



Curso de Maquinaria Agrícola

Capítulo 07.1-

Maquinaria para la recolección de forrajes

Parte 3.- Picado y ensilado

**Prof. Luis Márquez
Dr. Ing. Agrónomo**

Este capítulo incluye cuatro partes





Maquinaria para la recogida y el manejo de los forrajes

- **La conservación del forraje y las cadenas de recolección.**
- **Maquinaria para la siega y el acondicionado.**
- **Maquinaria para la recogida, el empacado y el transporte.**
- **Maquinaria para el picado y el ensilado.**
- **Distribución del forraje**



Formas de conservar el forraje

Estado:

- “seco”  heno (80% m.s.)
- “húmedo”  ensilado (40% m.s.)

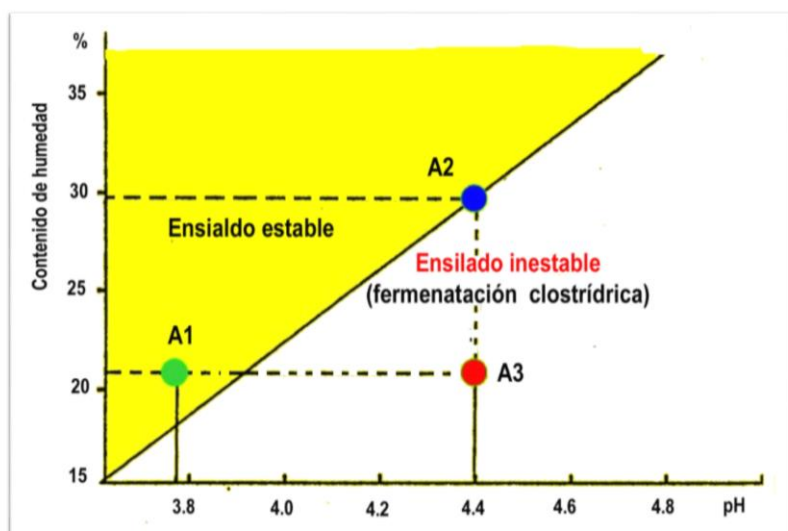
Ensilado:

- alimentación en periodo desfavorable
- forrajes no henificables (maíz)
- menores pérdidas en condiciones desfavorables
- diversificación y ocupación de la mano de obra

Alternativas para decidir entre el henificado y el ensilado



Estabilidad del forraje ensilado



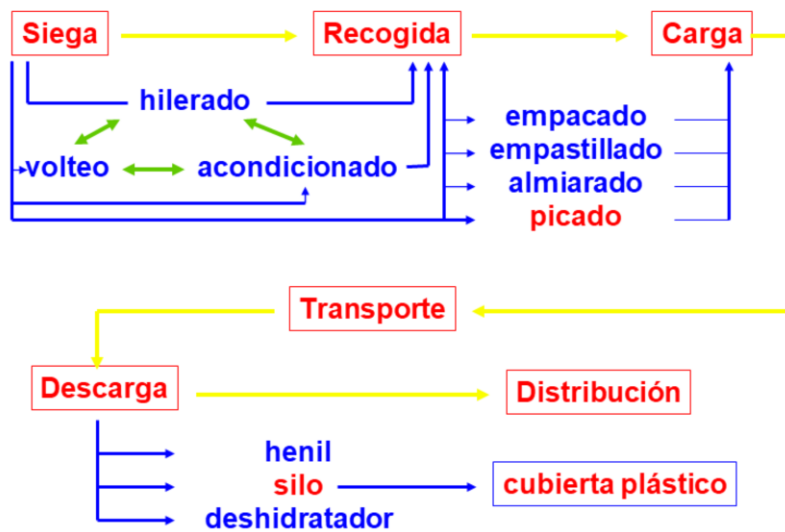
Se trata de impedir la respiración del forraje cortado, siguiendo la cadena húmeda (ensilado), retirando el forraje del contacto con el oxígeno atmosférico. Esta ha sido la técnica que tradicionalmente se aplica a forrajes no henificables, como el maíz, pero que también, en determinadas circunstancias, se puede utilizar con otras especies forrajeras. El ensilado, además, transforma algunas de las materias presentes en la hierba para que sean aprovechables por el ganado.

Se recomienda un contenido de materia seca próximo al 40%, para que las fermentaciones de la hierba se realicen de manera favorable. El contenido de materia seca y el grado de acidez de la hierba (el pH) son los que condicionan la calidad del ensilado.

Para eliminar el contacto del oxígeno del aire con la hierba conviene protegerla con una película aislante (microsilos), o bien realizar un picado preciso para poder compactarla en silos de gran tamaño. A veces, para ensilar determinadas especies vegetales, hay que añadir "materia seca" (granos molidos o melazas) o bien productos químicos acidificantes, o hacer lo que se conoce como un pre-henificado (secado previo a la entrada de la hierba en el silo).



Cadenas de recolección



La cadena de recolección es el conjunto de operaciones y máquinas que hay que utilizar desde la siega hasta que se alcanza un sistema estable de conservación. Las máquinas que interviene en la cadena pueden ser diferentes según se vaya a obtener heno, silo o sólo forraje "en verde", aunque cada vez es más frecuente que algunas de ellas se puedan utilizar en una u otra cadena, especialmente para el ensilado de grandes pacas.

En la cadena de recolección para la producción de ensilado se debe incluir una máquina para el picado, que puede ser móvil y que trabajará recorriendo el campo, o también estacionaria, montada junto al silo, y allí recibirá toda la hierba que se utilice para cargar éste.



Terminología y clasificación de las picadoras de forraje móviles

- **Picadoras de mayales** (siega y picado simultaneo).
- **Picadoras de cuchilla y contra-cuchilla** (sistema de siega independiente del picado) también denominadas de corte exacto.
 - **Picadoras de volante** (corte paralelo al eje de giro del picador).
 - **Picadoras de tambor** (corte perpendicular al eje de giro del picador).

Las picadoras móviles se desplazan por el campo realizando el picado junto con la carga del forraje

Las picadoras de cilindro pueden agruparse en dos categorías:

Cilindro de expulsión directa, o cilindro picador-lanzador.

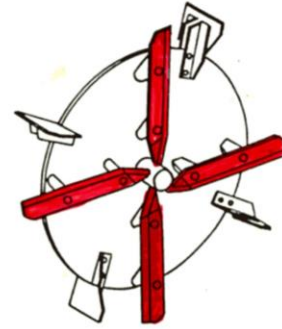
Cilindro, exclusivamente picador, que se complementa con un soplante o lanzador



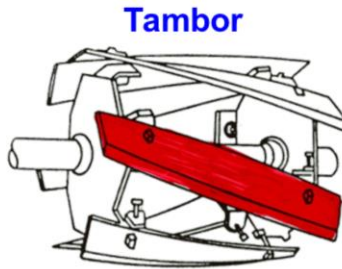
Tipos de picadoras



Mayales



Volante



Tambor

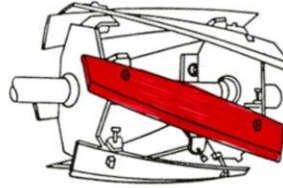
Con las picadoras de mayales el picado se realiza simultáneamente con la siega.



Picado corto: precisión

Cilindro: picado más preciso

Volante: mayor capacidad de elevación (lanzadores)





Picadora cargadora de volante



detalle de las cuchillas



transmisión a los sistemas de corte y alimentación

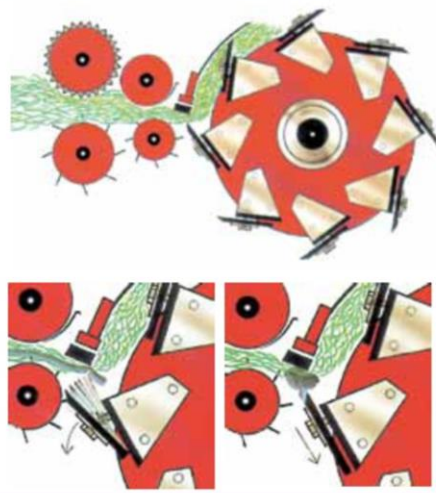
El cilindro que soporta y acciona las cuchillas, es un cilindro de gran diámetro y pequeña longitud, que técnicamente se designa como volante. Las cuchillas, en número de 4 a 6, no siguen exactamente los radios, sino que tienen una ligera inclinación respecto a los mismos para que el corte pueda ser progresivo, actuando en cada momento un punto de la cuchilla y contra-cuchilla como elemento cortador, al igual que sucede en una tijera.



Picadora de tambor



Detalle del tambor picador y dispositivo de seguridad frente a la entrada de piedras



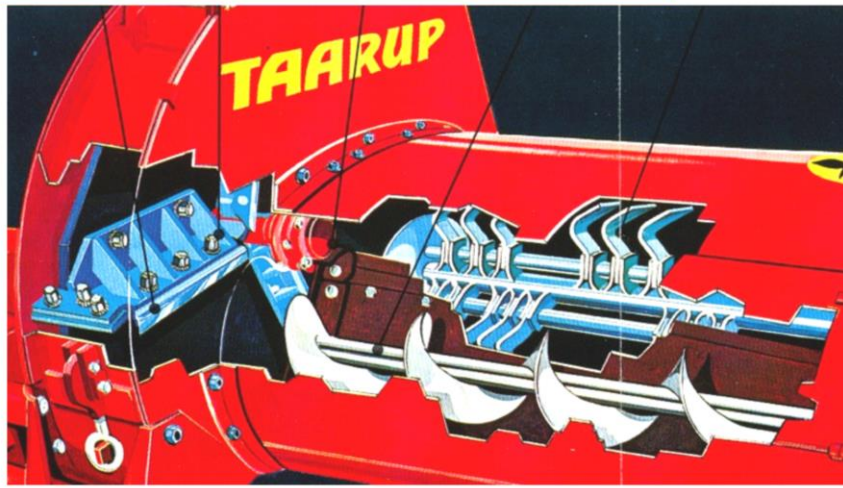
El número de cuchillas que se pueden colocar en la superficie de un cilindro depende del diámetro del mismo. En la picadora de cilindro de menos de 450 mm de diámetro este número no supera a 6. Para más de 600 milímetros de diámetro pueden utilizarse 8 ó 9 cuchillas. La inclinación de las cuchillas respecto al eje del cilindro está entre 8 y 20 grados, para disminuir las puntas de potencia necesaria en el corte y facilitar el flujo del material.

Con la cuchilla paralela al eje, el corte se realizará al golpe, mientras que al inclinarlas el punto de corte se desplaza progresivamente a lo largo del cilindro. En el primero requiere mayor energía y el proceso es discontinuo.



Siega y picado con mayales (doble corte)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Es posible realizar un picado utilizando una segadora rotativa, de las denominadas de eje horizontal (mayales). La base del picado-corte es un rotor de eje horizontal dotado de mayales, o cuchillas articuladas, junto al eje y que permanecen perpendicularmente al mismo por la fuerza centrífuga generada en la rotación. Estas cuchillas son diferentes según lo que se pretenda lograr. Cuando simultáneamente a la siega se desea picar y lanzar el forraje hasta el remolque se utilizan cuchillas curvadas que se adaptan bien a esta doble función.

La potencia que absorben es superior a las de las otras picadoras, y sólo son adecuadas para el suministro de forraje en verde y cuando el tamaño de picado no es crítico. Es frecuente la contaminación del forraje con tierra, aspecto que es menos significativo cuando la máquina incorpora lanzadores de paletas.

Se pueden aplicar varios sistemas de picado en la misma máquina (doble corte). El sistema de picado por volante ofrece mayor capacidad de lanzamiento para la carga del forraje picado.



Picadora-cargadora autopropulsada (Cosechadora de forraje)

- 1) Conjunto de alimentación.
- 2) Cilindros de prensado.
- 3) Detector de metales (magnético).
- 4) Protector de seguridad frente a sobrecargas.
- 5) Caja de cambios para ajuste de la longitud de corte, con inversor.
- 6) Contracuchilla.
- 7) Dispositivo para el ajuste de la contracuchilla.
- 8) Tambor picador con cuchillas en V.
- 9) Afilado automático de las cuchillas.
- 10) Transmisión de potencia al picador.
- 11) Cilindros aplastadores para maíz.
- 12) Lanzador.
- 13) Sistema de refrigeración del motor.
- 14) Motor.
- 15) Embrague.
- 16) Accionamiento directo del sistema hidráulico.
- 17) Depósito de combustible.
- 18) Transmisión para las ruedas traseras matrices.
- 18) Piloto automático.
- 20) Brazo de descarga con control hidráulico.
- 21) Seguro de arranque.
- 22), 23) y 24) Información y controles del operador.
- 25) Asiento para acompañante.
- 26) Cabina.

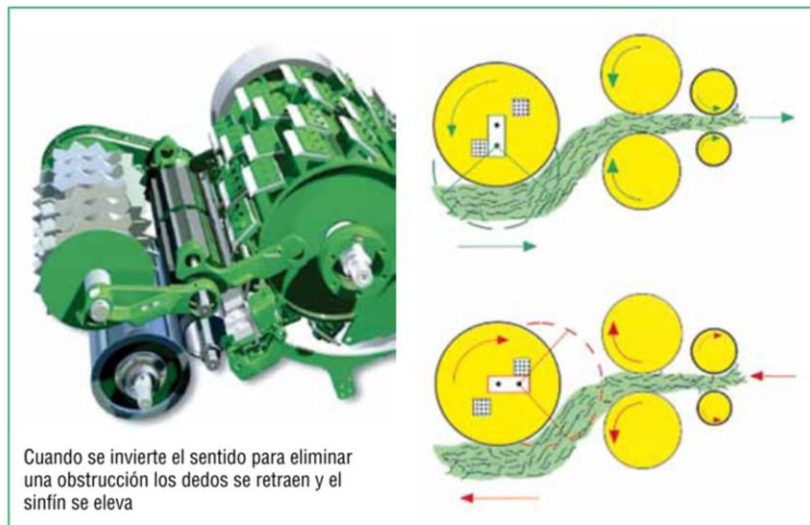


Máquinas autopropulsadas que realizan la siega, el picado y la carga del forraje, por lo que reciben la denominación de cosechadoras de forraje.



Sistema de alimentación del picador

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Cuando se invierte el sentido para eliminar una obstrucción los dedos se retraen y el sinfín se eleva

Al cilindro picador debe llegar una capa uniforme de material que, además, estará sujeta mientras se corta. Estas son las funciones del sistema de alimentación, que suele estar formado por rodillos, que actúan por pares y que arrastran la hierba de manera uniforme hasta que se pone en contacto con el picador.

Es posible, mediante el cambio de engranajes, modificar la velocidad de impulsión del forraje a través del alimentador, así como la inversión del conjunto para eliminar las obstrucciones por sobrecarga del dispositivo picador. La velocidad de avance en relación con la separación entre cuchillas condiciona la longitud teórica de picado.

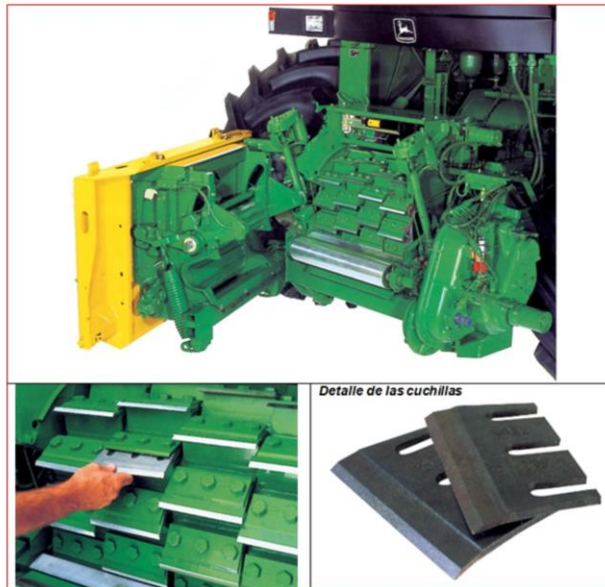
En el sistema de alimentación se sitúa el detector de elementos metálicos y de piedras, con capacidad para invertir el sentido de forraje cuando llega, junto con el forraje, elementos que pueden dañar el sistema de picado.

En las máquinas autopropulsadas se ofrece un sistema de transmisión que puede variar la velocidad de manera continua, con lo que la longitud de corte cambia para adaptarse a las necesidades del forraje, y especialmente al contenido de humedad. Si este sistema se asocia a una medida en tiempo real del contenido de humedad de la hierba que se lanza sobre la caja del remolque, una vez picada, se puede automatizar el proceso, optimizando la longitud de corte, lo que permite reducir la demanda de potencia para el proceso de picado



Picador de cilindro con cuchillas independientes

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



La velocidad de una cuchilla condiciona la capacidad de la máquina. El aumento de la velocidad del cilindro aumenta la capacidad, pero disminuye la eficacia por el mayor consumo de energía que esto supone. La energía que consume el cilindro cortador es suma de componentes: energía consumida en el corte, aire movido, aceleración y rozamiento del forraje. La velocidad periférica es el factor que incrementa esta energía en algunos de los componentes con el cuadrado y el cubo de la velocidad.

Mantener el número de cortes por minuto, que garantiza la capacidad de la máquina, se logra más eficientemente utilizando un cilindro que con un volante picador, dado que la velocidad periférica aumenta linealmente con la velocidad de giro y de forma cuadrática con el radio. Las máquinas picadoras de cilindro, de desarrollo más reciente, por su mayor eficiencia, han tenido una amplia difusión. Esto no quiere decir que las picadoras de volante, inicialmente diseñadas como máquinas estacionarias, no sigan utilizándose, sobre todo en el picado de maíz, dado su gran potencial lanzador.



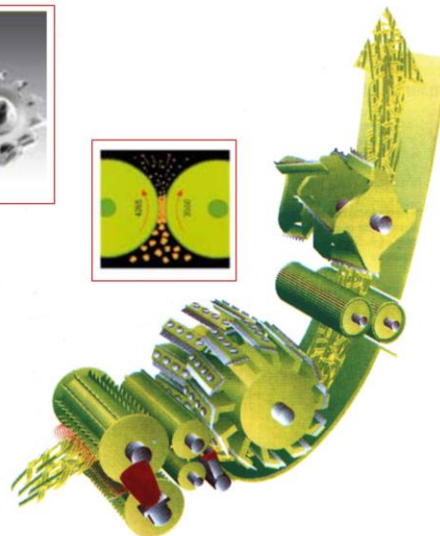
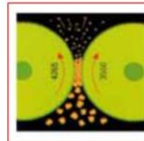
Carga y aplastado del grano



Cambio de posición



Aplastador de discos



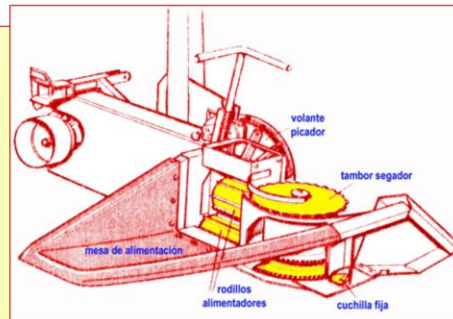
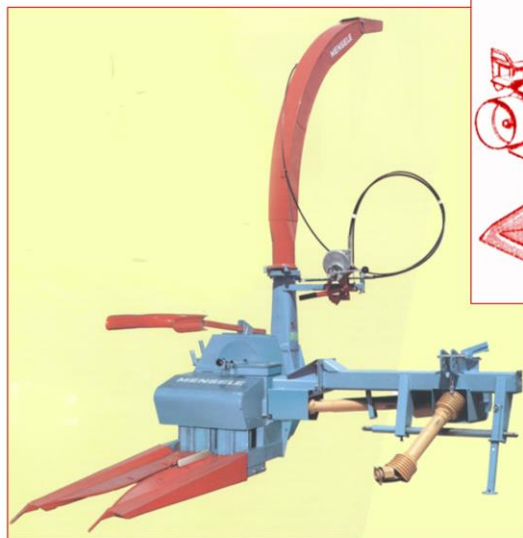
Que el forraje alcance el remolque, llenando completa y uniformemente su caja, supone que la máquina incorpore un soplante o lanzador, que impulsa el forraje picado si el picador no está diseñado para realizar por si mismo la impulsión.

Cuando se cosecha maíz forrajero, conviene utilizar cilindros aplastadores que actúan sobre los granos para que sean mejor aprovechados por el ganado. Estos cilindros se sitúan a la salida del cilindro picador, y pueden regularse para conseguir mayor agresividad. A la salida de los cilindros aplastadores se sitúa un lanzador de paletas, perpendicular al flujo de la hierba, que es el que se encarga de impulsarla por el tubo de descarga hasta el remolque. Hay sistemas que permite la retirada rápida del conjunto de rodillos aplastadores, a la vez que se acorta la longitud del tubo de descarga, lo que facilita el trabajo de las máquinas que cambian frecuentemente de tipo de cosecha.



Picadoras de volante para maíz

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



En los cabezales de maíz forrajero, la caña debe entrar en la picadora desde abajo, por lo que si los alimentadores laterales se sitúan en dos pisos, los inferiores deben avanzar más rápidamente que los que se encuentran en un plano superior. En las máquinas de origen europeo es frecuente encontrar una rueda que mantiene erguida la caña hasta que alcanza el picador de volante, colocado con la alimentación perpendicular de avance, momento en el que queda horizontal por basculamiento hacia atrás.



Capacidad de trabajo

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



La capacidad de trabajo de una picadora tiene unos límites que lo fijan fundamentalmente:

- La capacidad del mecanismo de alimentación.
- La potencia disponible.
- La capacidad del conjunto picador-impulsor.
- La eficiencia en el manejo del material.

La capacidad teórica de la máquina depende del área de la garganta del alimentador, del ritmo del material (velocidad lineal de los alimentadores) y de la densidad del forraje comprimido por los rodillos. Esta capacidad teórica exige una alimentación uniforme que no se produce con la máquina trabajando en campo. Las capacidades reales son el 70% de la teórica para el maíz y del 60% para el heno.

La sección de la garganta puede llegar en las grandes a 1000 centímetros cuadrados. La velocidad de alimentación estará en función del número de cuchillas, de la velocidad de rotación y del tamaño del corte. Aumentar el grado de picado obliga a reducir la capacidad de alimentación.

La capacidad del mecanismo de alimentación puede ser el factor limitante cuando se hacen cortes pequeños en material ligero. Para el maíz y para la longitud de corte habitual (13 mm), la energía disponible puede ser el factor limitante. Esto hace que en las máquinas autopropulsadas utilicen motores que se acercan a los 1000 CV de potencia.



Llenado de los silos con hierba picada



Descarga y compactación



Picador para el llenado de silos torre



Al colocar la hierba en el silo se precisa una compactación intensa que impida la entrada del aire atmosférico después de cerrado. La forma de conseguirlo es mediante el picado preciso del forraje para que se produzca el asentado natural con el mínimo de esfuerzo de compactación. Es por ello por lo que el picado es imprescindible en la cadena de recolección que tiene como fin el ensilado del forraje. Además, dependiendo del tipo de silo utilizado, habrá que considerar el equipo mecánico necesario para desensilar y hacer llegar al ganado su ración alimenticia.



Envolvedora de pacas



Equipo específico

- **Mecanización simplificada**
- **Menores gastos de transporte**
- **Menor coste de las instalaciones**
- **Ensilado con oportunidad**
- **Almacenamiento en el lugar de consumo**
- **Facilidad de distribución**
- **Posibilidades de comercializar el ensilado**
- **Menor consumo de energía (sin picado)**

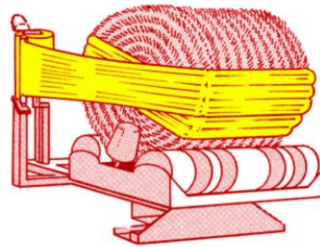
También denominadas encintadoras, permiten aislar el forraje húmedo previamente empacado para producir ensilado.

El encintado ha hecho posible la diversificación del aprovechamiento del forraje, a la vez que se minimizan las pérdidas, inevitables cuando se intenta hacer heno en periodos poco favorables.

Como inconvenientes hay que señalar la necesidad de contar con un equipo especial para envolver las pacas, así como el problema de las pérdidas que pueden aparecer por la presencia de animales que perforan la lámina plástica que cubre las pacas, sin olvidar el coste del plástico.

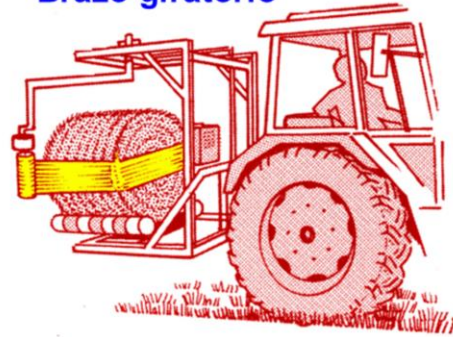


Sistemas de encintado



Mesa giratoria

Brazo giratorio



En las primeras encintadoras, para realizar el proceso, se recurre a una plataforma giratoria en la que se encuentra depositada la paca, o a la utilización de un brazo giratorio con una plataforma fija.

En el primer caso la paca situada sobre la plataforma recibe un doble movimiento de rotación, uno alrededor de su propio eje, gracias a la acción de los rodillos en los que se apoya, y otro solidario al giro de la plataforma alrededor de un eje vertical.

En las envolvedoras de brazo giratorio, dado que la plataforma es fija, se consigue el envolvimiento gracias al giro del rollo de plástico (solidario a un brazo), alrededor de la paca.

El solapamiento del plástico depende de la relación de velocidades de rotación entre los ejes considerados, que se pueden regular de manera independiente. Se considera conveniente un estirado del plástico del 70% para conseguir el cierre hermético de la paca.



Secuencia de operaciones

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Mesa giratoria



En las primeras máquinas encintadoras, tanto de plataforma giratoria como de brazo giratorio, solo se utilizaba un rollo de material plástico, lo que limita la velocidad a la que se puede encintar la paca. Este sistema se ha mantenido en las encintadoras sencillas, pero se ha modificado en otras para aumentar las prestaciones.



Envolvedoras de brazo giratorio y dos bobinas

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Se montan dos rollos de plástico desfasados 180°, para colocar simultáneamente dos capas de plástico. Al pasar el brazo único a ser doble, toma forma de “arco”, lo que da a la máquina una estructura más robusta.



Dos bobinas desplazadas

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Con dos bobinas desplazadas sobre el mismo brazo el encintado se realiza a mayor velocidad y las capas de plástico quedan mejor unidas evitando la entrada de aire con menor consumo de plástico.



Plástico para el encintado



- Preferentemente plásticos de color blanco.
- Tensar la película para que se ajuste a la paca.
- **Recomendación:** plástico de 500 mm de anchura y 25 μm de espesor, estirado al 70% con un solapamiento entre capas del 50%

Para comprobar el grado de tensado de la película de plástico se puede recurrir a colocar dos marcas en el rollo de plástico separadas 10 cm, y verificar la distancia a la que quedan una vez colocado el plástico sobre la paca. Un tensado del 70% hace aumentar esta distancia hasta 17 cm.

También en una paca cilíndrica puede verificarse el grado de tensado midiendo la anchura de la película en la parte plana de la paca. Para una película de 50 cm de anchura los valores medidos deben de estar entre 40 y 42 cm, lo que indica que se ha producido un estirado entre el 80 y el 60%. Si la anchura inicial de la película es de 75 cm los valores estarían ente 60 y 63 cm.



Encintado de grandes pacas prismáticas

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Algunas encintadoras convencionales se modificaron para trabajar sobre grandes pacas prismáticas utilizando película de 750 mm de anchura, aunque hay dificultad para hacerlas girar de manera suave y continua, lo que reduce la calidad del proceso de encintado, especialmente en las esquinas de la paca.

En las modernas encintadoras los cuatro rodillos que hacen girar uniformemente la paca se han situado sobre una plataforma que permite el giro del conjunto con la paca alrededor de un eje vertical, por lo que la bobina de plástico puede ser única y se sitúa sobre un brazo fijo. Según el modelo, se pueden encintar pacas con un peso de 995 o 1200 kg, con unas dimensiones de 80 cm de anchura, 60-100 cm de altura y 180 cm de longitud máxima; incluyen dispositivo de autocarga.



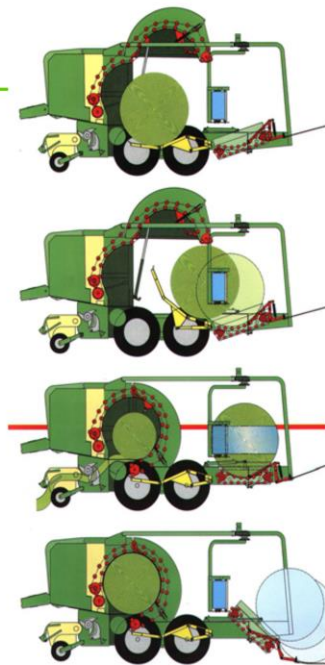
Recomendaciones para ensilar pacas

- **Procesar la hierba asegurando la máxima limpieza.**
- **Procesado de cada paca en menos de 2 horas**
- **Hacer pacas densas con 45 - 50% de materia seca.**
- **Utilizar ácido si el secado es incompleto**
- **Emplear preferentemente película blanca con 2 ó 3 vueltas.**
- **Almacenar en lugar seco y preferentemente en posición “vertical”.**



Encintado sobre la empacadora

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



La conveniencia de encintar las pacas en el menor tiempo posible ha llevado a los fabricantes de rotoempacadoras a ofrecer máquinas combinadas para el empacado y el encintado, apoyando esta última en voladizo sobre la trasera de la rotoempacadora.

De esta forma se consigue que, aunque la longitud total de la rotoempacadora aumente en unos dos metros, no se pierda maniobrabilidad de la máquina, que se apoya en las dos ruedas de la rotoempacadora y en el enganche de un punto sobre el tractor.

Para que el tiempo de encintado sea lo menor posible, siempre utilizan la doble bobina; así no se tiene que interrumpir la recogida y empacado de la hierba. En estos casos las rotoempacadoras recurren al atado con red para minimizar los tiempos de operación



Encintado sobre los costados (3D)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Una innovación significativa en las máquinas combinadas para el empacado-encintado simultáneo, es el sistema 3D de Kverneland, en el que las bobinas durante una parte del encintado giran 90° respecto a su eje para reforzar los bordes de la paca cilíndrica, que son los más críticos para su conservación en el sistema de encintado tradicional.



Empacadora - envolvedora

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



La puesta en el mercado del modelo de empacadora-encintadora “Bio” de Taarup (ahora Kuhn) marcó el camino hacia unas máquinas compactas que realizan el encintado en la misma cámara de empacado. Para ello la rotoempacadora de cámara fija utiliza rodillos y los laterales de la cámara se desplazan hacia arriba con el cuerpo superior de la máquina cuando se ha finalizado el proceso de formación de la paca.

La paca atada con la malla queda libre para que actúen las dos bobinas de encintado situadas sobre un aro dentado que rodea la paca. Los rodillos de la parte baja de la cámara de la rotoempacadora giran simultáneamente, al igual que sucede en la encintadora convencional. Una vez finalizado el proceso de encintado el aro que contiene las bobinas gira hacia arriba dejando la paca libre que cae al suelo. El tiempo del proceso de encintado de la paca es inferior a 20 segundos.



Empacadora-encintadora compacta (descarga por basculamiento)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Otra solución técnica que permite reducir la longitud de la empacadora-encintadora es la desarrollada por McHale. En su rotoempacadora, de cámara fija con rodillos, la salida de la paca formada se produce al bascular el fondo de la cámara para que caiga sobre la mesa de encintado. La paca queda apoyada en dos rodillos que permiten el giro de la paca, con lo que el encintado se realiza con dos bobinas situadas sobre un aro vertical.



Atado con cinta plástica

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Se sustituye la red por cinta plástica, lo que hace que aumente la densidad de la paca y su aislamiento de la atmósfera.



Encintadoras continuas de pacas agrupadas

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Hace algunos años que se inició la comercialización de encintadoras continuas de pacas agrupadas, aunque limitada al mercado centroeuropeo. Para pacas colocadas en línea se utiliza un sistema de plataforma, sobre la que se depositan las pacas, alrededor de la cual gira el brazo que lleva los rollos de plástico. El recubrimiento depende de la relación de velocidades de rotación del brazo y del desplazamiento de la plataforma.

Con este procedimiento, al no ser necesario envolver todas las caras de las pacas, se consigue un ahorro de plástico, respecto a las envolvedoras individuales, de un 30 a un 45%. Se han diseñado como máquinas arrastradas, que poseen un motor independiente (de 7-11 kW), capaces de envolver pacas cilíndricas de hasta 1.6 metros de diámetro.



Embolsado de hierba picada

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Para realizar este proceso se utilizan máquinas “embolsadoras” parecidas a las ensiladoras que se utilizan para alimentar los silos torre, en las que los elementos de lanzamiento del forraje en altura se han eliminado. Se mantiene la mesa de recogida, sobre la que descarga los vehículos que transportan el forraje desde el campo, y un sistema de alimentación forzada que puede incluir cuchillas de picado, que hace pasar el forraje a un tubular de plástico de grandes dimensiones, que va aumentando de longitud a la vez que la máquina ensiladora se desplaza en sentido opuesto al de formación del silo. El forraje queda comprimido en el interior del tubo y aislado del aire.



Embolsado de grandes pacas



Otra alternativa menos difundida es el embolsado de pacas de gran tamaño, tanto cilíndricas como prismáticas, utilizando bolsas tubulares con un diámetro apropiado para las dimensiones de las pacas, Estos tubos se instalan en la embolsadora, que los estira para aumentar su diámetro y las pacas se sitúan progresivamente en el interior. Al desplazarse la máquina hacia atrás la bolsa tubular se ajusta a la paca. Al final, se cierra la bolsa para que las pacas en su interior queden aisladas del aire.



Curso de Maquinaria Agrícola

Capítulo 07.1-

Maquinaria para la recolección de forrajes

Parte 3.- Picado y ensilado

**Prof. Luis Márquez
Dr. Ing. Agrónomo**

Este capítulo incluye cuatro partes