

Figura 1. Sección de la caja central del rotor con engranaje piñón-corona vistos. Fuente: Deutz Fahr.



Figura 2. Rastrillo volteador: detalle de rotor con brazos portapúas y púas. Fuente: Deutz Fahr.



Figura 3. Rastrillo volteador: detalle de la inclinación del conjunto de la máquina. Fuente: Kverneland Group.

Rastrillos: equipos forrajeros de volteo e hilerado

Natalia Hernández Sánchez y M^a Teresa Riquelme Torres.
E.T.S. Ingenieros Agrónomos. UPM.

FORRAJES

En el presente artículo nos centraremos en las labores del proceso de henificación mediante el cuál el forraje segado se deseca con el fin de disminuir su contenido de humedad y hacerlo apto para el almacenamiento.

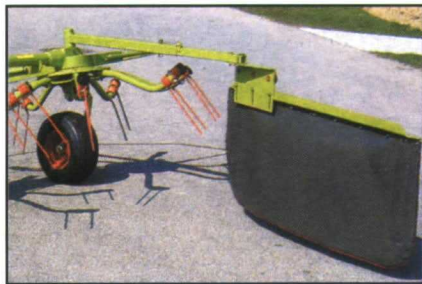
Todos los ganaderos coinciden en afirmar que el pastoreo directo es la forma más económica y sana de alimentar al ganado. Sin embargo, la tendencia actual a implantar grandes explotaciones, así como los largos periodos con condiciones climatológicas desfavorables (periodo invernal), hacen necesaria la recolección del forraje para su posterior suministro en distintos tipos de presentaciones: picado, ensilado o henificado.

El desarrollo de la maquinaria agrícola ha buscado facilitar el trabajo del agricultor ofreciendo soluciones a las

necesidades específicas de cada labor. En relación a los equipos para la producción de forraje hoy en día lo más frecuente es utilizar rastrillos volteadores para, una vez segado, remover el forraje sobre el propio terreno favoreciendo su aireación y la pérdida de humedad (hasta alcanzar el 17-20%). El siguiente paso es agrupar el forraje en cordones o hileras con el fin de facilitar la recogida posterior por parte de las empacadoras. Para esta labor se dispone de los rastrillos hileradores.

Las distintas casas comerciales, en su afán innovación y

Figura 4.
Rastrillo volteador
detalle de la lona deflectora.
Fuente: Claas.



mejora, desarrollan sus modelos para satisfacer las necesidades de las explotaciones forrajeras modernas, que exigen ciertas cualidades a los aperos:

- Calidad óptima del trabajo: obtener forraje limpio con un mínimo de impurezas, mantenimiento de la capa de hierba, bajas pérdidas de fragmentos, volteado y formación de hileras eficientes.
- Construcción robusta para un uso intensivo.
- Larga vida útil de sus elementos para unas condiciones de trabajo duras, utilización continua, y con unas necesidades de mantenimiento mínimas.
- Máxima adaptabilidad a la estructura de la explotación y a las condiciones físicas del terreno.
- Alto rendimiento por superficie.
- Versatilidad de uso dependiendo de la cantidad y densidad de forraje.
- Alta maniobrabilidad dentro de la finca; y fuera, facilidad de transporte.
- Gran confort de manejo.

A continuación se ofrece una visión general sobre los aspectos técnicos más destacables de los rastrillos, en sus versiones para volteo e hilerado, que tratan de cumplir con las cualidades mencionadas y sobre los que se debe prestar especial atención a la hora de adquirir dichos equipos.

Los rastrillos presentan una función polivalente pudiendo hilerar, esparcir, airear y voltear el forraje dependiendo del movimiento de sus elementos y de su posición respecto del tractor.

Las tareas de henificación se han servido durante muchos años de distintos modelos de rastrillo para llevar a cabo las labores de volteo e hilerado. Los rastrillos de cadenas o de discos son ejemplos de este tipo de aperos, sin embargo, los rastrillos rotativos de eje vertical son los que se han ido imponiendo en los parques de maquinaria de las explotaciones forrajeras españolas. Por este

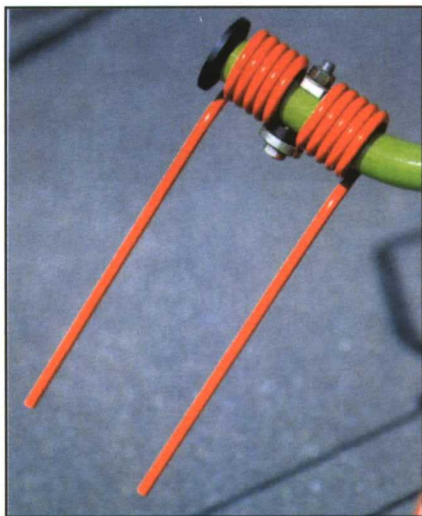


Figura 5.
Rastrillo volteador:
detalle de un peine con dos púas y
vueltas en espiral alrededor del
tubo portapúas. Fuente: Claas.

motivo los siguientes apartados se centrarán en estos últimos.

No importa el tamaño de la explotación de que se trate, en el mercado encontraremos modelos adaptados tanto a pequeñas fincas, en las que se busca una adecuada relación precio-rentabilidad, como a grandes explotaciones, donde se persigue una elevada capacidad de trabajo.

Estas máquinas pueden ir suspendidas, semisuspendidas o arrastradas, según su tamaño, lo que está condicionado en parte por el tamaño y rendimiento de las parcelas. Los sistemas de enganche son variados. Dependiendo de los modelos éstos pueden ser de tipo tripuntal en versión rígida, tripuntal en versión pivotante, en dos puntos a los brazos elevadores, a la barra multiagujero y opcionalmente con rueda de apoyo de 16°. Los modelos que incorporan un bastidor de enganche de tipo articulado garantizan una gran flexi-



Figura 6.
Rastrillo volteador:
detalle del distribuidor de
dedos múltiples para el
accionamiento del rotor.
Fuente: Pottinger.

bilidad, capacidad de maniobra y facilidad de manejo.

Tanto en los rastrillos volteadores como en los rastrillos hileradores el componente fundamental es el rotor, ya que es el encargado de transmitir el movimiento rotativo a los elementos en contacto con el forraje. Los rotores van sustentados en el bastidor y son accionados por la toma de fuerza del tractor a través de un piñón que engrana con una corona giratoria (Figura 1). En la actualidad la mayoría de los rastrillos rotativos de gran resistencia incorporan grupos en baño de aceite herméticamente sellados, lo que garantiza una lubricación continua. Al tratarse de una carcasa ce-

Figura 7.
Detalle del cierre hermético
de la cabeza del rotor.
Fuente: Claas.





Figura 8.
Rastrillo volteador:
chasis intermedio
de estructura triangular.
Fuente: Kverneland Group.

rada se evita la entrada de polvo y suciedad, tan comunes en las condiciones de trabajo de estos equipos, con lo que se minimiza el mantenimiento. Las características particulares de cada tipo de rastrillo se exponen en los siguientes apartados.

Rastrillos volteadores o henificadores

Actualmente las casas comerciales ofrecen un amplio rango de anchuras de trabajo de los rastrillos volteadores que va desde los 2,50 m hasta más de 12,70 m (Cuadro I). De esta forma, la labor se adapta al tamaño de la explotación y a la capacidad de trabajo deseada, así como a las necesidades de rapidez del henificado.

La operación de volteo se realiza mediante la acción de unos peines u horquillas, que por lo general son de dos púas, emplazados en el ext-

remo de brazos horizontales dispuestos radialmente alrededor del rotor (Figura 2). El número de rotores es variable, normalmente en número par y girando a la misma velocidad en sentidos opuestos. El conjunto de la máquina se dispone inclinado hacia delante facilitando así la recogida del forraje en la parte delantera y su depósito en la parte trasera, fuera del alcance de las púas (Figura 3). El ángulo de trabajo puede modificarse para adaptarse a distintos tipos de forraje y ciclos de trabajo. Algunos modelos incorporan lonas deflectoras para impedir pérdidas laterales de forraje, cuyo posicionamiento puede ser mecánico o hidráulico (Figura 4).

Los brazos portapúas deben ser resistentes a la torsión, minimizando así la rotura de las púas. Éstas deben ser sólidas, normalmente de acero de alta calidad, con alta resistencia al impacto, lo que les permite adaptarse a las distintas canti-

dades y densidades de forraje. La flexibilidad de las púas se consigue mediante las vueltas en espiral alrededor del tubo portapúas (Figura 5).

Los rotores son accionados por la toma de fuerza del tractor mediante un eje cardánico cuyo régimen de funcionamiento puede variarse para regular la intensidad de trabajo según las necesidades. Cuando el forraje está demasiado seco o bien cuando la labor se realiza por la noche es conveniente reducir el régimen de los rotores, lo que se consigue disminuyendo la velocidad de giro de la toma de fuerza.

El accionamiento de los rotores puede ser por manguitos de acoplamiento o por distribuidores de dedos múltiples (Figura 6). En ambos casos, un cierre hermético de la cabeza del rotor los protegerá del polvo y la abrasión (Figura 7). Este encapsulado permite alargar la vida útil de los elementos.

En los rastrillos volteadores de alto rendimiento los rotores se presentan en baño de aceite, lo que asegura una lubricación constante y, con ello, la minimización de las

necesidades de mantenimiento. Como ventaja añadida se evita que el forraje se ensucie con lubricante. En volteadores de menor capacidad el mantenimiento se reduce a la aplicación de grasa.

Dentro de las exigencias de estos equipos destacan la estabilidad y la adaptabilidad al terreno durante la realización de la labor. Ambas cualidades se con-



Figura 9.
Rastrillo volteador: ruedas superbalón para soporte del rotor.
Fuente: Claas.

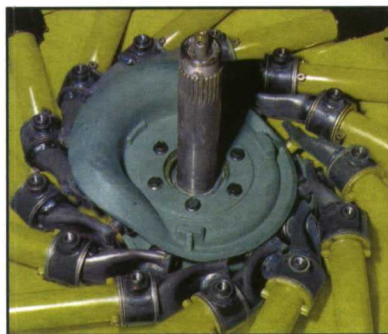
Figura 11.
Rastrillo hilerador:
detalle de rotor con brazos portapúas y púas.
Fuente: Pottinger.



Figura 10.
Rastrillo volteador:
detalle de amortiguador oscilante.
Fuente: Kverneland Group.



Figura 12.
Rastrillo hilerador:
Detalle de la guía de
leva por la que
deslizan los rodillos
de los brazos
de peines.
Fuente: Claas.



siguen mediante la incorporación de distintos elementos.

Para alcanzar el mayor grado de estabilidad la estructura debe ser robusta, con fuertes y resistentes tubos de conexión ente rotores; y con los ejes de los platos y el apoyo de los brazos portapúas de una construcción muy sólida. En máquinas de gran capacidad un chasis intermedio de estructura triangular garantiza una henificación más fuerte y fiable, también para el transporte (Figura 8).

La adaptación a las irregularidades y pendientes del terreno se consigue mediante ruedas superbalón de chasis resistente que soportan cada rotor (Figura 9). Estas ruedas favorecen una marcha tranquila sin dañar la capa de hierba. Tanto la altura de las ruedas como la posición de las mismas respecto al eje de los rotores pueden variarse, con ello se consigue regular la altura de trabajo y la dirección del esparcido respectivamente. Los modelos de chasis articulado ofrecen una perfecta adaptación a los desniveles del suelo. En los equipos en los que incorporan conexiones acopladas por presión y articulación doble para la transmisión de fuerza a los rotores, éstos quedan móviles en cualquier posición de trabajo garantizando la máxima adaptación al suelo. Algunos equipos disponen de amortiguadores oscilantes que mantienen una distancia púa-terreno constante con el fin de asegurar el seguimiento del contorno del terreno y, con ello, una distribución suave y uniforme del forraje (Figura 10).

Rastrillos hileradores

El tipo más común es el rastrillo hilerador de dientes

oscilantes. Actualmente las hileradoras sólo operan con la tecnología de rotores, ya que da como resultado hileras sueltas y un gran rendimiento por hectárea. Como se dijo anteriormente, los elementos principales de este tipo de rastrillo son dichos rotores, de los que salen unos largos brazos horizontales (brazo de peines o portapúas) dispuestos radialmente que llevan en su extremidad un pequeño peine con cuatro o seis púas flexibles (Figura 11).

La función de cada uno de los rotores es esencial para la formación de hileras de buena calidad, ya que se encargan de la regulación exacta del brazo de peines. Las púas de los peines se mantienen verticales cuando entran en contacto con el forraje y, una vez que éste ha sido depositado cerca del deflector, el sistema de alzamiento de un juego de levas les obliga a colocarse horizontalmente cuando pasan por encima del cordón ya formado (Figura 11).

El rotor es accionado por la toma de fuerza del tractor a través de un piñón que engrana con una corona giratoria. Esta corona cuenta con

Figura 14.
Rastrillo hilerador:
hileradora de gran
rendimiento de
cuatro rotores.
Fuente: Taarup.



Figura 15.
Rastrillo hilerador:
detalle de la lona
deflectora.
Fuente: Claas.

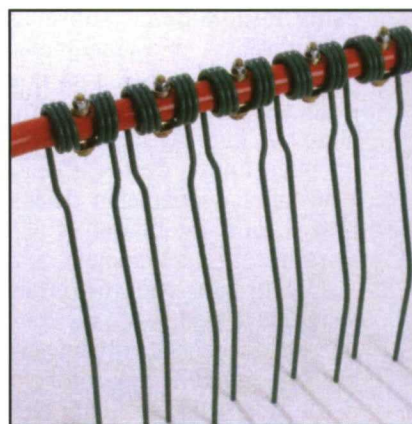


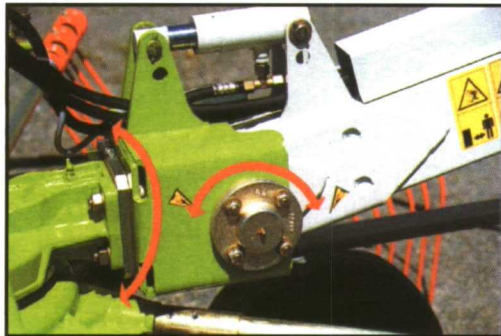
Figura 13.
Rastrillo hilerador:
detalle de peines de
púas dobles.
Fuente: Taarup.

CUADRO I. Principales datos técnicos de los rastrillos empleados en el proceso de henificación: rastrillos volteadores (o henificadores) y rastrillos hileradores.

Datos técnicos	Volteadores	Hileradores
Anchura de trabajo (m)	2,50-12,70	2,80-15
Anchura de transporte (m)	2,20-3,35	1,20-3,00
Peso aproximado (kg)	165-1.620	250-5.600
Anchura de cordón (m)	---	0,90-2,30 [12,5 y 19,40]
Diámetro del rotor (m)	---	2,40-3,85
Número de rotores	4-6-8-10	1-2-3-4
Número de brazos por rotor	5-6-7	4-8-9-10-11-12-13-15
Número de púas por brazo	2	3-4-5
Longitud de las púas (mm)	---	560
Régimen de la t.d.f. (r.p.m.)	540 y 1.000	540

Fuente: Catálogos comerciales de distintas casas.

Figura 16.
Rastrillo hilerador:
libertad de giro
de los rotores.
Fuente: Claas.



sólidos cojinetes y ejes propulsores que permiten un alto grado de soporte y reducen las cargas por fricción en el grupo de levas. Un eje central transmite el movimiento a la vía de leva que gracias a su forma plana esferoidal y gran diámetro asegura la correcta posición de los rodillos, así como un funcionamiento suave de la máquina (Figura 12). Las vías de levas suelen ser ajustables para optimizar la formación del cordón adaptándolo a los distintos tipos de cultivos forrajeros. En la parte inferior del rotor existe una manivela o palanca que permite modificar el trayecto de la leva y, con ello, la dirección de las púas de forma sencilla y cómoda. Los rodillos son unas guías de acero endurecido que se deslizan continuamente sobre la leva gracias a unos rodamientos de bola. En este caso dos cojinetes en un alojamiento de aluminio fundido garantizarán un buen apoyo de los brazos. Una amplia separación de los brazos dará estabilidad y aliviará la carga del cojinete.

Los brazos que sustentan los peines pueden ser de conducción tangencial o bitangencial y su número por rotor va desde sólo 4 hasta 15. Un ele-



Figura 17.
Rastrillo hilerador:
elevación de los rotores.
Fuente: Claas.

vado número de brazos favorece un rastrillado óptimo incluso a bajos regímenes de rotación y elevada velocidad de avance gracias a la reducida distancia entre brazos.

Los peines están formados por púas largas (Figura 13) cuya disposición, diseño y movimiento son factores que determinan las cualidades de la hilera formada. Cuanto menor sea la distancia entre las púas el rastrillado será más preciso y esmerado.

El ajuste de la altura de trabajo se hace para adaptar el apero a la longitud del rastrojo o a las condiciones variables del terreno. La altura de trabajo se regula por la posición de las ruedas que soportan cada rotor y puede afinarse actuando sobre el tercer punto.

Este ajuste se lleva a cabo mediante un sistema hidráulico controlado desde la cabina del tractor, lo que permite una regulación rápida, o bien, en diseños más sencillos, por medio de una manivela.

En general, la anchura de trabajo es variable, con un ajuste hidráulico (Cuadro I) pudiéndose realizar un buen hilerado sobre anchuras de hasta 15 metros (Figura 14). También es posible encontrar hileradoras con anchura de trabajo fijas. Asimismo, la anchura de hilera puede ser regulada de forma hidráulica. En función del número de rotores y de la distancia entre ellos se dispondrá sobre el terreno un gran cordón central o varios cordones más pequeños. La disposición de un menor número de cordones supone una ventaja para el posterior proceso de recolección del forraje.

Al igual que en los rastrillos volteadores la lona deflectora evita la pérdida innecesaria de forraje (Figura 15). Ésta puede regularse en altura lateralmente a fin de conseguir la formación de un cordón regular.

En el caso de los rastrillos hileradores la flexibilidad y

Figura 18.
Rastrillo hilerador:
detalle de ruedas en eje tándem.
Fuente: Claas.



adaptabilidad al terreno para salvar irregularidades como baches, ondas o pendientes también son aspectos fundamentales para lograr un trabajo óptimo. Esto se consigue con rotores independientes en sus movimientos del chasis principal y dos niveles de giro, tanto a lo largo como a lo ancho del sentido de avance (Figura 16). De esta forma las púas trabajan paralelas al suelo consiguiendo un trabajo de rastrillado limpio incluso a grandes velocidades. En el caso de terrenos con pendiente un bajo centro de gravedad es importante ya que dará estabilidad y seguridad contra los vuelcos.

Para realizar los giros en la parcela los rotores se elevan hasta un tope de forma que quede suficiente altura libre sobre el suelo durante el giro (Figura 17), lo que también es una ventaja cuando se trabaja en pendiente. En el modo de transporte los rotores se elevan por completo y, en algunos modelos, los brazos portapúas



pueden desmontarse reduciendo la altura total.

Los rastrillos hileradores convencionales incorporan ruedas en un eje tándem de tipo pivotante (Figura 18), completamente articulados, que logran una marcha tranquila durante el trabajo y un perfecto seguimiento del perfil del terreno. Están equipados con neumáticos de balón y pueden incorporar amortiguadores de oscilación con el fin de asegurar un seguimiento excelente del perfil del terreno y la flotación perfecta del rastrillo.



Figura 19.
Rastrillo hilerador:
Sistema tándem de cuatro ruedas.
Fuente: Vicon

Figura 20.
Rastrillo hilerador:
posición de transporte de rastrillo
hilerador con brazos desmontables.
Fuente: Pottinger

Algunas casas comerciales incorporan un sistema consistente en un juego de cuatro ruedas por cada rotor (Figura 19) que proporciona grandes ventajas frente a los tándem tradicionales. El aumento del número de ruedas junto con un acoplamiento flexible entre el bastidor principal y los rotores proporciona un óptimo

feria agraria de
santmiquel

52 SALÓN NACIONAL DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA

eurófruit

21 SALÓN INTERNACIONAL DE LA FRUTA

Lleida, del 27 de septiembre
al 1 de octubre de 2006

Fira de Lleida



973 70 50 00

firadelleida.com



1980-2005





Figura 21. Rastrillo volteador: posición de transporte de rastrillo volteador. Fuente: Pottinger.

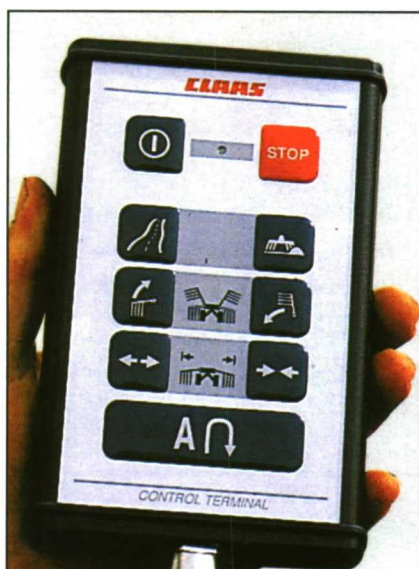


Figura 22. Detalle de mando para control de funciones desde cabina. Fuente: Claas.

seguimiento del contorno del terreno. Además consigue reducir la compactación del suelo de labor y minimiza el deterioro de la capa de hierba.

Para aumentar la maniobrabilidad es frecuente encontrar ruedas adicionales que se mueven independientemente del tractor. Estas ruedas directrices sirven de apoyo y permiten superar dificultades del terreno como rincones o estrechamientos. Las ruedas van situadas próximas a las púas que están trabajando, impidiendo que éstas toquen el suelo y prolongando así su vida útil; en ocasiones van protegidas contra enrollamiento.

El Cuadro I muestra las características técnicas más representativas de los rastrillos volteadores (o henificadores) así como de los rastrillos hileradores. Para las características más variables se presentan úni-

CUADRO II. Rastrillos inscritos en el año 2005 por marcas comerciales.

Marca	Rastrillos inscritos
Aba Group	2
Acma	11
Anibal	1
Ausama	5
Bagues	3
B.M.	1
Ceccato	3
Cimac	5
Claas	27
Corma	1
Da Ros	3
Daros	4
Deutz-Fahr	4
Doblas	18
Fella	18
Fernández	3
Ferro	2
Fiorini	1
John Deere	2
Krone	5
Kuhn	37
Kverneland	1
Kverneland Taarup	3
Mesolpa	11
Miva	2
Morellato	1
MUR	16
Nadal	1
Niemeyer	8
Noli	1
Pottinger	24
PZ	1
SIP	1
Siltrex	1
Vicon	13
Zaga	1
Ziegler	1
TOTAL	242

Fuente: Rastrillos inscritos en el año 2005 por marcas comerciales.

camente los valores mínimos y máximos correspondientes al rango ofertado por las principales casas comerciales.

Sólo algunas marcas ofrecen un modelo de rastrillo capaz de alternar ambas funciones, volteado e hilerado, según la labor requerida. Para ello, cada rotor porta una palanca que permite invertir su sentido de giro y cambia el ángulo de inclinación de la máquina. Su diseño es común al de los equipos de función especializada, en el que los rotores soportados por ruedas superbalón van montados en un bastidor.

Por último, debe prestarse especial atención a los aspectos relacionados con el transporte, tanto de los rastrillos

volteadores como hileradores, ya que presentan una gran influencia en lo que concierne a la seguridad. Algunos de los modelos más sencillos, con pequeña anchura de trabajo, pueden ser transportados suspendidos y permiten extraer los brazos portapúas (Figura 20) que se colocan de forma que la anchura de transporte se reduce significativamente. En equipos de mayores dimensiones unas ruedas de transporte de gran tamaño facilitarán su traslado. En este caso la estructura debe plegarse, siendo conveniente que quede una unidad compacta que se pueda llevar cerca del tractor (Figura 21).

Manejo inteligente y confortable

La tendencia de los últimos años va orientada hacia la monitorización y control total de los elementos del equipo desde la cabina del tractor, con lo que se consigue un manejo inteligente y más confortable de la labor. Este manejo debe ser además sencillo, por lo que se incorporan mandos de fácil uso con representaciones gráficas de las funciones controladas por las distintas teclas (Figura 22).

Estas funciones incluyen el ajuste de la anchura de trabajo y de la hilera, el ajuste de la altura de elevación de los rotores, la selección de los rotores y del momento de su elevación, la colocación de la lona desviadora o el paso de la posición de transporte a la posición de trabajo (y viceversa). El control de estas funciones exige de los modelos comerciales que el accionamiento de los elementos implicados sea de tipo hidráulico. Cuando el mando se ejecuta a través de un terminal Isobus es posible, además, llevar a cabo la vigilancia de los datos del equipo con un registro y edición eficaces de datos.

Como nota orientativa se incluye en el Cuadro II el número de rastrillos inscritos en el año 2005 ordenados por marcas comerciales. ●

Bibliografía en poder de la redacción a disposición de los lectores interesados.