo se produce en exceso, los trabajadores deberán equiparse con mascarilla adecuada. En el se-

gundo caso, no se suelen producir problemas dado que estos gases se disipan rápidamente en la atmósfera, pero hay que evitar arrancar el tractor en recintos cerrados.

4.3.6. Situaciones especiales de riesgo

Las situaciones especiales de riesgo de los tractores forestales en trabajos forestales son numerosas, por lo que se va a proceder a describir las principales.

4.3.6.1. Vuelcos

Son sin lugar a dudas la situación de **mayor causa de accidentalidad** de los tractores forestales, pues constituyen aproximadamente la mitad de los accidentes en tractores, y son los responsables de muchas lesiones y daños. En muchas ocasiones son causados por distracciones de los conductores.

Dentro de los vuelcos, **los laterales** son los más comunes. Hay numerosas situaciones en que este tipo de vuelco se produce, destacando:

- Conducir sobre taludes: si el talud tiene un ángulo excesivo, puede que haya más peso en el lado de abajo del centro de gravedad, y el tractor podría volcar.
- En la conducción sobre taludes, en el caso de que el lado del tractor que se sitúa pendiente arriba encuentre un obstáculo y ayude al desequilibrio lateral del tractor.
- Los giros por cambio de sentido en zonas de pendiente.
- Aproximarse demasiado a zanjas, presas, pozos, puede hacer caer al tractor si se conduce cerca del borde.
- Girar cuando se conduce demasiado deprisa o/y se tiene bloqueado el diferencial. Muchas veces se bloquea el diferencial para superar un charco, y luego se olvida quitar el desbloqueo, lo que conduce a que cuando se necesite girar el tractor, el giro más rápido del lado del tractor más interior que del lado más exterior puede ayudar a provocar el vuelco lateral.
- Remolcar una carga demasiado pesada para controlarla.
- Olvidar el bloqueo de frenado solidario entre el remolque y el tractor. Es un accidente que no es normal en tractores forestales, pero sí en tractores agrícolas que hacen trabajos forestales.

En cuanto a los **vuelcos longitudinales**, el riesgo es menos frecuente que el vuelco lateral porque los tractores forestales están diseñados de forma que en vacío, el peso se concentra en el eje delantero, lo que permite que se pueda cargar el eje trasero sin riesgo de vuelco longitudinal. El riesgo de vuelco longitudinal de los tractores forestales se produce en los descensos cargados, en terrenos con mucha pendiente y poco adherentes como consecuencia del descontrol del tractor. Cuando ocurren, la **gravedad** del accidente suele ser mucho más elevada. La medida de prevención consiste en evitar terrenos de tanta pendiente y en tan malas condiciones de adherencia. En cualquier caso hay que evitar en estas situaciones llevar más carga de la que pueda retener el tractor y siempre evitar frenar el tractor; se debe

buscar que sea el propio motor el que retenga el descenso, trabajando en marcha corta y descendiendo pisando ligeramente el acelerador (fundamental en el caso de que incorpore convertidor de par) e incluso algo el freno. Respecto de las **medidas de protección**, no queda más que fiarse de la seguridad de las cabinas, por lo que el conductor debe llevar bien puesto el cinturón de seguridad, que le asegure su posición dentro de la esta.

Naturalmente que los tractores agrícolas, cuando quieren hacer trabajos forestales tienen el riesgo de vuelco hacia atrás al ascender la pendiente con un remolque pues al mayor peso en el eje trasero se añade el par motor y el peso del remolque o semirremolque.

4.3.6.2. Caídas

Se pueden producir caídas del conductor al subir o al bajar del tractor. Para evitar lesiones innecesarias, se deben tener en cuenta las siguientes precauciones:

- No se debe subir o bajar de un tractor en movimiento.
- No saltar nunca de la cabina del tractor.
- Los tractores deben estar dotados de estribos, escaleras y asideros de acuerdo con las normas que establecen diferentes directivas europeas y españolas.
- Los estribos, escaleras y en general todo el tractor debe mantenerse limpio y seco.

4.3.6.3. Atrapamientos

Los atrapamientos son situaciones de escaso riesgo en los tractores forestales pues los elementos móviles del tractor no son accesibles desde dentro de la cabina y el caso más típico de atrapamiento, el provocado por la toma de fuerza cuando se enganchan o desenganchan los aperos, no es una situación típica de los tractores forestales.

Cuando, por las circunstancias que sea, se hace necesario enganchar aperos o remolques al tractor, deberán observarse los siguientes puntos:

- Asegurarse de que no hay nadie detrás del tractor.
- Acercar el tractor lentamente al apero o remolque.
- Parar y poner el freno de mano.
- Poner punto muerto.
- Bajar del tractor y enganchar el apero o remolque.

Las medidas de **protección y prevención** serán las siguientes:

- Antes de bajarse del tractor habrá que desenganchar siempre la toma de fuerza, apagar el motor y quitar la llave.
- Mantener siempre todas las protecciones de las partes móviles, y asegurarse de que están en buenas condiciones.
- No pasar nunca por encima de ninguna parte móvil. Rodearla siempre.
- No usar ropa suelta, ya que esta se podría enredar en las partes rotatorias.

4.3.6.4. Ruido

Los conductores de tractores sin cabinas homologadas están sometidos a niveles de ruido superiores a 85 dB(A), y según el Real Decreto 1319 de 27 de octubre de 1989, el nivel para 8 horas a partir del cual se deben suministrar protecciones auditivas es de 85 dB(A), siendo su uso obligatorio para niveles mayores de 90 dB(A). Por lo tanto si no se dispone de una cabina que reduzca significativamente los niveles sonoros se recomienda el empleo de protectores auditivos, y un control médico con pruebas audiométricas.

4.3.6.5. Vibraciones

Son producidas por las propias vibraciones del motor y las irregularidades del terreno, aunque en algunos casos se deben también a la falta de amortiguación del asiento del conductor. Se recomienda:

- Usar asientos en perfectas condiciones, con reposa-brazos y respaldo adecuados.
- Ajustar el asiento para evitar dolencias de espalda.
- Comprobar la altura y profundidad del asiento, altura y ángulo del respaldo, movimiento hacia delante y atrás, y posibilidad de giro (especialmente si se pasan periodos prolongados de tiempo mirando hacia atrás).
- Comprobar que el asiento absorba vibraciones (buena amortiguación).
- Bajarse del tractor cada hora más o menos, y hacer algo activo durante 5-10 minutos.
- Es también recomendable el uso de fajas anti-vibratorias.

4.4. MANTENIMIENTO

Resulta de importancia fundamental para que el tractor opere sin fallos y tenga una larga vida útil que se lleven a cabo **inspecciones regulares** y un servicio de mantenimiento apropiado. Recuerde siempre que el método más sencillo y económico es el mantenimiento **preventivo**.

Información detallada sobre cada operación de mantenimiento y los intervalos de mantenimiento de los tractores forestales puede consultarse en el libro de Paraninfo correspondiente a la Unidad Formativa 0273 titulado: **Funcionamiento y mantenimiento de tractores forestales**

4.5. OTROS MEDIOS DE SACA

4.5.1. Cables



Figura 4.70. Desembosque con cable aéreo

El cable, o la saca con cable es una instalación, cuyos elementos son los siguientes:

1. Estación motriz.
2. Cable vía.
3. Carrillo.
4. Cable tractor.

Estos elementos pueden variar: puede haber un cable de retorno, otro auxiliar, topes, el cable vía puede hacer funciones de cable grúa, etc.

Estación motriz (1)

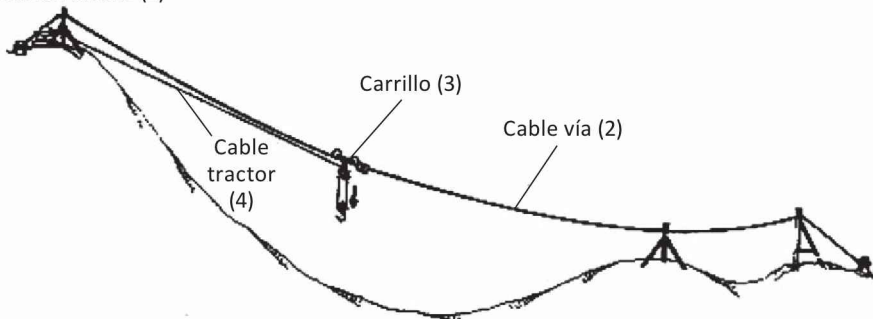


Figura 4.71. Elementos de un sistema de cable aéreo. Ejemplo de un bicable grúa. Se debe ver cómo el cable tractor es el de recogida de cargas

Las características de estos elementos son los siguientes:

1. **Equipo motriz** (figura 4.71): normalmente situado en un tractor o en un camión que suministra la fuerza motriz mediante cabrestantes que se corresponden con cada uno de los cables (al menos, con los cables móviles) de la instalación. Hay equipos ligeros acoplables a tractores agrícolas o forestales, así como tractores y camiones específicamente diseñados para servir de base a estas instalaciones. Si constan de un mástil o torreta artificial para elevar el tiro, se conocen por el término inglés *“tower yarders”*.

También son frecuentes los equipos autoportantes dotados de un motor y uno o varios cabrestantes sobre una estructura similar a un trineo. En inglés, se conocen como simplemente *“yarders”*. Estos equipos se desplazan anclándose a un punto fijo y avanzando hacia él por su propia tracción (Figura 4.72).

En la mayor parte de los casos, cada cabrestante dispone de un tambor para el arrollamiento del cable, un embrague para poder comunicar o no la fuerza del motor al tambor y de un freno de dicho tambor. En otros casos (especialmente en el de cables cerrados), el movimiento se transmite mediante un tambor que disminuye su diámetro hasta la sección central (*“capstan”*), una polea de fricción, o mediante un sistema multipolea.



Figura 4.72. Grupos motrices: motriz autoportante, tipo trineo

Sea como sea, el equipo motriz de un cable de explotación forestal debe cumplir las siguientes **condiciones** genéricas:

- Facilidad de transporte (si no forma parte de un vehículo automotriz, debe ser ligero, acoplable a tractor o desmontable).

- Protección adecuada frente a la intemperie (lluvia, barro, polvo).
- Robustez y sencillez de mantenimiento.
- Sencillez de manejo.
- Potencia suficiente (en función de los esfuerzos requeridos para el transporte de las cargas y, en su caso, para el tensado del cable).

Paralelamente, el equipo motriz suele tener **mástil** con el que hacer más elevado el punto de tiro, levantando más el cable vía y con él la trayectoria de los fustes. El transporte se lleva a cabo, total o parcialmente, por suspensión, o cuando menos se reduce el coeficiente de rozamiento de las trozas con el suelo, y por tanto, la fuerza de tracción necesaria para el transporte de la carga será menor.

Complementariamente al mástil, se debe disponer de líneas de cable de pequeño diámetro para su anclaje (que también se llaman contravientos).

2. Cable portador o vía (figura 4.71, nº 2): sirve de guía para el desplazamiento de las cargas, cuyo peso sustenta a través de algún elemento portador (frecuentemente, carrillo). Este cable debe ser especialmente resistente por la propia función que debe realizar.

Un cable es un elemento estructural formado por **alambres** agrupados helicoidalmente que trabajan de forma solidaria, únicamente a tracción, cuyos elementos constitutivos son:

- **Alambres:** cilindros de acero de sección normalmente circular, si bien puede ser en "X" o trapezoidal. Suelen estar agrupados en cordones.
- **Cordones:** elementos que se enrollan helicoidalmente sobre el alma y están formados a su vez por agrupación de alambres enrollados. Se conocen también como torones, y pueden tener o no un alambre central (e incluso un alma) sobre el que se enrollen los demás.
- **Alma:** elemento alrededor del cual se enrollan los alambres, bien individualmente o bien agrupados en cordones. Puede ser metálica o textil, y en este caso ser de fibra natural (cáñamo, yute, algodón, sisal...) o sintética (polipropileno, etc.).

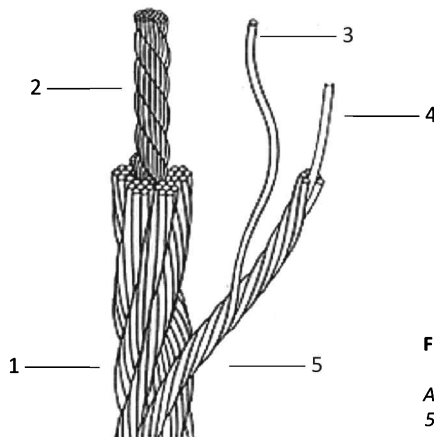


Figura 4.73. Estructura de un cable: 1. Cable; 2. Alma; 3. Alambre; 4. Alma del cordón; 5. Cordón (Fuente: Trefilerías Quijano)

Los cables con **alma metálica** mejoran su resistencia a la tracción y al aplastamiento. Esto puede ser interesante en cables que deban responder a grandes tracciones en relación con su diámetro o en cables muy largos, que deban ser enrollados en grandes bobinas, lo que da lugar a fuertes tensiones de aplastamiento.

Frente a ellos, los cables con **alma textil** son más flexibles, especialmente los de fibras naturales, que absorben mayor cantidad de aceite. Los de fibras sintéticas son, en contrapartida, más duraderos.

Los cables quedan definidos por las siguientes características técnicas:

- **Longitud \bar{L}** (se reserva L para la proyección horizontal de la longitud, en los tendidos de cable en pendiente).
- **Diámetro d** expresado en mm, se mide como se indica en la figura 4.74.
- **Sección s**, que es la suma de las secciones de los hilos o alambres que lo componen.

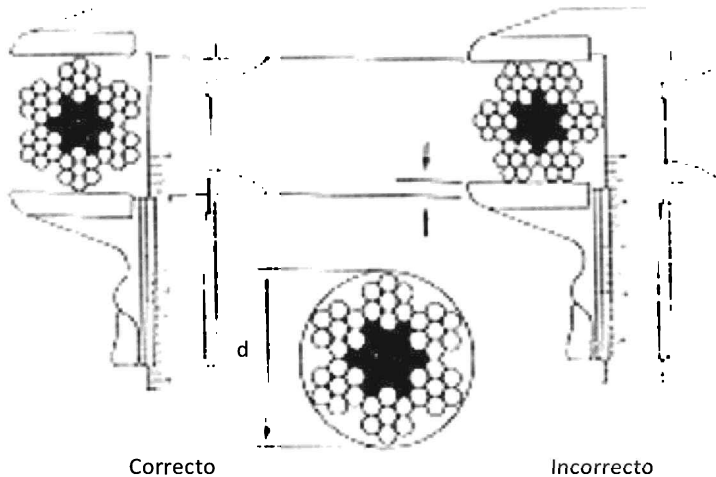


Figura 4.74. Procedimientos correcto e incorrecto para medir el diámetro de un cable. Se puede apreciar la fórmula, 6x7+1 textil (Fuente: Trefilerías Quijano)

Si n es el número de alambres y su diámetro en mm, la **sección s**, expresada en mm², tendrá un valor aproximado para cables de construcción normal:

$$s = \pi \times \frac{\delta^2}{4} \times n \approx \frac{\pi}{8} \times d^2 \approx 0,4 \times d^2$$

Se trata de una aproximación, pues a igualdad de diámetro de un cable, cuanto menores diámetros tengan los alambres que lo componen se producirá un mejor empaquetamiento y tendrá una sección real mayor (y por ello, mayor resistencia).

- **Peso \bar{q}** por unidad de longitud de cable, expresado en kg fuerza por metro lineal, viene dado de forma aproximada por la siguiente expresión:

$$\bar{q} = \frac{1,2 \times 10 \times \bar{L} \times \left(\pi \times \frac{\delta^2}{4} \times n \times 10^{-4} \right) \times \rho}{\bar{L}} \cong 1,2 \times \frac{\pi}{8 \times 10^3} \times d^2 \times \rho$$

Donde \bar{L} es la longitud del cable en metros, que se multiplica por 1,2 para obtener la longitud real de los alambres (por su forma helicoidal), d es su diámetro en mm, y ρ el peso específico del acero, en kg/dm³.

Se reserva q para el **peso del cable** por unidad de longitud del tendido, en proyección horizontal, es decir:

$$q = \bar{q} / \cos \alpha$$

Siendo α la pendiente del tendido en grados.

- **Paso p**, que es la longitud necesaria para que un torón realice una vuelta completa sobre el alma.
- **Composición o fórmula** que expresa el número de torones, el número de hilos de cada torón y el número y características del alma. La composición se suele expresar de la siguiente forma:

$$\text{Nº de torones} \times \text{Nº de hilos del torón} + \text{Nº de almas}$$

Hay dos formas de disponer los alambres para formar el cordón (sentidos de cordoneado), y de arrollar los cordones para formar el cable (sentidos de cableado): a derecha (en "Z") y a izquierda (en "S"), como se puede apreciar en la figura 4.75.

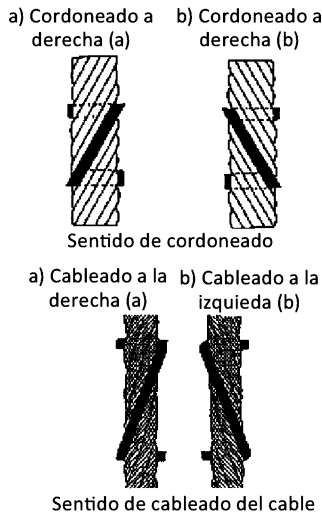
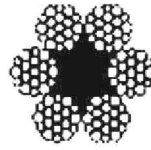


Figura 4.75. Sentidos de cableado y cordoneado

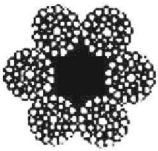
- **Arrollamiento:** el *arrollamiento de los cables o tipo de cableado* puede ser de los siguientes tipos:
 - **Arrollamiento ordinario o cruzado:** los torones se arrollan en un sentido y los hilos en otro. Tiene la ventaja de que se contrarrestan las tensiones, y el cable resulta más resistente a las deformaciones o “cocas”. Puede ser:
 - A derechas: los torones se arrollan a derecha y los hilos a izquierda.
 - A izquierdas: los torones se arrollan a izquierda y los hilos a derecha.
 - **Arrollamiento Lang:** los torones y los hilos se arrollan en el mismo sentido. Tiene la ventaja de disminuir la fricción entre los hilos y por tanto el desgaste por este motivo (abrasión interna) cuando el cable se somete a tensión, así como su mayor flexibilidad. A cambio, tiene mayor tendencia a formar “cocas” y deshacerse. Puede ser a derecha o a izquierda según el sentido en el que se arrollen los torones.
 - **Arrollamiento alterno:** es un arrollamiento tipo Lang, pero con varias capas de torones, cada una de las cuales está arrollada en diferente sentido. De esta forma se contrarrestan las tensiones y por tanto giran poco, pero mantienen la resistencia a la abrasión y la flexibilidad de los cables tipo *Lang*. Es propio de cables de grandes diámetros.
- **Tipo de construcción de los cordones:** según sean iguales o no los diámetros de los hilos dentro del cordón, los cables se clasifican en los siguientes tipos:
 - Normales: todos los hilos tienen el mismo diámetro.
 - De paso compensado: los hilos varían de diámetro según su posición, por lo que la construcción de estos cables resulta más cara. Los tipos más conocidos son los siguientes:
 - **Seale:** las dos últimas capas tienen el mismo número de alambres, por lo cual el diámetro de los alambres exteriores es mayor que el de los interiores. Esto le proporciona, a igualdad de diámetro, mayor resistencia a la abrasión que otros tipos de cable.
Una composición típica sería 6x19(1+9+9) Seale + 1
 - **Warrington:** cada capa tiene el doble de alambres que la precedente. En la última capa alternan hilos de distinto diámetro. Esto le dota de buenas características de flexibilidad.
Un ejemplo sería: 6x19 (1+6+(6+6)) Warrington + 1
 - **Warrington-Seale:** es una mezcla de ambos tipos, que pretende conjugar sus ventajas. Necesita un mínimo de tres capas de alambre por torón, por lo que se usa en cables de cierto diámetro.
Un ejemplo sería: 6x36[1+7+14+ (7+7)] W-S + 1
 - **De relleno o filler:** entre capa y capa, en los intersticios entre los alambres, se ponen alambres de relleno. Se obtiene un mejor grado de empaquetamiento, con excelente respuesta a la tracción frente a otros cables de igual diámetro.
Ejemplo: 6x25[1+(6+6R)+12]Relleno + 1



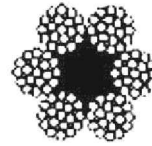
Cable 6x19S+1
o 6x19+1 SEALE



Cable 6x19W+1
o 6x19+1 Warrington



Cable 6x36WS+1
o 6x36+1 Warrington Seale



Cable 6x25+1
o 6x25+1 Relleno

Figura 4.76. Cables de paso compensado (Seale, Warrington, etc.) (Fuente: Trefilerías Quijano)

- **Por su tratamiento:** los cables pueden recibir los siguientes tipos de tratamiento en su proceso de fabricación:
 - **Preformado:** los hilos pueden preformarse con el paso elegido para de esta forma disminuir las tensiones cuando se emplea. Esto es, antes de unirse para formar el cable, los alambres y cordones han sido ya dotados de cierta forma helicoidal.
 - **Galvanizado:** es un tratamiento consistente en el recubrimiento electrolítico del acero con una fina película de zinc. Busca dotar al cable de mayor resistencia a la intemperie, o en general a situaciones corrosivas a los pudiera estar expuesto.

Las **propiedades** más importantes de los cables son:

- **Resistencia a la rotura por tracción "R":** es la resistencia específica del acero "r" por la sección "s" de dicho cable

$$R = R = r \times s \approx r \times 0,4 \times d^2$$

La resistencia específica de los aceros varía entre 70 y 200 Kg/mm²

La carga de trabajo debe ser la resistencia a la ruptura aplicando un coeficiente de seguridad de 5 en trabajos forestales, en función del trabajo que vaya a desarrollar y del riesgo de las operaciones –los valores más altos se corresponden con cables móviles.

- **Resistencia a la flexión:** depende de los siguientes factores:
 - Diámetro de los hilos, aumentando al disminuir este.
 - Arrollamiento, siendo mejor el tipo *Lang*.
 - Tipo de cable, siendo mejor el *Warrington* o de relleno.

- Tipo de alma, siendo mejor cuanto más elástica sea (mejor, de fibra).
 - Tipo de tratamiento: los cables inertes (preformados) son más elásticos que los que no son.
- **Resistencia a la abrasión:** depende de los siguientes factores:
- Diámetro de los hilos exteriores, aumentando al aumentar este. Por ello, son más resistentes los de tipo *Seale*.
 - Tipo de arrollamiento: aumentando con los tipos *Lang*, pues se reduce el rozamiento interno.
- **Resistencia al aplastamiento:** depende de la dureza del alma, es mayor en los de alma metálica. También aumenta en los cables de arrollamiento cruzado y de tipo “relleno”.

Los cables vía pueden estar anclados en sus dos extremos (cables vía **estacionarios**), como en la figura 4.77. En este caso, se deben tensar por medio de algún elemento intercalado en el tendido del propio cable, como el polipasto que se muestra en dicha ilustración. También pueden anclarse en uno de sus extremos, mientras que el otro puede finalizar en el tambor de uno de los cabrestantes del grupo motriz, que controla así directamente la tensión (cables vía **vivos**).

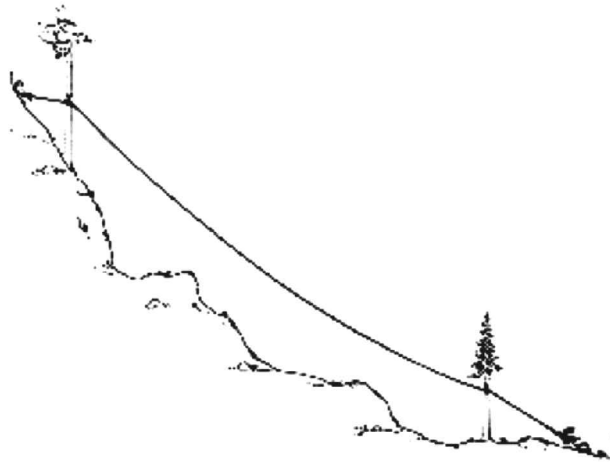


Figura 4.77. Cable estacionario

Otra división se puede establecer entre los cables vía cuya función es exclusivamente de guiado y sujeción de las cargas, pero el cable se mantiene anclado en sus extremos y no “corre” (cable vía **fijo**) y los que, a la vez que sujetan y guían la carga, se mueven a través de poleas y zapatas, enrollándose y desenrollándose continuamente en un tambor o siendo arrastrados por una polea de fricción o similar (cable vía **móvil**). Los cables estacionarios siempre son fijos, mientras que los “vivos” pueden ser móviles.

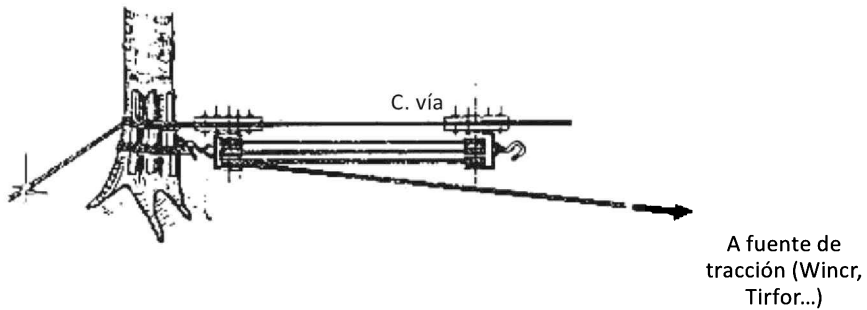


Figura 4.78. Anclaje y sistema de tensado mediante polipastos (Fuente: Valladares, 1975)

El cable vía, por su propia función, no debe estar en contacto con el terreno, y su trayectoria debe estar libre. Por ello, cuando el tendido es largo o el perfil longitudinal del terreno es convexo, debe ser elevado con respecto a aquel por medio de los llamados “apoyos intermedios”.

Este tipo de cable, también debido a su función, se ve sometido a esfuerzos de tracción considerables (está continuamente sometido a esfuerzos axiales debidos al tensado, que se incrementan por el peso de las cargas) y también a la abrasión, puesto que sufre el rozamiento provocado por las poleas del carrillo.

Todos los cables forestales que trabajan a la intemperie deben estar protegidos contra la **corrosión**, y es también importante que sean resistentes a la **flexión**, por las sollicitaciones a que se ven sometidos por el paso de la carga, cuando atraviesan poleas o similares o al enrollarse en tambores (muy especialmente si es móvil)

Por todo ello, sus **características deseables** serán las siguientes:

- Diámetro superior al de los demás cables del montaje (generalmente, mayor de 12 mm).
- Alma textil (con la excepción de grandes cables).
- Arrollamiento preferiblemente tipo *Lang* o alterno.
- Tipo *Seale* o de relleno, excepto en cables ligeros, que suelen ser convencionales.
- Inerte (preformado).
- Galvanizado.

3. Carro o carrillo (figura 4.71, nº 3), con función de transmitir el peso de la carga al cable portador y ligar la trayectoria de desembosque al tendido de dicho cable, que sirve de vía.

En los cables más sencillos, se emplea para esta función un simple gancho de sujeción de la carga, e incluso se puede enganchar la troza al cable portador directamente, mediante una entalladura. No obstante, lo más común (y deseable para

un mejor control de la carga y conservación del cable vía) es emplear un “carro” o “carrillo”, un vehículo que circula por el cable vía, enganchándose al mismo por medio de dos o más poleas (se muestran varios tipos en la figura 4.79).

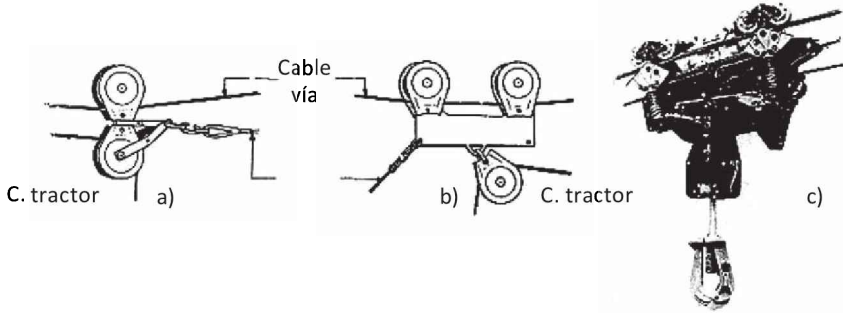


Figura 4.79. Esquema de diferentes tipos de carrillos: de doble polea sin caja, tipo Wissen o Köller (Fuente: I. Samset, 1985 y FAO, 1981)

El **cuerpo** del carrillo suele constar de un cárter que contiene el sistema de recogida de cargas, que es un cable que baja al suelo para permitir el enganche y reunión de las cargas. Algunos cables muy ligeros emplean un sistema más sencillo, de doble polea (Figura 4.78 a) que no tiene cable de recogida de cargas (es el propio carrillo el que se acerca a la carga para el enganche).

Los cables de medio o pequeño tamaño tienden a diseñarse con carrillos que cuentan con freno automático o con sistema de inmovilización mediante bloqueadores auxiliares en el cable vía.



Figura 4.80. Ejemplo de carrillo

4. Cable tractor (Figura 4.70, nº 4): transmite al elemento de sujeción de la carga (carrillo) la tracción necesaria para su desplazamiento desde la vertical de la carga, en que tienen lugar las operaciones de enganche y reunión, a la zona de descarga. En muchos sistemas, el propio cable tractor es el de recogida de las cargas. Por su propia función, debe presentar las siguientes **propiedades**:

- Resistencia a la tracción, aunque no tan grande como en el caso del cable vía.
- Resistencia a la flexión, como consecuencia de tener que bobinarse en el tambor del cabrestante y, en muchas ocasiones, atravesar poleas.
- Resistencia al aplastamiento, por la misma razón. El esfuerzo de aplastamiento tiene mayor importancia en cables de gran longitud.
- Resistencia a la abrasión, especialmente en cables ligeros (que sacan la madera por semiarrastre, con mayor riesgo de rozamiento de los cables) y siempre que el cable tractor sea el de recogida de las cargas, que hace una función de reunión similar a la del cable de un tractor de arrastre.
- Resistencia a la corrosión, por trabajar a la intemperie.

Por todo ello, el cable tractor debe tener las siguientes características:

- Diámetro suficiente (generalmente, mayor de 8 mm).
- Flexibilidad (alma textil –salvo grandes cables–, *Lang*, número elevado de hilos).
- En grandes cables, alma metálica.
- Resistencia a la abrasión (deseables estructuras SEALE o WS).
- Inerte y galvanizado.

4.5.2. Camiones

Los camiones, tanto los de carretera como todoterreno, pueden también efectuar la saca. Los primeros, en unas **condiciones** un tanto especiales de terreno: buen poder portante, buena adherencia, escasa pendiente y escabrosidad. Condiciones tan locales que no las someteremos a consideración aunque tienen cierta importancia en algunas explotaciones de nuestro país. Por el contrario, el camión **todoterreno** ofrece la suficiente versatilidad como para cubrir un porcentaje importante de las explotaciones españolas.

El todoterreno tiene como **características** más destacables las siguientes:

- Es un camión rígido, de caja pequeña, de forma que se sacrifica la capacidad de carga para conseguir una mayor maniobrabilidad.
- Chasis lo más elevado posible; existen camiones en los que los palieres se enlazan con el eje de la rueda a través de una corona dentada, de forma que su inserción resulta más elevada y consiguen una altura de chasis más alta.
- Ángulos de ataque y salida elevados para poder superar desniveles bruscos.
- Embrague tipo convertidor de par.

- Reductora en la caja de cambios y en los cubos de las ruedas permitiendo desmultiplicaciones de hasta 80 veces que proporcionan elevada fuerza de tracción.
- Tracción a los dos ejes para permitir mejor adherencia y menor porcentaje de deslizamiento.
- Neumáticos radiales e incluso de baja presión para conseguir mejor adherencia.
- Suspensión mediante ballestas blandas con amortiguadores telescópicos o del tipo ballestín, proporcionando gran elasticidad y adherencia al vehículo, y también la necesaria robustez.
- Numerosas tomas de fuerza auxiliares que permitan incorporar cabrestantes, grúas con plumas y otros elementos que faciliten la saca y carga de la madera.

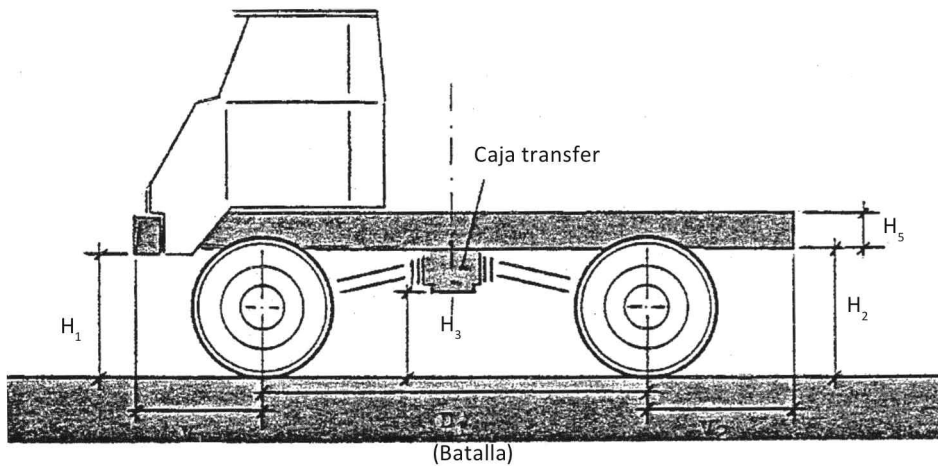


Figura 4.81. Principales parámetros de un camión. D_1 = Distancia entre ejes (batalla). D_2 = Distancia entre ejes ruedas (vía). D_3 = Diámetro de rueda. H_1 = Cota p. inferior paragolpes. H_2 = Cota p. inferior cola. H_3 = Cota p. inferior transfer (en $D/2$). H_4 = Cota p. inferior diferencial. H_5 = Altura larguero chasis. V_1 = Voladizo delantero. V_2 = Voladizo trasero

Todas estas características hacen posible que este tipo de camión supere pendientes longitudinales de hasta el 100%, en lugar del 25% que supera un camión del tipo carretera. Además poseen mucha mayor estabilidad transversal, gran maniobrabilidad, fuerza de tracción y adherencia. A modo de ejemplo, los camiones todoterreno Mercedes Unimog (U 90, U 110 y U 140) montan motores LEV (*Low Emission Vehicle*) turbodiesel de cuatro cilindros *intercooler* de hasta 133 CV a 2400 rpm con frenos ABS, Servodirección, cambio de ocho marchas más reductoras etc. Pueden combinarse con 3.500 aperos acoplables que les dotan de gran versatilidad. Son muy empleados en sistemas de cortas a hecho de chopo, eucalipto y pinos de crecimiento rápido; trabajan tanto con cabrestante, cableando madera desde pista, como con grúas desde trocha o pista.

4.5.3. Desembosque aéreo

En los últimos decenios se han empleado medios aéreos (helicópteros, dirigibles) para el desembosque en áreas extensas **no accesibles** por otros sistemas o en aquellos casos en que requisitos **medioambientales** hacen preferible evitar otros medios.

En nuestro país prácticamente no se han aplicado estos medios. Tienen **muy elevados costes** y exigen madera de gran valor o tamaño, extensiones amplias y condiciones de trabajo favorables la mayor parte del año. Desde el punto de vista económico, si no está garantizado que al menos el 75% del tiempo potencial de trabajo se dan estas condiciones es preferible desistir de su empleo. Aun así, realizaremos una breve reseña de su uso.

- **Desembosque (transporte) forestal con helicóptero:** su empleo exige asegurar que las distancias de desembosque son cortas. Suelen estar entre 500 y 1.000 m, aunque frecuentemente se usa hasta 5 km. La carga que puede transportarse debe tener valor económico suficiente para amortizar los costes, lo que suele traducirse en que solo se emplea para árboles de cierto valor. Este condicionante económico fue el principal responsable del escaso uso que se vino haciendo de los helicópteros hasta la década de los noventa. Sin embargo, en algunos casos se justifica su uso por **motivos medioambientales**. El más común es el deseo de minimizar el impacto ambiental de la construcción de vías de saca, pero también puede emplearse para realizar explotaciones en áreas donde el suelo o el entorno no permiten otro sistema, como pantanos, turberas, cauces situados aguas arriba de ciudades o zonas costeras en las que se actúa desde bases marinas sin tocar la playa. Estos nuevos usos medioambientales han llevado a un uso mucho mayor del helicóptero, no tanto en Europa como en el norte del continente americano y en áreas de Asia. Los sistemas de compensación del coste extra para facilitar su empleo son variados y oscilan entre la subvención de su compra por el Estado en países asiáticos hasta la disminución de precios de venta de la madera en pie, típico de las concesiones canadienses.

Generalmente, los helicópteros son capaces de llevar entre 1.300 y 13.000 kg de madera. Antes de que lleguen a la zona de carga, la cuadrilla forestal debe haber cortado y elaborado un volumen suficiente de madera. Se debe realizar un tronzado cuidadoso para no desequilibrar al helicóptero. Demanda una buena organización en los trabajos terminales para poder cargar y descargar la madera en un tiempo mínimo.

Por tanto, hay que establecer **lugares de reunión** en que sea posible preparar paquetes de trozas que serán recogidos y llevados por el helicóptero hasta el cargadero de destino. En algunas ocasiones se utilizan vías de saca o cargaderos creados en operaciones anteriores. Como dificultad añadida, la capacidad de carga del helicóptero va en aumento a cada viaje según disminuye el combustible existente en el depósito. Esto indica que los responsables de esos lugares de reunión deben tener la suficiente habilidad para ir incrementando el peso de los paquetes de madera gradualmente. Nunca deben superar la capacidad instantánea de carga del helicóptero y ni siquiera aproximarse a ella ya que cualquier cambio momentáneo de las condiciones de vuelo (viento, etc.) podría representar un grave riesgo. Es por tanto imprescindible emplear **personal suficientemente capacitado**.



Figura 4.82. *Desembosque con helicóptero*

Habitualmente el **equipo** mínimo de un cargadero intermedio lo forman dos eslin-gadores y dos operarios que realizan la carga propiamente dicha. Es práctica habitual en los países norteamericanos que los operarios de estos cargaderos, situados en montes remotos, trabajen en turnos de 7 o 14 días seguidos con igual periodo de descanso. En otras zonas estas condiciones las determinan las normas laborales locales. La necesidad de que el helicóptero vuele la mayor parte del tiempo exige que se asegure un punto de revisión y mantenimiento, generalmente nocturno, en las proximidades de la explotación.

En cuanto a la **operativa**, la aproximación del helicóptero y el enganche de la carga precisan de comunicación por radio. El gancho que sueltan los helicópteros debe tener entre 70 y 100 m de largo de cable para asegurar que la operación se hace correctamente y sin afectar a los trabajadores de tierra. Los pilotos emplean habilidades diferentes a las de quienes realizan otro tipo de vuelos, ya que no se apoyan en la línea del horizonte como referencia. Continuamente se ven obligados a fiarse exclusivamente del espacio visual que alcanzan por la ventanilla izquierda observando desde unos 80 metros de altura y con una referencia de caída exclusivamente vertical.

Dependiendo del tipo de helicóptero, cada **ciclo** dura entre 45 y 70 minutos, debiendo parar y repostar combustible tras este tiempo. Se suele tardar entre 3 y 10 minutos en llenar los depósitos, revisar el interior de la aeronave, supervisar daños exteriores, comprobar los ganchos y los cables y empezar de nuevo el ciclo. Según la latitud del punto de trabajo, se llega a volar hasta 15 horas al día en verano y desde 5 horas al día en invierno. Debido a esto las horas de vuelo anuales oscilan entre 800 y 2800. Las productividades cambian mucho con el tipo de madera transportada: para algunos autores parten de 40 ton/hora y alcanzan en ocasiones las 350 ton/

hora. Otros señalan que al menos desemboscan entre 13 y 15 veces más madera que los *skidders* en igual tiempo. Las referencias existentes reflejan un alto coste por hora para la máquina incluso en desembosques cortos. Si la distancia aumenta el gasto se dispara.

Evidentemente, los helicópteros usados maximizan su capacidad de carga eliminando la mayor parte del equipamiento superfluo con que pueden venir equipados. También así se facilita el mantenimiento. Sin mucho equipo interior, la estructura interna puede revisarse en su totalidad varias veces al día. En los mismos modelos de aparatos, cuando se destinan a usos no forestales, esta intensidad de revisiones puede dilatarse hasta 12000 horas u ocho años. Los problemas son idénticos en ambos casos, pero la intensidad de trabajo es diferente. El uso tan intensivo del aparato en ciclos cortos provoca debilidades en la estructura a un ritmo mayor que el de otros helicópteros.

A medida que ha aumentado el parque de helicópteros de saca de madera en el mundo, los aparatos se han ido modificando. Ahora incorporan instrumentación externa para los pilotos, asientos elevados para que puedan mantener la cabeza fuera de la cabina, células de cálculo de carga para ajustar el peso de madera a transportar, nueva colocación de los interruptores, transmisores y equipamiento para facilitar el mantenimiento y proporcionar mayor seguridad. También tienen sistemas de enganche múltiple y bandas de emergencia en los sistemas de comunicación, así como interfases entre los equipos de comunicaciones y la radio FM para permitir mandar señales acústicas de emergencia al personal situado en tierra.

La **seguridad** es por tanto un factor clave si se quieren emplear estas máquinas a gran escala. La mejor recomendación sobre esto es que **debe evitarse cualquier situación de riesgo**. Siempre que se emplea maquinaria ruidosa, pesada y compleja para actuaciones que se realizan con gran rapidez, el peligro de accidentes es muy alto

También los cambios modernos buscan aligerar los helicópteros y mejorar su autonomía. Cada vez más máquinas obtienen ciclos sin repostar de 60 minutos. Ya han aparecido algunos modelos americanos que pesan unos 5.000 kg con la tripulación, cable y ganchos incluidos. Trabajar con máquinas tan poco pesadas proporciona una gran mejora en seguridad, ya que en situaciones de riesgo basta con soltar la carga, el cable y el gancho para que el helicóptero recupere estabilidad, maniobre según dicten las condiciones y supere cualquier obstáculo con gran rapidez.

Además, en esta actividad los pilotos van al límite más frecuentemente por el alto número de vuelos y ciclos. Debe por tanto extremarse el cumplimiento de las normas de seguridad haciendo ver a los operarios que es responsabilidad de todos. Pero además es básico realizar cursos de formación continuados similares a los que se imparten en las compañías aéreas a personal de vuelo y tierra.

En definitiva, la actuación de helicópteros permite mantener en las zonas en explotación baja densidad de caminos, lo que en áreas de valor excepcional medioambiental puede justificar su uso. En zonas de USA el uso de helicóptero y tractor de

arrastre para la saca frente a los sistemas tradicionales por vías de saca reduce la densidad de pistas a la mitad. Igualmente puede ser una solución en bosques montañosos de madera valiosa donde ningún sistema tradicional sea factible, si bien la pendiente o escabrosidad no deben impedir la preparación de cargaderos. Disminuye la densidad de corta por exigir madera de más valor y evitar la saca de los pies de menos calidad (entendida como especies, dimensiones y forma). Además reduce los daños a la masa remanente, se evita el impacto visual de las calles de cables de saca o las de arrastre por *skidder*. Elimina problemas en zonas socialmente valoradas y en terrenos frágiles. Las condiciones de calidad de la madera también mejoran dado que el tiempo transcurrido entre corta y saca, si se realiza la operativa correctamente, disminuye.

Sus **principales inconvenientes** radican en ser un medio que exige alta inversión inicial, que incrementa el riesgo de graves accidentes laborales, que permite acceder a áreas históricamente inaccesibles lo que no siempre es positivo y que tiene un coste muy superior a sistemas convencionales. En países en desarrollo se ha denunciado su negativo efecto sobre la mano de obra nacional al preferirse personal extranjero por la alta especialización necesaria. También incrementa los costes de gestión del monte por disminuir la densidad de pistas y puede eliminar el efecto beneficioso sobre la regeneración de algunas especies provocados por la remoción de suelo propia de los sistemas tradicionales de desembosque. Como precisa zonas de carga en monte provoca la corta de árboles hasta abrir el espacio necesario para el helicóptero. Es difícil de controlar por realizar la saca en zonas alejadas y con rapidez, exigiendo un seguimiento posterior de la madera más intensivo. Deja más restos de corta en monte, ya que al volumen habitual de rabeones y leñas hay que añadir el de troncos rechazados por dificultades de carga y embarque, los mal tronzados que dificultan el transporte o aquellos con falta de valor suficiente para amortizar un sistema tan caro. Por último la incidencia de averías es muy alta.

- **Desembosque (transporte) forestal con globos:** puede considerarse como un desarrollo de los sistemas de grandes cables tradicionales, elevando el carro por medio de un globo, lo que reduce las flechas y permite aumentar la carga. Hay varios sistemas: va y viene, invertido, móvil.

Entre sus **ventajas**, es eficaz para transportar trozas en fuertes pendientes y terrenos abruptos, donde además reduce la densidad de caminos. Minimiza la erosión y los daños a la regeneración. El desembosque puede hacerse a través de perfiles de ladera cóncavos o convexos. El riesgo para las operaciones se reduce porque las líneas tienden siempre a subir.

Su **rendimiento** medio puede ser de 35 m³/hora y su coste para desembosques de 1.000 m es la mitad que el indicado para el helicóptero

Sin embargo, la **inversión inicial** es muy alta. Son muy susceptibles a los factores atmosféricos, fundamentalmente a los vientos fuertes, por lo que es difícil establecer el peso idóneo de la carga. Hay un fuerte peligro de incendio. Como en el caso de los helicópteros, precisa alta concentración y gran volumen de madera.

5. ASPECTOS AMBIENTALES

En este capítulo se exponen diferentes consideraciones sobre el impacto ambiental de la mecanización del aprovechamiento forestal de madera y la forma de disminuirlo. Antes de abordarlo deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- En muchos casos, la peor intervención es no intervenir. El principal riesgo no es el aprovechamiento forestal sino las consecuencias de no actuar. No hay que olvidar la importancia del aprovechamiento ordenado en la conservación del recurso forestal. El territorio que se percibe como no beneficioso por la comunidad rural circundante, cambia generalmente a un uso distinto (incendio, roturación, pastoreo...).
- Las alteraciones producidas en España por el aprovechamiento forestal son de pequeña superficie (atomización de la propiedad y empresarial, falta de mecanización, etc.) constituyendo el propio aprovechamiento una actividad de escasa rentabilidad. Ello conlleva:
 - Dificultad para el estudio pormenorizado (EIA, Evaluación de Impacto Ambiental).
 - Dificultad de control, por razones de escala y económicas.
 - Gran importancia de las medidas genéricas de prevención.
- Falta de conocimientos y concienciación en los sectores implicados, que trae como consecuencia la necesidad de formación continua, tanto en las empresas de aprovechamiento como en la propia Administración Forestal.

5.1. IMPACTOS DE LAS VÍAS DE APROVECHAMIENTO FORESTAL

Las vías forestales son infraestructuras que tienen por objeto permitir el acceso de los medios de transporte (camiones) a las masas forestales. También buscan facilitar el acceso de los medios de saca (básicamente tractores, también animales, cables o camiones todo terreno), evitando que transiten toda su superficie.

5.1.1. Identificación de los impactos

5.1.1.1 Impactos sobre los procesos erosivos

El incremento de los procesos erosivos es el principal impacto desfavorable de la construcción de pistas forestales. Puede conducir a graves consecuencias indirectas, entre las que destacan:

- Fenómenos erosivos catastróficos.
- Sedimentación (embalses, otras infraestructuras).
- Pérdida de capacidad productiva en las masas forestales.
- Aumento de la turbidez en los cursos de agua.

Las causas de aumento de la erosión relacionadas con las pistas forestales son las siguientes:

1. **La construcción de vías.** Durante esta fase se produce una acumulación máxima de materiales sueltos, fácilmente erosionables. El riesgo es mayor cuanto más movimiento de tierra se produzca —en montaña y/o vías importantes.

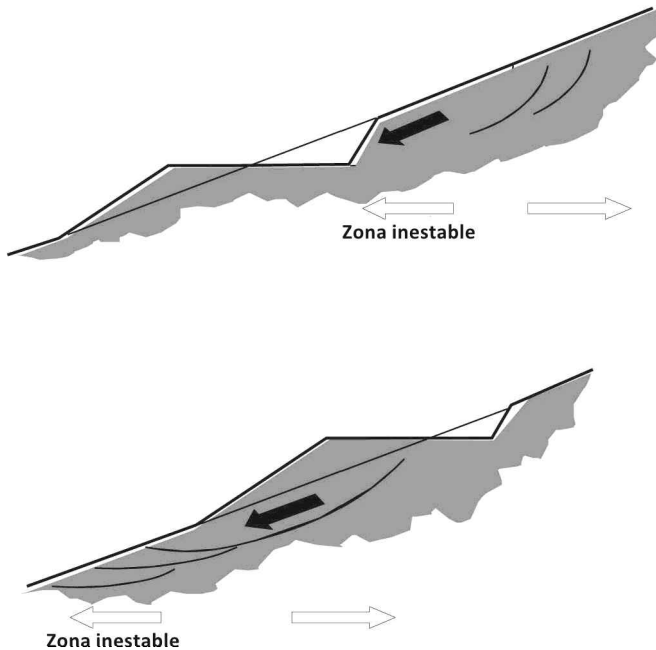


Figura 5.1. Desprendimientos en taludes de desmontes y terraplenes

2. La **erosión en taludes de desmontes y terraplenes.** Da lugar a la formación de regueros o cárcavas, e incluso de zonas inestables de desprendimiento (Figura 5.1), especialmente en pistas de montaña.
3. La **erosión en la superficie de las vías.** Se produce por circulación de agua sobre la superficie de rodadura. Si el agua empapa la superficie de las pistas, se incrementa el riesgo de desprendimientos.

Este proceso se ve favorecido por la ausencia de firme, la pendiente longitudinal fuerte y la existencia de rodadas. La causa fundamental de la invasión de agua en la calzada es el taponamiento de las cunetas, sea por tierra procedente de las “calles” de tractor que en ellas desembocan, sea por depósito de madera o restos en las mismas. La formación de rodadas puede cuadruplicar la erosión.

4. **Erosión en cunetas, puntos de desagüe y aguas abajo de los mismos.** Es un fenómeno propio de pistas principales que tienen un sistema completo de drenaje - con cunetas y caños o puentes. La erosión se produce:

- En las propias cunetas.
- Por concentración de caudales a la salida de los puntos de drenaje. Por su naturaleza, una vía produce un “efecto barrera” frente a la escorrentía superficial y a los pequeños cursos temporales. El caudal se incrementa a la salida de los puntos de desagüe, que suelen coincidir con arroyos temporales cuyo cauce ha sido modelado por caudales muy inferiores.

5.1.1.2. Impactos sobre la vegetación

Se derivan de su eliminación por la obra. Pueden ser graves en enclaves de flora relictica o monumental. Hay también **efectos indirectos** como los fitosanitarios (por abandono de restos de la vegetación cortada para la apertura de la pista), la pérdida de superficie de cultivo si la densidad de vías es excesiva o la erosión y compactación de suelos que disminuyen la capacidad productiva.

5.1.1.3. Impactos sobre la fauna silvestre o cinegética

- Destrucción de lugares de refugio o nidificación durante la construcción de las vías.
- Perturbación de la tranquilidad de los animales, más en pistas principales y con otros usos.
- Efectos indirectos: incremento de la turbidez en los ríos, facilidad de acceso por cazadores o pescadores furtivos, etc.

Los impactos desfavorables son máximos durante las fases de construcción o si las pistas tienen otros usos distintos del aprovechamiento. En general, no son graves si la superficie afectada no es muy extensa, excepto si existen **especies protegidas** o de especial interés

5.1.1.4. Impactos paisajísticos

Son variables y de difícil valoración objetiva. A pesar de ello, se puede hacer alguna consideración general. Se considera que aumentan:

- Con la fragilidad visual (cercanía de lugares transitados, pendiente).
- En vías de la red principal -con mayor altura de taludes, y por ello más visibles-.
- Con pendiente longitudinal, especialmente si hay “zetas” pronunciadas.
- Al aumentar la anchura y/o pendiente longitudinal de las vías.

5.1.1.5. Impactos negativos indirectos

Por aumento de la accesibilidad. Pueden llegar a ser los más importantes, en tanto permitan el acceso de personas con intereses que pueden contribuir a la destrucción del monte o sus recursos (incendiaros, cazadores furtivos, etc.).

5.1.1.6. Impactos positivos de las vías forestales

1. Reducción de los efectos negativos del desembosque

Como ya se ha visto en capítulos previos de este texto, el desembosque de madera hasta los cargaderos o el borde de las pistas, se lleva a cabo casi siempre por medio de tractores, y tiene una serie de impactos negativos entre los que destacan, como se tratará en el próximo apartado, la compactación de los suelos, los daños a la regeneración y a la masa residual, el aumento de los procesos erosivos y los daños a los arroyos y a la vegetación ripícola.

Todos estos efectos desfavorables aumentan al hacerlo el número de veces que el tractor pasa por un sitio determinado, al menos hasta un límite asintótico. En zonas de montaña, el riesgo de vuelco lateral fuerza a los tractores a desplazarse en líneas de máxima pendiente, por lo que, en ausencia de una adecuada red de pistas, sus trayectorias acaban convergiendo en trochas de arrastre, o en cauces y arroyos de vaguadas, donde se produce un gran número de pasadas de tractor con carga, con impactos altamente negativos (Figura 5.2.).

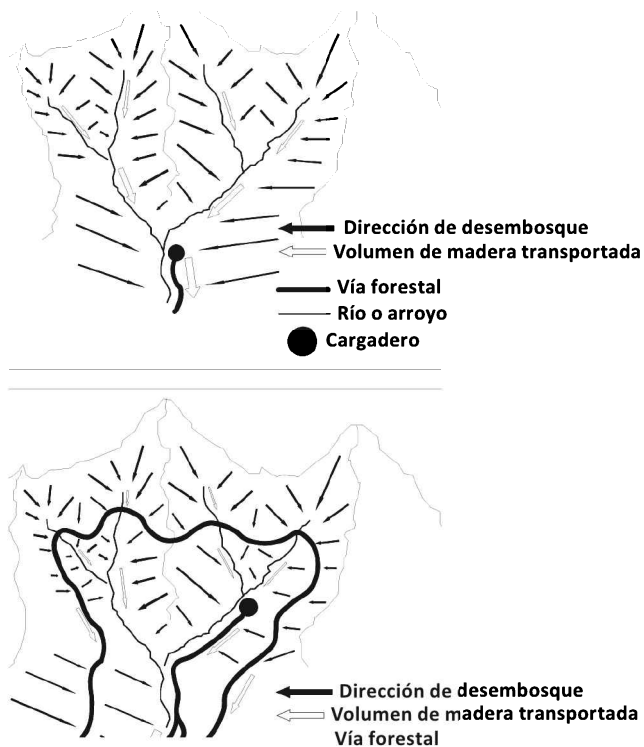


Figura 5.2. Análisis de efectos de la erosión

La existencia de una **red de vías forestales** de densidad suficiente acorta las trayectorias de los tractores, disminuyendo el número de pasadas por el mismo sitio y evitando, aguas abajo de cada pista, el tránsito de toda la madera de la zona superior del monte

Además, el **desembosque planificado** (por “calles”) en cortas parciales requiere la existencia de una cierta densidad de pistas en que se apoyen las calles de tractor. Y este sistema de organización del desembosque, como se verá, reduce los daños al suelo y a la masa residual.

Otros ejemplos podrían ser:

- La apertura de una **pista adicional** a media ladera en una pendiente muy prolongada que solo tuviese una pista en el valle (o solo una en la divisoria y otra en el valle) para reducir el número de pasadas si las calles resultasen excesivamente largas.
- La apertura de una **pista temporal** en paralelo, de 10 a 20 metros aguas arriba de una pista de la red básica con taludes altos, para evitar la ruptura de los taludes y el taponamiento de las cunetas por las máquinas al entrar en la masa. Esta pista acabaría desembocando en la pista principal en algún punto en que los taludes fuesen más bajos (campa, valle, zona de ladera con menor pendiente y, por tanto, altura de taludes, etc.).

Como se puede deducir, el diseño de las pistas a menudo puede reducir los efectos desfavorables del aprovechamiento e incluso el diseño de pistas temporales o calles puede reducir los impactos en pistas de mayor entidad.

Estos efectos moderadores de los impactos negativos del aprovechamiento se encuentran en equilibrio con los propios impactos negativos de las vías, ya comentados, por lo que resulta del máximo interés fijar **densidades óptimas** de vías que minimicen los impactos desfavorables conjuntos (cifras de referencia pueden oscilar entre los 20-40 m/ha en claras y otras cortas parciales, 40-60 en cortas a hecho).

2. Impactos favorables relacionados con los incendios forestales

La superficie quemada por incendio forestal y el riesgo de que un incendio incipiente se transforme en catastrófico están relacionados inversamente con el tiempo de acceso por el personal y medios de extinción. La existencia de una red de vías de cierta densidad es el **factor decisivo** para disminuir estos tiempos de acceso y disponer además de medios terrestres que solo pueden acceder por carretera al lugar del siniestro.

Además, las vías pueden jugar un papel fundamental como cortafuegos (especialmente si se mantienen adecuadamente las cunetas y fajas laterales de protección), como punto de inicio para contrafuegos, base de operaciones culturales preventivas, circuitos de vigilancia, etc.

Dado el carácter catastrófico que los incendios forestales tienen para las masas españolas, este factor debe ser tenido en cuenta en el sentido de dotarlas de una red adecuada, y su papel en este sentido no puede ser olvidado a la hora de fijar su densidad y trazado.

3. Efectos favorables sobre la gestión

Se concretan en un doble aspecto:

- Aumento de la facilidad de acceso por técnicos y operarios, que disminuye los costes de operaciones culturales o de aprovechamiento.
- Disminución de los costes de extracción de madera al acortarse las trayectorias y tiempos de desembosque.

Ambos hechos repercuten en un aumento del valor de la madera en pie, que revierte en una mejor retribución de la propiedad forestal, y por tanto en el cuidado y conservación de la propia masa forestal.

Además, las vías forestales tienen frecuentemente un uso múltiple en gestión (fines de repoblación, recreativos o formativos, etc.), con lo que sus efectos positivos pueden extenderse también a aspectos muy alejados de la producción de madera.

5.1.2. Medidas preventivas

5.1.2.1. Medidas preventivas de los efectos sobre los procesos erosivos

- Equilibrio entre volúmenes de desmontes y terraplenes. Evitar taludes de terraplenes en cauces. Tampoco depositar en ellos material procedente de desmonte.
- Minimizar los movimientos de tierra buscando zonas de ladera con menor pendiente transversal.
- En las etapas constructivas, procurar la máxima rapidez de ejecución. Si es posible, evitar coincidencia con precipitaciones.
- El uso de retroexcavadoras para la apertura de pistas, donde es posible, reduce la pérdida de suelo.
- Minimizar la construcción de vías forestales en terrenos con fuerte pendiente. Si fuera inevitable, reducir su anchura disponiendo apartaderos.
- Evitar las zonas con riesgo de deslizamientos en masa.
- Evitar grandes pendientes longitudinales (esta norma está presente en la actual legislación española en algunas CC.AA.)
- Disponer obras de drenaje superficial –alcantarillas abiertas, badenes, zanjas transversales, etc.– o mixto –combinadas con cunetas y caños o pasos de agua– incluso en pistas menores. En el diseño de estas obras, es muy recomendable respetar al máximo la red de drenaje original, por lo que son preferibles muchas obras pequeñas –que desaguarán en cada punto de evacuación un caudal reducido– que pocas pero grandes.
- Llevar a cabo un mantenimiento periódico de las pistas. Reparar los baches y rodadas, sistemas de drenaje, etc.

- Facilitar la evacuación lateral del agua –peraltado– y el secado de la superficie. Para este último fin, si resulta posible, es preferible la construcción en solana a la umbría. También es recomendable, en caso de aclarar fajas protectoras contra incendios en los márgenes de las vías, reducir más intensamente la espesura en el lado de solana.
- Interrumpir los trabajos si la humedad de las pistas sin afirmar comienza a dar lugar a rodadas profundas, sin esperar a que se hagan intransitables.
- Minimizar el uso de pistas de la red básica por tractores, especialmente si arrastran madera y el terreno está húmedo.
- Llevar a cabo el mantenimiento periódico del sistema de drenaje (limpieza de cunetas y caños).
- Durante el aprovechamiento, evitar el depósito de tierra, madera o residuos en las cunetas. Las instrucciones a los contratistas son muy importantes, el despeje de cunetas es técnicamente fácil.
- Si no se puede evitar el depósito de madera, coordinar desembosque y transporte y evitar las épocas de precipitaciones intensas.

5.1.2.2. Medidas preventivas de los efectos indirectos sobre la vegetación

En el caso de los efectos fitosanitarios, la más importante es la minimización de los tiempos de apilado –de madera fresca– en épocas de actividad de los perforadores (primavera y principios de verano).

5.1.2.3. Medidas preventivas de los efectos sobre la fauna

La más importante y destacable es evitar las vías cerca de nidos o refugios de la fauna de interés.

5.1.2.4. Medidas preventivas de los impactos paisajísticos

Estudiar trazados alternativos en zonas de gran fragilidad visual o alto valor estético, especialmente en las pistas de la red principal.

5.1.2.5. Medidas preventivas de los efectos indirectos por aumento de la accesibilidad

- Restringir (o prohibir) el tránsito de vehículos no autorizados en zonas sensibles.
- Incrementar la vigilancia en épocas o zonas de alto riesgo.

5.1.3. Medidas de corrección

Las medidas correctoras son a menudo técnicamente difíciles o económicamente inabordables. Aun así, citaremos algunas de las más reseñables:

- En excavaciones para la obtención de tierra de préstamos o de extracción de áridos de lechos o canteras, puede ser necesario hacer plantaciones u obras de consolidación o corrección.
- Si hay taludes grandes en zonas muy erosionables o con riesgo de deslizamientos en masa, vegetarlos rápidamente y/o efectuar obras de contención o de drenaje.
- En puntos importantes de desagüe, pequeñas obras de protección de los lechos.
- En el caso de que los daños procedan del aprovechamiento, se debe exigir al contratista la reparación rápida de los daños producidos (en superficie de las pistas, cunetas, etc.).

5.2. IMPACTOS DE LA EJECUCIÓN Y SACA DE LOS APROVECHAMIENTOS MADEREROS MECANIZADOS

Entendiendo el aprovechamiento forestal maderero como el conjunto de operaciones necesarias para la extracción de la madera de los montes y la parte del transporte a fábrica que tiene lugar en la red viaria construida en su interior, no cabe duda de que es la actividad humana potencialmente generadora de mayores alteraciones en el medio forestal en nuestras latitudes (salvo catástrofes naturales e incendios).

El problema de estos efectos desfavorables, en los países desarrollados, está generalmente relacionado con su **inevitable mecanización** más que con la naturaleza de la intervención, generalmente bajo control técnico de la Administración Forestal

La actividad extractiva puede ser una actividad generadora de rentas y beneficios económicos, máxime en España, donde tanto la propiedad forestal como la ejecución de aprovechamientos están casi totalmente en manos privadas. Así, la explotación forestal se encuentra en una situación de equilibrio entre las exigencias de las leyes económicas sobre los trabajos y las de la gestión forestal, destinadas a asegurar la persistencia y mejora de las masas.

No cabe duda de que deben primar los tratamientos impuestos por la ciencia forestal y la protección del medio sobre las meras exigencias económicas de las operaciones, pero cada día es más evidente que la necesidad de tratar los montes obliga a un compromiso entre las exigencias selvícolas en sus versiones clásicas más estrictas y las necesidades operativas de la ejecución. El cumplimiento de los fines de la gestión implica, no obstante, la **reducción al mínimo** de los efectos desfavorables sobre el medio forestal.

El interés en el estudio de estos impactos negativos y de sus medidas preventivas o de corrección tiene también un interés sociopolítico, dado el grado creciente de sensibilidad por los problemas ambientales en las sociedades desarrolladas. No obstante, es necesario señalar que los impactos de la actividad productiva en el sector forestal no tienen, con mucho, en estas sociedades, la trascendencia real de otras actividades (vertidos urbanos, industriales y agrícolas, contaminación atmosférica, etc.) y que, en muchos casos, el mayor impacto negativo puede provenir de la no intervención –incendios, problemas sanitarios, pérdida de rentas rurales, etc.

5.2.1. Identificación de los impactos

5.2.1.1. Efectos sobre los suelos, los procesos erosivos y los recursos hídricos

Son los más importantes en nuestras latitudes, sobre todo en cortas a hecho sobre áreas grandes (que corresponden generalmente en España con el aprovechamiento de zonas incendiadas). No obstante, la alternativa de no realizar el aprovechamiento suele provocar efectos mucho más graves. Por ejemplo, en el caso de los incendios, no extraer la madera muerta conlleva graves problemas fitosanitarios, dificultades para la reforestación cuando no hay regeneración natural suficiente, y –cuando la madera quemada tiene algún valor– disminución de las rentas del propietario lo que reduce su interés por la inversión en conservación y cuidado de la futura masa forestal.

En el caso de **masas incendiadas** con dificultades de regeneración, las pérdidas de suelo como consecuencia de la reducción de la cubierta y la carbonización de materia orgánica son mucho más importantes por los retrasos en la saca y la nueva repoblación que por el propio aprovechamiento

No obstante, es necesario considerar cuáles son las prácticas más adecuadas para reducir estos efectos negativos al mínimo, por lo que se procede a su análisis a continuación.

1. Efectos sobre los suelos

Para comprender los fenómenos del desgarramiento superficial y de la compactación se debe volver al esquema de fuerzas del tractor forestal sobre el suelo y recordar que sobre el suelo se producen dos tipos de reacciones: la tangencial, paralela al terreno y en sentido contrario al movimiento, y la perpendicular.

- **Reacción tangencial:** desgarramiento superficial de los suelos.

Ya se ha explicado que cuando la reacción tangencial es superior a la resistencia al esfuerzo cortante del terreno, la rueda patina sin avanzar, y la tierra se rompe produciéndose su desplazamiento hacia atrás.

Este fenómeno denominado desgarramiento, hace que el suelo quede a merced de las primeras lluvias, provocando erosión.

Naturalmente si esta reacción tangencial es inferior al esfuerzo cortante del suelo, no se produce ningún efecto de desgarramiento. Es el caso de suelos francos y suelos arcillosos poco húmedos.

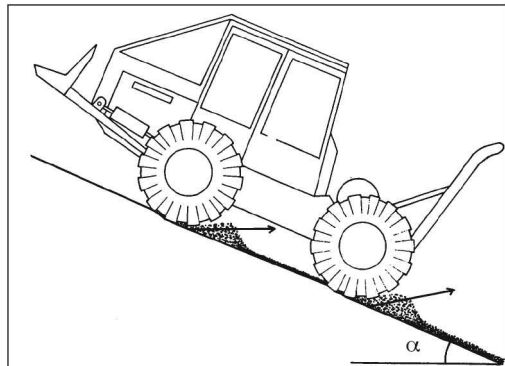


Figura 5.3. Desgarramiento superficial del suelo

El efecto de desgarramiento del suelo también puede provocarse por la troza arrastrada por el *skidder* o incluso por la grapa de la grúa cuando recoge trozas del suelo.

– **Reacción perpendicular:** compactación.

Como ya se explicó, si el valor de la reacción perpendicular al terreno es superior al poder portante del terreno, el terreno se hunde, con lo cual la rueda debe superar el desnivel de hundimiento y obliga al tractor a utilizar mayor fuerza para avanzar. Pero el problema no es solo que le cueste más avanzar, es que se produce en el suelo una rodada cuyos efectos medioambientales son muy importantes. Es típico en terrenos arcillosos muy húmedos.

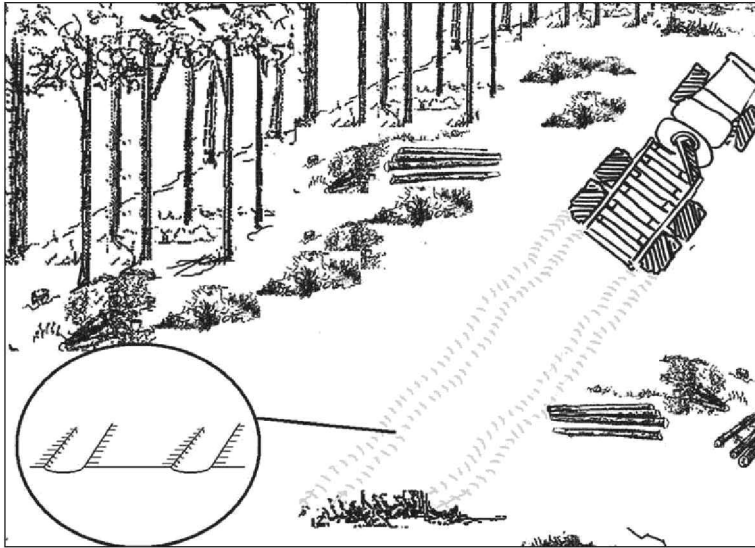


Figura 5.4. Rodadas de compactación

Si el poder portante del suelo es mayor que el de la reacción perpendicular al terreno, no se provoca ningún efecto desfavorable. Es el caso de suelos secos no arenosos.

Los fenómenos de desgarramiento del suelo y de rodadura y la consiguiente erosión que provocan, son sin lugar a dudas los efectos medioambientales más importantes que causan los tractores forestales.

En definitiva los impactos sobre la continuidad del perfil y sobre la estructura de los suelos. Se suelen dividir en tres categorías (adaptadas de ROTARU, 1985):

- I. **Desgarramiento o cizallado superficial:** se provoca por la acción sobre el terreno de los neumáticos o cadenas de las máquinas y/o de la madera arrastrada. Supone una mayor exposición a la escorrentía. El efecto aumenta en suelos cohesivos u orgánicos, especialmente si están muy húmedos.
- II. **Compactación:** es el aumento de densidad de los suelos debido a la presión ejercida por las máquinas, animales e incluso, en zonas muy transitadas, por las

personas. Dada la reducción de la porosidad edáfica que produce, trae consigo la disminución de la infiltración (con aumento de la escorrentía y, por ende, de la erosión) y de la aireación: se pueden por ello reducir notablemente el vigor y crecimiento de la masa remanente y/o de la regeneración.

Aumenta con la presión ejercida por los tractores o animales, el número de pasadas de los mismos por un determinado punto y el arrastre de madera –frente a su transporte en suspensión–. Localizada en pistas temporales, calles o trochas, es mayor en suelos cohesivos y húmedos. La humedad parece ser el factor decisivo en la magnitud del fenómeno. Tiene un carácter reversible a medio-largo plazo, entre 5-15 años en suelos de texturas no muy finas y sometidos a alternativas de hielo-deshielo y más de 40 en suelos cohesivos sensibles.

III. Rodadas y surcos de arrastre: localizadas en calles y zonas de tránsito. En ellas se puede presentar una fuerte compactación, pero además, si hay pendiente, un encauzamiento de la escorrentía: la erosión, incluso con formación de regueros o cárcavas, puede ser considerable. Esta alteración puede afectar entre el 15 y el 35% de la superficie en cortas a hecho no planificadas, aunque baja del 8% si se usan “calles” bien diseñadas. La formación de rodadas se debe frecuentemente al patinado de los neumáticos de las máquinas. Aumenta mucho con la humedad. El efecto negativo de la pendiente es también trascendental.

IV. Extracción de nutrientes: la mayor parte de los nutrientes se concentra en hojas, ramillos finos y corteza, siendo normal que en la mayoría de los aprovechamientos solo se extraiga la corteza. Por tanto, la pérdida de fertilidad de los suelos forestales parece no ser un problema grave en nuestras latitudes, aunque podría tener cierta trascendencia en especies de turno corto que se cortan “a hecho”, especialmente si se utiliza el sistema de aprovechamiento de árboles completos o se eliminan los residuos por quema.

Factores que pueden agravar el problema serían la naturaleza oligotrófica de la roca madre, las temperaturas bajas y las precipitaciones elevadas. No obstante, incluso en eucaliptares sobre suelos ácidos y oligotróficos del noroeste de España, no se ha encontrado depleción de nutrientes significativa frente a suelos bajo montes de otras especies.

Experiencias recientes en Inglaterra, Irlanda, Grecia y Dinamarca muestran, sin embargo, que no solo aumenta la extracción directa de nutrientes si se emplea el método de árboles completos, sino que, si la corta es intensa, se incrementa la pérdida de nutrientes por lavado, particularmente peligrosa en calidades de estación malas. También es importante la pérdida de nutrientes en suelos pobres, donde una gran parte de la reserva de nutrientes se encuentra en los propios árboles.

Si a esto se une el efecto pernicioso de compactación producida por la maquinaria pesada se podría hablar de suelos susceptibles como son los arenosos y margosos en zonas de alta precipitación, los suelos húmedos con alto contenido en arcillas y los suelos pobres (litorales, muy ácidos, etc.).

2. Efectos sobre los procesos erosivos

Además de los ya comentados (erosión en pistas, rodadas y “calles” compactadas en zonas con pendiente alta), se pueden producir fenómenos menos intensos pero más generalizados, con incremento de las pérdidas de suelo, transporte de sólidos y sedimentación, debido a la reducción intensa de la cubierta –cortas a hecho extensas–, sobre todo si el suelo queda expuesto mucho tiempo.

La quema de una carga elevada de residuos (sobre todo si no se concentran en “montones”) en grandes cortas a hecho puede también destruir el entramado de raicillas y modificar desfavorablemente la estructura edáfica, conduciendo a un incremento en las pérdidas de suelo. Además, en este caso la carbonización de la materia orgánica conduce a la liberación de nutrientes en formas solubles, asimilables pero fácilmente lavables por las precipitaciones.

3. Efectos sobre los recursos hídricos

Debido al conjunto de fenómenos citado, cuando afectan a áreas extensas, se puede producir un aumento de los caudales (por intensificación de la escorrentía) y de la turbidez –concentración de partículas en suspensión– como consecuencia de la erosión.

La contaminación de suelos se puede provocar por pérdidas de aceite por problemas de averías (rotura de latiguillos, pérdidas en juntas, etc.) y sobre todo a realizar el cambio de aceite vertiendo el quemado al suelo. Esta práctica está totalmente prohibida porque produce una alta contaminación ambiental. El aceite vertido al suelo es llevado por agua de escorrentía hacia los arroyos, ríos, lagos o al mar, o bien se infiltra en el suelo llegándose a contaminar las capas freáticas, de las cuales depende en muchos lugares el agua potable para el consumo humano; se considera que un litro de aceite es capaz de contaminar hasta 1 millón de litros de agua subterránea.

Nunca se debe realizar el cambio de aceite en el monte; en situaciones extremas, y si no queda más remedio, se debe vaciar en un depósito y de este llevarlo a un punto limpio para que realicen un uso adecuado de él.

5.2.1.2. Impactos sobre la vegetación

Los principales efectos son los siguientes:

1. Efectos sobre especies de especial valor

Eliminación parcial o total indeseable en caso de especies raras o valiosas, alimento o refugio de la fauna, con aprovechamiento económico, etc. Es muy importante, por su papel protector de la fauna, la vegetación ripícola o de pie de cantil), por lo que se debe evitar su eliminación total o parcial.

2. Efectos sobre la masa residual

En caso de cortas parciales, queda en el monte un conjunto de pies (maduros) sobre los que las actividades de preparación, apeo, procesado y extracción de la madera pueden tener los siguientes efectos desfavorables:

- **Daños directos:** heridas, roturas o desarraigos provocados por el apeo de unos pies sobre otros, por golpes con los tractores o la carga. Estos daños aumentan con la frecuencia de tránsito o maniobra de la maquinaria en el interior de la masa, con el tamaño de la propia maquinaria, con la espesura de la masa que queda en pie y por la necesidad de reunir la madera por arrastre desde tractor en distancias largas. También son más elevados al aumentar la pendiente, por dificultarse el control sobre la dirección del apeo y las trayectorias de la carga. Son máximos en los bordes de las pistas, trochas o calles, por la mayor circulación de tractores.
- **Riesgos fitosanitarios:** por heridas en árboles en pie, acumulación de residuos de cierto tamaño y, sobre todo, por dejar pilas en el monte por periodos largos. Este riesgo aumenta cuando la madera está verde y permanece en el monte en el periodo activo de los perforadores (primavera-principios de verano).
- **Disminución del crecimiento:** los daños edáficos (compactación) y subsiguientes en los ciclos hidrológicos y nutritivos, pueden acarrear pérdidas de crecimiento en la masa residual que se han llegado a evaluar hasta en un 40% en los pies adyacentes a las pistas y calles (WASTERLUND, 1994).



Figura 5.5. Pérdida de corteza por golpe

3. Efectos sobre la regeneración

Puede ser dañada en las propias cortas de regeneración: estos daños aumentan con la densidad de corta, la altura y densidad del regenerado establecido y el tránsito de maquinaria por el interior de la masa (y la presión que esta ejerza sobre el suelo). El impacto es mayor en los sistemas de desembosque o reunión por arrastre. Además, pueden producirse como efectos indirectos:

- **Problemas fitosanitarios.**
- **Reducción del crecimiento** por compactación. A pesar de la idea generalizada –y correcta en muchos casos– de que la remoción de la capa de materia orgánica muerta o de la vegetación empradizante puede mejorar la germinación en los arrastraderos, numerosos autores han constatado una intensa reducción de la supervivencia y del crecimiento de las plántulas germinadas en dichas zonas.

5.2.1.3. Efectos sobre la fauna

1. Impactos extensivos

Importantes en cortas intensas de áreas grandes, destacando:

- Los efectos citados de aumento de la turbidez de las aguas y daños en los arroyos pueden conllevar graves consecuencias para la fauna dulceacuícola sensible (salmónidos, crustáceos, *benthos*...).
- Disminución de lugares de refugio para especies que se refugian en áreas ripícolas dañadas o cambios en el hábitat de especies que se alimentan de matorrales cuya cubierta se reduzca o cuyas condiciones de habitación sean modificadas.
- Contaminación de los suelos por vertido extensivo de aceites (motosierras).

En general, las cortas afectan en España a **superficies pequeñas**, por lo que puede ser más grave el comentado efecto indirecto debido a la accesibilidad incontrolada por las pistas.

2. Impactos puntuales, afectan a los lugares de anidamiento o refugio

También se puede incluir aquí los vertidos accidentales o voluntarios de aceite de motor o de los circuitos hidráulicos de los tractores, que tienen carácter puntual.

5.2.2. Medidas preventivas

5.2.2.1. De los efectos en los suelos, procesos erosivos y recursos hídricos

Las medidas, aun solo de concienciación y organización, reducen mucho los daños. En Suecia, en menos de 10 años se pasó de un 30% de pistas con rodadas profundas a un 10%. Los daños en la masa remanente en claras bajaron, en dicho período, desde un 5-20% a un 3-10%. Pero no sirve la adopción de mejores medios si no va acompañada de formación, información y control de los taladores y maquinistas.

1. Medidas preventivas en la organización de los aprovechamientos:

- Restringir el tamaño de las cortas a hecho en zonas sensibles.
- Planificar “calles” para el tránsito de los tractores. Señalarlas como **infraestructura permanente** para sucesivas intervenciones.
- Restringir el desembosque con suelo encharcado.
- En pendientes muy fuertes o zonas muy sensibles, puede compensar la elección de medios alternativos, aunque supongan una subida de costes que pueda requerir financiación externa: cables, canaletas...
- Si es posible, supone una protección del suelo disponer en las “calles” los residuos de corta.

- Donde sea recomendable y posible la eliminación de residuos, es preferible el astillado o trituración a la quema. Se evitará la quema extensiva, obligando a formar pilas o cordones.

2. Características de los tractores de desembosque en relación con la prevención de daños en los suelos:

- Son preferibles los sistemas de “madera corta” o “madera larga” en autocargador que los tractores de arrastre. Si el arrastre no se puede evitar, es posible emplear medios para reducir la fricción (palas de arrastre o capuchones). Es preferible enganchar los fustes por la coza y el desembosque pendiente arriba. En caso de no emplear estos medios es conveniente controlar la ejecución del desramado. El arrastre de fustes con “muñones de desramado” es especialmente dañino, tanto para el suelo como para la masa residual.
- Es positivo reducir el peso de los tractores, ya sea por elección de máquinas con chasis de materiales ligeros o, más efectivo, por limitación de sus capacidades de carga (autocargadores ligeros o medios).
- Es muy recomendable, en suelos sensibles, reducir la presión ejercida por los trenes de rodaje sobre el terreno (“*bogies*”, neumáticos de baja presión...).
- Los sistemas de transmisión hidrostática reducen los daños al suelo. Tiene efectos positivos indirectos la comodidad y ergonomía de las cabinas y mandos de los tractores.

5.2.2.2. Medidas preventivas de los efectos sobre la vegetación

1. Medidas para la reducción de daños en la masa residual

- Apeo dirigido. Es fundamental la experiencia del personal de apeo. Tiene efectos positivos, aun con riesgos económicos, limitar los destajos y controlar la calidad de ejecución.
- Limitación del arrastre, accesorios para reducir la fricción (capuchones, palas de arrastre, etc.) y procurar que el tractorista vaya acompañado de un ayudante - o utilice un mando remoto para controlar el cabrestante - para poder acompañar a las cargas y controlar los posibles daños.
- Limitación del tránsito de máquinas en el interior de las masas. Son preferibles, en masas espesas, los clareos sistemáticos o las claras mixtas con desembosque por “calles”, que deben ser al menos un metro más anchas que los tractores (3,5 a 4,5 m), y con inserción oblicua, a ser posible, en la red de vías para reducir la necesidad de que los tractores maniobren en su incorporación a las pistas.
- Reducción de la presión de los neumáticos para prevenir la compactación y la formación de rodadas.
- Elección de tractores de tamaño reducido, con buena maniobrabilidad (dirección articulada, transmisión hidrostática, etc.).

2. Medidas preventivas para la reducción de daños a la regeneración

- Es vital el apeo dirigido: en caso de arrastre, debe procurarse el apeo en la misma dirección de la reunión, para evitar el efecto de “abanico”, que consiste en el barrido por los fustes de la superficie cuando son arrastrados desde una dirección muy distinta a la de su apeo.
- Es recomendable también evitar, en lo posible, el desembosque por arrastre y el uso de tractores de cadenas, así como reducir la presión que ejercen las máquinas sobre los suelos.

3. Medidas preventivas para la reducción de riesgos fitosanitarios

- Evitar la coincidencia de las operaciones con el periodo de riesgo, o preferiblemente, si se corta madera en primavera-principio de verano, imponer plazos para la saca y, en su caso, la eliminación de residuos.
- La eliminación de residuos (por encima de un cierto tamaño y carga por hectárea) debe ser obligatoria en zonas de riesgo si las cortas se producen en el periodo vegetativo o poco antes.
- Una vez extraída la madera, se deben evaluar los daños y apea los pies con heridas de cierta consideración.

4. Medidas preventivas para reducción de daños en las especies acompañantes

Se pueden reducir evitando la intervención (o reduciendo su intensidad) en los rodales con especies raras o valiosas, y la invasión de matorral heliófilo se puede aminorar reduciendo la intensidad de la intervención.

5.2.2.3. Prevención de los efectos negativos sobre la fauna

- Se debe reducir la extensión de las cortas en zonas de alimentación o refugio de especies valiosas o protegidas. En zonas de nidificación, evitar por lo menos la intervención durante la época de cría.
- Se recomienda conservar, en cortas finales, pies maduros o sobremaduros. Diversos autores cifran su número razonable entre 5 y 10 pies/ha.
- Es importante evitar el desembosque por lechos de arroyos, y el depósito de residuos en los mismos. Respetar la vegetación ripícola. Lo idóneo es marcar (para no actuar en ella) una banda de vegetación ripícola a ambos lados de los arroyos o ríos en que esté presente.
- Extraer del monte los bidones de repostado y cambio de aceite de las máquinas, y prohibir el vertido no accidental de aceite usado.
- En los países tecnológicamente más avanzados y con mayor sensibilidad ambiental, hay tendencia a fomentar activamente el uso de máquinas que emplean aceites vegetales para su lubricación.

Es importante la elaboración y actualización periódica de **cartografía temática** que contemple las zonas de nidificación, refugio, corredor, etc. para la fauna, áreas ripícolas de interés, poblaciones de especies vegetales protegidas, etc. Con esa base, se puede desarrollar la planificación de diversas actuaciones y entre ellas los posibles aprovechamientos

5.2.2.4. Prevención de los impactos paisajísticos e indirectos

- Se debe reducir el tamaño y/o intensidad de corta en zonas visualmente frágiles o de gran valor estético.
- Se recomienda procurar donde sea posible que las superficies de corta a hecho tengan bordes irregulares, “islas” no cortadas, etc.
- Evitar cargaderos en zonas visualmente frágiles, o adyacentes a vías de comunicación.
- Eliminar los residuos de corta en las áreas que tengan mayor presión recreativa o riesgo de incendios.

5.2.3. Medidas de corrección

- Reparar las calles o pistas en que se hayan producido daños que podrían conducir a erosión considerable.
- En cargaderos o pistas temporales que se abandonen la compactación se podría corregir con laboreo.
- La aplicación de medidas correctoras de este tipo en las calles de desemboque requiere que estén bien definidas y se hayan mantenido lo largo del ciclo de vida de la masa.
- En zonas con problemas fitosanitarios severos por apilado de madera, se hace necesario tratamiento de las pilas o de los focos sobre árboles en pie.

5.3. PRESCRIPCIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA SITUACIÓN ESPAÑOLA

5.3.1. Particularidades

En España, existen dificultades estructurales para el control de los aprovechamientos y la reducción de sus efectos desfavorables, entre las que cobran especial relevancia las siguientes:

- Predominio de la propiedad particular y minifundismo, atomización empresarial.
- Práctica inexistencia de formación específica para operarios forestales (motoserristas, maquinistas).
- Frecuente dispersión o ausencia de criterios en la Administración forestal, que además es muy reducida en relación con la superficie forestal, si se compara con otros países desarrollados.

Como consecuencia de algunos de esos factores, se producen daños más elevados que en países europeos más desarrollados: por ejemplo, en primeras claras, una media del 10,2% de la superficie del suelo resulta alterada (6,5 cm de profundidad media) y un 6,2% de los pies remanentes resultan con daños de consideración (heridas que penetran en la madera o mayores de 200 cm²).

La **Administración** debe tomar conciencia de la necesidad, reforzada por la sensibilidad social, de reducir estos efectos desfavorables, para lo que se debería desarrollar procedimientos prácticos y factibles para su regulación y control.

La empresa de cierta envergadura debe aplicar medidas para reducir los impactos negativos de sus actividades no solo por razones técnicas, éticas y de conservación de su patrimonio, sino también por **razones estratégicas** y, cada vez más, por razones de mercado

5.3.2. Medidas de posible aplicación

Se deben tener en cuenta todas las medidas preventivas recogidas en los apartados 5.1.2, 5.2.2 y otros adicionales. Básicamente podrían ser las siguientes:

- Definición de criterios y especificaciones concretos, en cada zona, para reducir la erosión por construcción de pistas. Es importante la racionalidad en el diseño (trazado y densidad) de las pistas, así como, en zonas sensibles, limitar su pendiente longitudinal y anchura, regular la existencia y características de los sistemas de drenaje, etc.
- Es muy importante exigir la reparación de los cargaderos, pistas y cunetas después de su uso, evitando prácticas dañinas como el apilado prolongado de madera en las cunetas.
- Se debe limitar y controlar el uso de pistas en condiciones de humedad elevadas.
- Es importante el mantenimiento adecuado de la superficie de pistas y los drenajes.
- Donde sea preciso, se debe limitar el tránsito no autorizado por las pistas.
- Controlar la ejecución de aprovechamientos en zonas sensibles durante los períodos lluviosos.
- Mejorar la red de vías en explotaciones propias (montes públicos o gestionados por la Administración) para reducir las distancias de saca y el uso de tractores en la red principal.
- Requerir un diseño adecuado de la red de calles, la organización del apilado y saca y la situación de los cargaderos.
- Valorar los medios empleados, teniendo en cuenta el factor ambiental en su selección (son frecuentes en España los autocargadores excesivamente pesados, los tractores de arrastre en explotaciones en que se podrían suplir por autocargadores, etc.).

- Evitar o prohibir el almacenamiento de madera verde en los montes, especialmente en primavera-principios de verano. Donde sea necesario y posible, eliminar los residuos gruesos.
- Obligar a la retirada de los restos (bidones, etc.). Prohibir el vertido de aceite usado.
- Recabar Información sobre las zonas sensibles desde el punto de vista de la fauna, adoptando limitaciones en tal sentido: no aproximación a nidos de especies protegidas, evitación de molestias en épocas de cría, conservación de refugios y fuentes de alimentación, y respeto a los cursos de agua y la vegetación ripícola.
- Control efectivo *a posteriori*, en la medida de lo posible, sobre los daños en suelos o cursos de agua. En su caso, imposición de sanciones y corrección de las prácticas que hayan conducido a daños no admisibles.
- Desde el punto de vista de la empresa, es fundamental formar, informar y controlar a los ejecutores últimos del aprovechamiento (encargados, taladores, tractoristas, etc.) e incluso a sus subcontratistas.

5.3.3. Aplicación a los Pliegos de Condiciones Técnico-Facultativas

Las fases en que participan el propietario o gestor del monte en una compraventa de madera están reflejadas en la figura 5.6. Es a través del **Pliego de Condiciones Técnicas** como se pueden y deben establecer las limitaciones de los aprovechamientos, ya que permiten establecer unas condiciones de ejecución a la venta de la madera que prevengan y eviten, o al menos limiten, los impactos indeseables. Como los Pliegos se redactan antes del aprovechamiento, lo que se busca es tomar medidas preventivas de los impactos. En España, la legislación sobre aprovechamientos por medio de Pliegos tiene una larga historia. En la actualidad, la mayoría de los Pliegos de las Autonomías, que son las competentes en este terreno, proceden de un Pliego original común: el de 1975, generalmente considerado como un Pliego completo y acertado pero carente de los enfoques ambientales que posteriormente se han incorporado a la gestión forestal.

Debe recalarse que un Pliego de Condiciones Técnicas juega una doble función: por un lado, limita, previene y controla los posibles efectos negativos de la ejecución de un aprovechamiento; pero por otro, bien elaborado es una excelente herramienta de gestión forestal que ayuda a la sostenibilidad del aprovechamiento sin perjudicar su necesaria viabilidad económica.

En los aprovechamientos forestales mecanizados, la redacción de los pliegos de forma acertada, correcta, realista y específica a cada caso puede y debe ser un instrumento clave para minimizar los daños. El Pliego de condiciones no puede interpretarse como un mero trámite administrativo, ni como algo exclusivamente enfocado a restringir las actuaciones de los adjudicatarios. Por desgracia, en muchas ocasiones los diferentes Pliegos Autonómicos se emplean para organizar, limitar y controlar los aprovechamientos de una forma desigual, ilógica y poco eficaz.

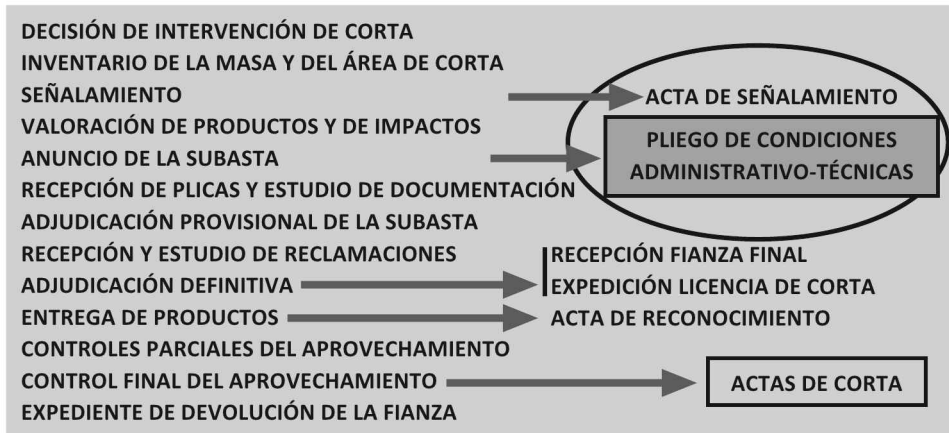


Figura 5.6. Fases de compraventa de madera

5.3.3.1. Elementos de los Pliegos de Condiciones Técnicas

Los elementos en que se articulan los Pliegos de Condiciones Técnicas son los siguientes:

1) Determinación de la “cosa cierta” objeto del aprovechamiento

- Indicación clara desde el principio de qué constituye en cada caso la “cosa cierta”: Dado que este texto se refiere al aprovechamiento mecanizado de la **madera**, será esta la cosa cierta sobre la que incidiremos. Pero debe reseñarse que en otros casos, la cosa cierta puede referirse a pastos, setas, corcho, aprovechamiento apícola, etc.
- No debe limitarse a citar el producto, sino que debe establecer con claridad lo que realmente incluye: fuste comercial hasta diámetro en punta delgada de tantos centímetros, con inclusión/exclusión de leñas, piñas, restos de corta, etc. También debe fijar sus dimensiones y cantidades, al igual que cualquier otro dato que se considere necesario.
- Condiciones relativas al tratamiento que da lugar al aprovechamiento (señalamiento, superficie y límites, peso, norma selvícola o instrucción equivalente, criterios de selección...).
- Condiciones básicas de las operaciones complementarias (apertura de pistas secundarias, trochas o calles, eliminación de residuos, limpia, poda...).
- Procedimientos de cuantificación de la cosa cierta objeto de aprovechamiento, momentos concretos en que se realizan las distintas fases del aprovechamiento y unidades de medición a emplear.
- Sanciones a que puedan dar lugar los incumplimientos de las normas de enajenación y ejecución.

2) Plazos

- De finalización de los trabajos (bien definido el concepto).
- De saca o extracción de los productos (*idem*).
- De eliminación de residuos u otros trabajos complementarios, especialmente de construcción de pistas.

3) Organización y señalización del aprovechamiento

- Pistas (red secundaria): posibilidad de apertura, longitud y condiciones geométricas según legislación, otras condiciones técnicas (densidad, obras de drenaje, etc.), obligatoriedad de conservación, reparación de cunetas, limpieza de caños, obras de drenaje en superficie de calles, arrastraderos y pistas... Otras exigencias pertinentes (por ejemplo, si hubiera pistas o arrastraderos nuevos, indicación de si se debería exigir su planificación con apoyo cartográfico y/o supervisión *in situ*).
- Calles, trochas o arrastraderos: separación, anchura, otras condiciones como las citadas de "cortes de agua" o drenajes superficiales...
- Medios a emplear: condiciones en casos especiales (autocargador ligero, cable, mulas...).
- Indicativo/s de peligro se realizan trabajos forestales en toda/s la/s pista/s de acceso al monte donde se realizan los trabajos.

4) Condiciones técnicas relativas al apeo y elaboración

- Posible necesidad de señalamiento previo y obligaciones relativas al mismo.
- Directrices sobre apeo dirigido, altura de tocón, diámetro en punta delgada, desramado... (puede haber condiciones complementarias si hay poda o desbroce).

5) Condiciones técnicas relativas a la saca

Limitaciones de tránsito de la maquinaria, sentido de la saca, limitaciones al trabajo o al uso de pistas y cargaderos en días de lluvia intensa, limitaciones de técnicas de desembosque en casos especiales...

6) Condiciones relativas al transporte

- Determinación expresa de las condiciones de carga: lugares de carga, dimensiones, alturas de pila, señalización...
- Determinación expresa de las condiciones para las otras operaciones complementarias, como la eliminación de residuos. En este último caso es importante definir si la eliminación es obligatoria o no y por qué medios, en función de la época de ejecución, tamaño y carga de restos, riesgo de incendios y plagas... Es importante tener en cuenta el riesgo de retrasar la saca de la madera cortada, que a veces es mayor

que el provocado por los propios residuos (plazos). Una solución de compromiso en cortas parciales es la eliminación parcial en proximidades de las pistas y carreteras en una franja a cada lado...

7) *Limitación y control de impactos ambientales*

- Reparación de daños en las pistas, incluyendo sistemas de drenaje.
- Daños en los suelos (extensión, longitud, profundidad...).
- Daños en masa remanente (% máximo de daños graves, obligación de cortar los pies dañados informando de su presencia).
- Daños en especies acompañantes u otros elementos del medio.
- Abandono de pilas o trozas sin cargar y de residuos (basuras y otros).

En todos los casos, se deben establecer formas, momentos y unidades de medición, así como sanciones por incumplimiento.

La imposición de estas condiciones no exime de las referidas a seguridad y salud (prevención, condiciones de los equipos, EPIs, otros...), que en cualquier caso se pueden también incluir, aunque hay problemas relativos a las competencias en el control.

5.3.3.2. Control de los pliegos de condiciones técnicas

Para que los pliegos de condiciones técnicas puedan cumplirse se deben establecer unos controles a lo largo de la ejecución de los aprovechamientos y por supuesto un **control final** de evaluación.

- Los **controles** de la ejecución de los aprovechamientos críticos son los siguientes:
 - Replantear sobre el terreno, si no todo el perfil longitudinal de la pista, los puntos de especial interés medioambiental indicados en el proyecto y en particular en el cruce con los cursos de agua.
 - Replantear sobre el terreno las calles de paso del tractor.
 - Seguir de forma casi continua la construcción de la pista.
 - Si los árboles a apea no están marcados, establecer la pauta de apeo durante las primeras semanas con cada cuadrilla.
- Visitar esporádicamente el monte, controlar y medir lo siguiente:
 - Que la caída se realiza dirigida hacia la calle.
 - Que los tractores son de neumáticos, y sacan hacia abajo.
 - Que no se salen de las calles.
 - Que no dejan rodadas excesivas.
 - Que los árboles dañados son mínimos.
 - La altura de algunos tocones.

- El diámetro de algunas puntas delgadas.
- Realizar la fase de la subasta denominada “contada en blanco” tal como se establece en el pliego de condiciones (medir \varnothing y L a pie de pista, controlar todos los camiones que salgan y su medida, controlar algunos camiones y fiarse de los partes del maderista).
- La inspección final se puede realizar bien a través de un muestreo de parcelas previamente establecidas o bien mediante transectos (figura 5.7). El control mediante transectos es muy sencillo de aplicar, pues se basa en realizar un recorrido de la zona de aprovechamiento, generalmente en diagonal, y establecer cada cierto número de pasos (2, 3 o 4) puntos en donde en un diámetro de varios centímetros se evalúan los impactos observados consecuencia del aprovechamiento. Sus resultados, para un ejemplo de alteración edáfica, pueden expresarse como refleja la figura 5.8.

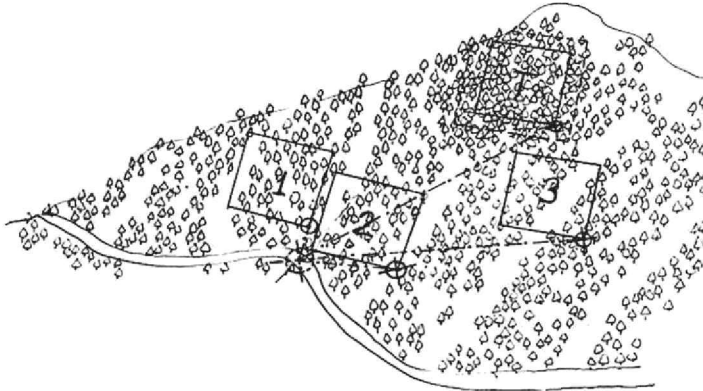


Figura 5.7. Establecimientos de parcelas para control final

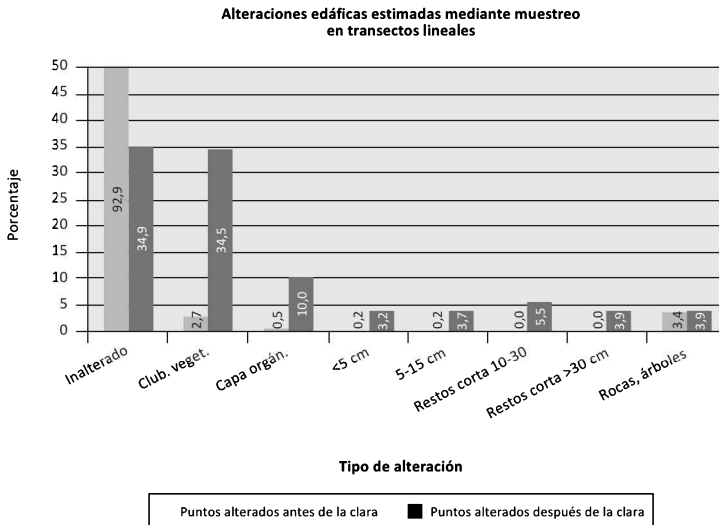


Figura 5.8. Ejemplo de resultados de un control final

5.4. METODOLOGÍA DE LA IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LOS APROVECHAMIENTOS FORESTALES

La evaluación ambiental es un instrumento de análisis de los efectos ambientales que una determinada acción de un proyecto puede generar en el medio ambiente, permitiendo realizar medidas de acción alternativas o mecanismos de corrección o compensación alternativos que permite la sostenibilidad del sistema.

Con fecha 9 de diciembre de 2013 se promulgó la Ley 21 de evaluación ambiental, en donde se establecen las bases que deben regir la evaluación ambiental de los planes, programas y proyectos que puedan tener efectos significativos sobre el medio ambiente garantizando en todo el territorio del Estado un elevado nivel de protección ambiental, con el fin de promover un desarrollo sostenible.

Serán objeto de una evaluación de impacto ambiental los proyectos de forestaciones o talas que afecten a más de 50 ha y que vayan a cambiarse de uso. Es decir, que realmente no es preceptivo realizar en los aprovechamientos forestales españoles, pero permiten al gestor tener una cuantificación de los efectos ambientales según diferentes alternativas que quieran impulsarse.

El procedimiento de evaluación de impacto ambiental para la formulación de la declaración de impacto ambiental sigue los siguientes pasos:

1. El promotor elaborará el estudio de impacto ambiental que contendrá, al menos, la siguiente información en los términos desarrollados en el anexo VI:
 - a) Descripción general del proyecto y previsiones en el tiempo sobre la utilización del suelo y de otros recursos naturales. Estimación de los tipos y cantidades de residuos vertidos y emisiones de materia o energía resultantes.
 - b) Exposición de las principales alternativas estudiadas, incluida la alternativa cero y justificación de las principales razones de la solución adoptada, teniendo en cuenta los efectos ambientales.
 - c) Evaluación y, si procede, cuantificación de los efectos previsibles directos o indirectos, acumulativos y sinérgicos del proyecto sobre la población, salud humana, flora, fauna, biodiversidad, geodiversidad, suelo, subsuelo, aire, agua, factores climáticos, cambio climático, paisaje, los bienes materiales, incluido el patrimonio cultural, y la interacción entre todos los factores mencionados, durante las fases de ejecución, explotación y en su caso durante la demolición o abandono del proyecto.

Cuando el proyecto pueda afectar directa o indirectamente a los espacios Red Natura 2000 se incluirá un apartado específico para la evaluación de sus repercusiones en el lugar, teniendo en cuenta los objetivos de conservación del espacio.
 - d) Medidas que permitan prevenir, corregir y, en su caso, compensar los efectos adversos sobre el medio ambiente.
 - e) Programa de vigilancia ambiental.
 - f) Resumen del estudio y conclusiones en términos fácilmente comprensibles.

2. La Administración pondrá a disposición del promotor los informes y cualquier otra documentación que obre en su poder cuando resulte de utilidad para la realización del estudio de impacto ambiental.
3. El estudio de impacto ambiental perderá su validez si en el plazo de un año desde la fecha de su conclusión no se hubiera presentado ante el órgano sustantivo para la realización de la información pública y de las consultas.

Todos estos elementos permiten seguir los procedimientos metodológicos que propone Vicente Conesa Fernández-Vítora, en su publicación *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*, 2010, en donde para cada actividad desarrollada por el proyecto en una determinada localización, evalúa y cuantifica los efectos directos e indirectos, acumulativos y sinérgicos tal como se especifica en el apartado 1.c indicado anteriormente.

Se determina el valor de la importancia del impacto ambiental a través de la fórmula:

$$IM = +/- (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Siendo:

IM: Importancia del impacto, cuya valoración es la siguiente:

- <25: Irrelevante
- Entre 25 y 50: Medio
- Entre 50 y 75: Alto
- >75: Muy alto

IN: Intensidad o grado de destrucción del medio por la acción. Se valora entre 1 y 2, baja intensidad; media; 4 alta; 8 muy alta y 12 si es total.

Por ejemplo, en **suelos**, adaptado de McMahon, S. 1995 se propone la siguiente baremación:

- Sin daños: **1**
- Hojarasca superficial removida ligeramente: **2**
- Hojarasca superficial removida con la tierra vegetal: **3**
- Ídem hasta 5 cm: **4**
- Hojarasca removida con suelo profundo dejando ver de forma discontinua suelo no consolidado con riesgo de erosión: **5**
- Suelo compactado, con ligera rodada sin capa de hojarasca: **6**
- Hojarasca removida con suelo profundo de forma continua no consolidada, dejando hasta 30 cm con riesgo de erosión: **7**
- Ídem con rodadas continuas de hasta 30 cm: **8**
- Ídem pero dejando más de 30 cm con riesgo de erosión: **9**
- Ídem con rodadas continuas >30 cm: **10**

- Suelo totalmente eliminado: **11**
- Suelo, tocones, rocas eliminadas: **12**

Por ejemplo, en **vegetación y recurso forestal**, se propone la siguiente baremación:

- Daños al **arbolado individual**
 - Sin daños: **1**
 - Herida con corteza pelada, floema visible pero sin xilema dañado: **2**
 - Herida con daño al xilema < 1 cm de profundidad, en superficie menor al 10% de la sección del árbol (puede ser la rotura de una rama viva): **3**
 - Herida con daño al xilema > 1 cm de profundidad, en una superficie menor al 10% de la sección del árbol: **4**
 - Rotura o daños en raíces de forma local menor a 2 cm: **5**
 - Rotura de la copa: **6**
 - Herida con daño al xilema > 1 cm de profundidad, en una superficie entre el 10% y el 35% de la sección del árbol (puede ser la rotura de varias ramas vivas en la misma sección): **7**
 - Rotura o daños en raíces de forma extensiva en una superficie de hasta el 35%: **8**
 - Herida con daño al xilema > 1 cm de profundidad, en una superficie > 35% de la sección del árbol: **9**
 - Rotura o daños en raíces de forma extensiva en una superficie > 35%: **10**
 - Rotura del fuste sin muerte del árbol: **11**
 - Rotura del fuste y muerte del árbol: **12**
- Daños a la **masa**:
 - Mejora de la masa: **-1 a -12**
 - Degradación de la masa: **+1 a +12**

EX: Extensión del impacto. Se valora en 1 si es puntual; 2 si es parcial; 3 si es extenso y 8 si es total.

El valor de esta extensión se puede valorar según el porcentaje que afecte el impacto a la superficie evaluada. Por ejemplo:

- <12,5%: 1
- De 12,5 a 25%: 2
- De 25 a 37,5%: 3
- De 37,5 a 50%: 4
- De 50 a 62,5%: 5

- De 62,5 a 75%: 6
- De 75 a 87,5%: 7
- >87,5%: 8

MO: Momento o plazo de manifestación. Se valora en 1 si es a largo plazo cuando se manifiesta; 2 si es a medio plazo y 4 si es inmediato.

PE: Persistencia o permanencia del efecto. Se valora en 1 si es fugaz; 2 si es temporal y 4 si es permanente.

RV: Reversibilidad. Se valora en 1 si esta se produce a corto plazo; 2 si es a medio plazo y 4 si es irreversible.

SI: Sinergia o reforzamiento de otros efectos. Se valora en 1 si no produce sinergismo; 2 si es sinérgico y 4 si es muy sinérgico.

AC: Acumulativo o incremento del impacto de forma progresiva: Se valora con 1 si no es acumulativo y 4 si sí que es.

EF: Efecto o relación causa efecto: Valorándose en 1 si el efecto es indirecto y en 4 si es directo.

PE: Periodicidad del impacto (regularidad de la manifestación). Se valora en 1 si la periodicidad es discontinua; en 2 si aparece periódicamente y 4 si es continua.

MC: Recuperabilidad o reconstrucción por medios humanos. Se valora en 1 si es recuperable inmediatamente; 2 si es a medio plazo; 4 si es mitigable y 8 si es irrecuperable.

Naturalmente que los impactos pueden ser en algunas ocasiones negativos y en otras positivos.

Los elementos **ambientales y socioeconómicos** que se pueden considerar son los siguientes:

Clima; Calidad del aire; Ambiente sonoro; Geología; Geomorfología; Suelos; Paisaje; Hidrología; Vegetación y recursos forestales; Fauna; Población; Sectores productivos y Patrimonio cultural.

De esta forma, para cada una de las actividades que suponen los aprovechamientos forestales, tales como, Construcción de pistas; Reparación de pistas, Habilitación de cargaderos, Apertura de calles, Construcción de cargaderos; Apeo y procesado del árbol; Saca; Apilado de la madera en cargaderos; Carga y Transporte de la madera, Eliminación de residuos; etc., se construye la matriz de impactos siguiente:

MANUAL DE MECANIZACIÓN DE LOS APROVECHAMIENTOS FORESTALES

	Clima	Calidad del aire	Ruido	Geología	Geomorfología	Suelos	Paisaje	Hidrología	Vegetación	Fauna	Población	Sector productivo	Patrimonio
Intensidad													
Extensión													
Momento													
Persistencia													
Reversibilidad													
Sinergia													
Acumulativo													
Efecto													
Periodicidad													
Recuperabilidad													
IMPORTANCIA													

BIBLIOGRAFÍA

- Albizu P.M., Tolosana Esteban E., Fernández-Carretero M., y Ulecia, J. (2010). Diagnóstico de la seguridad de los aprovechamientos forestales a partir de registros empresariales, bases de datos oficiales y muestreos de campo. Propuestas de actuación. *Forest Systems*, 19(2).
- Albizu, P.M., Tolosana, E., y Román, E. (2013). Safety and health in forest harvesting operations. Diagnosis and preventive actions. A review. *Forest Systems*, 23(3).
- Ambrosio Torrijos, Y., Láina Relaño, R., Martínez Rojas, I., Tolosana Esteban, E., González González de Linares, V., y Vignote, S. (2012). *Apeo de árboles con motosierra*. Ed. Paraninfo.
- Asociación de Forestalistas del País Vasco (Ed.) (1985). *Uso de la motosierra en el monte*.
- Axelsson, S.A. (1998). The mechanisation of logging in Sweden and its effect on occupational safety and health. *J Forest Eng* 9(2), 25-31.
- Bentley, T., Parker, R., Ashby, L., Moore, D., y Tappin, D. (2002). The role of the New Zealand forest industry injury surveillance system in a strategic ergonomics, safety and health research programme. *ApplErgon* 33: 395-403.
- British Forestry Commission (1999). *Guía de seguridad 603* (Trabajo con procesadoras) elaborado originalmente por *Forestry and Agricultural Safety and Training Council* (1999) y traducido por la Fundación para el Fomento de la Formación Forestal (disponible en www.fundaciónf4.es).
- Cabeças, J.M. (2007). An approach to health and safety in E.U. forestry operations - Hazards and preventive measures. *Enterprise and Work Innovation Studies* 3: 19-31.
- Driscoll, T., Ansari, G., Harrison, J., Frommer, M., y Ruck, E. (1995). Traumatic Work Related Fatalities in Forestry and Sawmill Workers in Australia. *J. Safety Res.* 26(4): 221-233.
- Cacot, E., et al. (2001). *Exploitation et environnement*. Ed. AFOCEL - ARMEF (*Dossier pédagogique*).
- CTBA (1993). *Manuel d'exploitation forestière*, 2 tomos. ARMEF-CTBA-IDEF, Paris.
- Conesa Fernández-Vítora, V. (2010). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Mundi-Prensa.
- Folz, R.B., y Burroughs, E.R. (1990). Sediment production in forest roads with wheel ruts. En "Proceedings of Watershed Planning and analysis in action symposium, Irrigation and drainage Conference". *American Society of Civil Engineers*, 266-275. Colorado, USA.

- FAO (1989). *Watershed Management Manual. Road design and construction in sensitive watersheds*. 196 pp. Roma.
- Finish Forest Park Service (1995). *Forestry Environment Guide*. 101 pp. Helsinki.
- FORSITRISK (VV.AA.) (1994). *Soil, tree, machine interactions. ECE-FAO-ILO. Interactive workshop and seminar of IUFRO - Division P3.08.0 - and U.E. Concerted Action CEET in Feldafing (Alemania)*.
- Froelich, H.A. (1989). Soil damage, tree growth and mechanization of forest operations, 77-82, en "*Proceedings of the seminar on "Impact of mechanisation of forest operations to the soil"*". Louvaine-la-Neuve (Belgium). Ministry of Agriculture. Bruselas.
- Gaskin, J.E., y Parker, R.J. (1993). Accidents in forestry and logging operations in New Zealand. *Unasyuva* 44(172): 19-24.
- González González de Linares, V., Tolosana Esteban, E., Vignote Peña, S., Ambrosio Torrijos, Y., Láina Relaño, R., y Martínez Rojas, I. (2012). *Funcionamiento y mantenimiento de tractores forestales*. Ed. Paraninfo.
- González González de Linares, V., Tolosana Esteban, E., Ambrosio Torrijos, Y., Láina Relaño, R., Martínez Rojas, I., y Vignote Peña, S. (2012). *Manejo de tractores forestales*. Ed. Paraninfo.
- González González de Linares, V., Tolosana Esteban, E., Láina Relaño, R., Vignote Peña, S., Martínez Rojas, I., y Ambrosio Torrijos, Y. (2012). *Manejo y mantenimiento de cosechadoras forestales*. Ed. Paraninfo.
- John Deere, S.A. (2009). *Manual de operador del cabezal H480C para cosechadoras forestales John Deere* (edición en español de diciembre de 2009, *Worldwide Construction and Forestry Division/LITHO*den Finlandia).
- John Deere, S.A. (2010). *Instrucciones de manejo de las cosechadoras John Deere 1270 E y 1470 E*.
- Komatsu, S.A. (2010). *Manual del conductor de cosechadora Valmet 901.4, 901 TX, 911.4 y 931*.
- Klun, J., y Medved, M. (2007). Fatal accidents in forestry in some European countries. *Croat J For. Eng.* 28(1): 55-62.
- Láina Relaño, R., Vignote Peña, S., Tolosana Esteban, E., Ambrosio Torrijos, Y., González González de Linares, V., y Martínez Rojas, I. (2012). *Puesta en marcha y mantenimiento de la motosierra*. Ed. Paraninfo.
- Lefort, A.J., de Hoop, C.P., y Pine, J.C. (2003). Characteristics of injuries in the logging industry of Louisiana, USA: 1986 to 1998. *Int J For Eng.* 14: 75-89.
- Lilley, R., Feyer, A.M., Kirk, P., y Gander, P. (2002). A survey of forest workers in New Zealand. Do hours of work, rest, and recovery play a role in accidents and injury? *J Saf Res* 33: 53-71.
- Lindroos, O., y Burströmb, L. (2010). Accident rates and types among self-employed private forest owners. *Accident Analysis and Prevention* 42: 1729-1735.

- McMahon, S. (1995). *Survey method for assessing site disturbance*. New Zealand Logging Industry Research Organization.
- Neely, G., y Wilhelmson, E. (2006). Self-reported incidents, accidents, and use of protective gear among small-scale forestry workers in Sweden. *Safety Science* 44: 723-732.
- Nieto Ojeda, R. (2004). *Manual de mecanización forestal*. Rufino Nieto Editor. Jaén.
- Nieto Ojeda, R., y Soria Nieto, J. (1990). *Motores y maquinaria forestal*. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. Sevilla.
- Nieuwenhuis, M., y Lyons, M. (2002). Health and Safety Issues and Perception of Forest Harvesting Contractors in Ireland. *Int J For Eng.* 13(2): 69-76.
- Nordin, V.D., y Comeau, R. (2003). Forest resources education in Canada. *The Forestry Chronicle* 79(4): 799-808.
- Ortega, A.M., Fernández, C., y Linari, F.C. (2005). *Manual del motoserrista profesional*. Ediciones AIFEMA.
- Peters, P. (1991). *Chainsaw Felling Fatal Accidents*. Transactions of the ASAE 6: 2600-2608.
- Riikilä, M., y Ryyänen, S. (1989). *Metsänomistajan Puunkorjuu*. Editorial Helsingin Työteho-seura.
- Rotaru, C. (1984). Les interactions entre les methodes d'exploitation et la sylviculture. *Etude R 256. Courrier de l'exploitant et du Scieur. Centre Technique Du Bois*. 40 pp. Paris.
- Salminen, S., Klen, T., y Ojanen, K. (1999). Risk taking and accident frequency among Finnish forestry workers. *Safety Science* 33: 143-153.
- SECF (2005). *Diccionario forestal*. Mundi-Prensa, Madrid.
- Shaffer, R., y Milburn, J. (1999). Injuries on Feller-Buncher/Grapple Skidder Logging Operations in the South-Eastern United States. *For Prod J* 49(7-8): 24-26.
- Sirén, M. (1995). Stand damage in harvester operations. The level of, the factors involved in and the possibility for predicting damage. Preliminary results. En "*Environmental Consequences of Harvesting Operations: The situation in Europe*". Report from the Concerted Action "*Cost Effective Early Thinnings*". Danish Forest and Landscape Research Institute. Spinelli & Kofman Editors.
- Spinelli, R. (1995). IMPACT (Base de datos documental sobre impactos de los aprovechamientos disponible en INTERNET).
- Stevens, P.A., Adamson, J.K., Anderson, M.A., y Hornung, M. (1988). Effects of clearfelling on surface water quality and site nutrient status, en "*Ecological change in the Uplands*" Special publication Nº 7 of The British Ecological Society. Londres.
- Thelin, A. (2002). Fatal accidents in Swedish farming and forestry, 1988-1997. *Safety Science* 40: 501-517.
- Tolosana Esteban, E., González González de Linares, V., y Vignote Peña, S. (2005). *El aprovechamiento maderero*. Mundi-Prensa, FUCOVASA.

- Tolosana Esteban, E., Ambrosio Torrijos, Y., González González de Linares, V., Láina Relaño, R., Martínez Rojas, I., y Vignote Peña, S. (2012). *Apeo de árboles con cosechadora*. Ed. Paraninfo.
- Tolosana Esteban, E., Martínez-Ferrari, R., Láina Relaño, R., Ambrosio Torrijos, Y., Cuesta, R., Martín, M., y Venta, M. (2009). *Manual de buenas prácticas para el aprovechamiento de la biomasa en cortas a hecho de pinares de Pinus sylvestris L. y Pinus pinaster Ait.* Ed. Junta de Castilla y León y CESEFOR.
- Tolosana Esteban, E., Láina Relaño, R., Ambrosio Torrijos, Y., y Martín, M. (2011). *Biomass recovery from Spanish Pine plantations mechanized thinning residues. Effects of biomass piling methods and top diameters*. Austro 2011/FORMEC'11: *Pushing tree boundaries with research and innovation in forest engineering*, October 9-11, 2011; Graz and Rein, Austria.
- Vignote, S., Tolosana, E., Ambrosio, Y., et al. (2001). *Manual de Gestión Forestal Sostenible de las primeras claras sobre repoblaciones de coníferas*. 29 pp. Ed. AITIM.
- Vignote Peña, S., y Martínez Rojas, I. (2006). *Tecnología de la madera*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación/Mundi Prensa.
- Vignote Peña, S., Martos, J., y González, M.A. (1993). *Los tractores en la explotación forestal*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación/Mundi Prensa.
- Vignote Peña, S., Martínez Rojas, I., y Ambrosio Torrijos, Y. (2006). *Gestión de parques y almacenes de la industria maderera*. Fundación Conde del Valle de Salazar.
- Wang, J., Bell, J.L., y Grushecky, S.T. (2003). Logging injuries for a 10-year period in Jilin Province of the People's Republic of China. *J Saf Res* 34: 273-279.

Manual de mecanización de los aprovechamientos forestales

El texto que presentamos bajo el título “Manual de mecanización de los aprovechamientos forestales” proporciona información imprescindible para la aplicación de los importantes avances tecnológicos de los últimos años a la gestión forestal sostenible. Es, por tanto, una herramienta necesaria tanto para los técnicos que planifican y dirigen las operaciones forestales como para los operarios que desarrollan esas tareas. Igualmente, se convierte en un texto muy indicado para apoyar y complementar la formación de los estudiantes universitarios de disciplinas forestales y medioambientales, y también para los de estudios profesionales relacionados con el sector forestal, muy especialmente los correspondientes al Certificado de Profesionalidad AGAR 0108: Aprovechamientos Forestales. También complementa y amplía los libros de este mismo grupo editorial, bajo el sello Paraninfo, sobre mecanización y aprovechamientos correspondientes a las Unidades Formativas UF 0267, UF 0268, UF 0269, UF 0270, UF 0273, UF 0274.

El libro proporciona información detallada sobre la maquinaria portátil y automotriz empleada en el monte, describe sus características y técnicas de uso, propone normas de organización de los trabajos que se realizan con ellas y analiza las consecuencias de esos trabajos sobre el entorno. También se recogen y explicitan las principales normativas que los regulan, haciendo especial hincapié en los aspectos medioambientales y de seguridad y salud. Se incluyen recomendaciones de mantenimiento y utilización de motosierras, desbrozadoras, tractores forestales, autocargadores, cosechadoras y procesadoras, se analizan en detalle sus componentes y su mecánica y se desglosa su empleo en aprovechamientos madereros para trabajar correctamente. Todos los contenidos se enfocan y desarrollan de forma eminentemente práctica, buscando que sean de fácil aplicación y se acompañan de fotografías, dibujos, ilustraciones y gráficos que complementan con claridad lo expuesto en el texto.

Los autores son profesores de la Universidad Politécnica de Madrid, con amplia experiencia en la docencia e investigación de temas relacionados con el aprovechamiento maderero, la gestión forestal sostenible y la formación profesional. También han trabajado en la administración forestal española y en empresas del sector, y han publicado numerosos libros sobre estos temas.



www.mundiprensa.com

ISBN:978-84-8476-641-4



9 788484 766414