

# RECOLECCIÓN MECANIZADA DE LOS FORRAJES

## LAS ROTOEMPACADORAS



LUIS MÁRQUEZ

Estas máquinas han sido la respuesta de la técnica a unas condiciones agrícolas diferentes, en las que la mano de obra ha de reducirse de manera considerable, aunque la forma de paquete cilíndrico sea más difícil de transportar que la paca pequeña de forma prismática.

### Componentes

#### La cámara de empaçado

En estas máquinas el proceso de empaçado se realiza

en un cámara cilíndrica colocada con el eje en sentido transversal a la dirección de avance de la máquina. La alimentación se realiza tangencialmente a la cámara, manteniéndose el forraje en rotación en el interior hasta que el llenado de la misma es completo y el material almacenado alcanza una densidad suficiente. Una vez finalizada la formación, y después de atada la paca, se abre la cámara de manera que ésta cae al suelo.

Con independencia del sistema empleado para que se mantenga la rotación de la paca en formación, en relación con las características constructivas

de la cámara se pueden establecer tres grupos:

- Cámara de diámetro variable, creciente a medida que se introduce el forraje, con lo que la presión de formación de la paca se mantiene constante durante todo el ciclo.
- Cámara de diámetro fijo, por lo que la presión de empaçado aumenta desde el momento en que se ha llenado la cámara hasta que la presión alcanza el nivel deseado.
- Cámara de diámetro fijo-variable en las que en la primera parte del llenado se hace sobre un cilindro de pequeño diámetro, de manera que cuando se completa su llenado la

FIGURA 1.- ROTOEMPACADORA DE CÁMARA FIJA CON RODILLOS

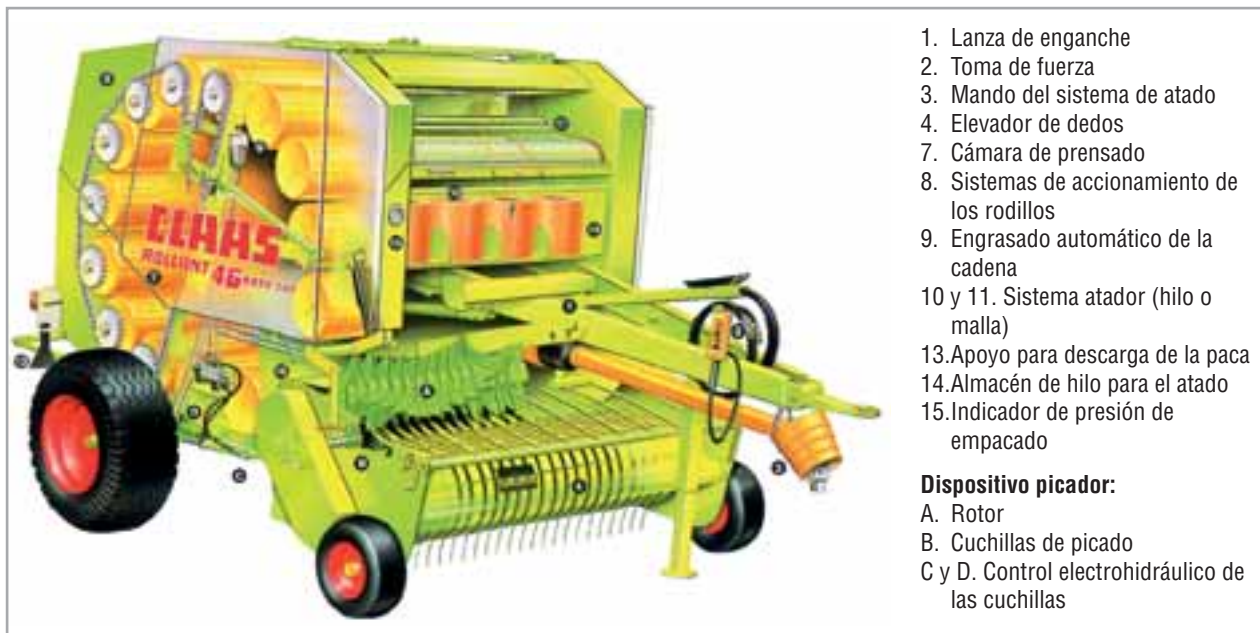
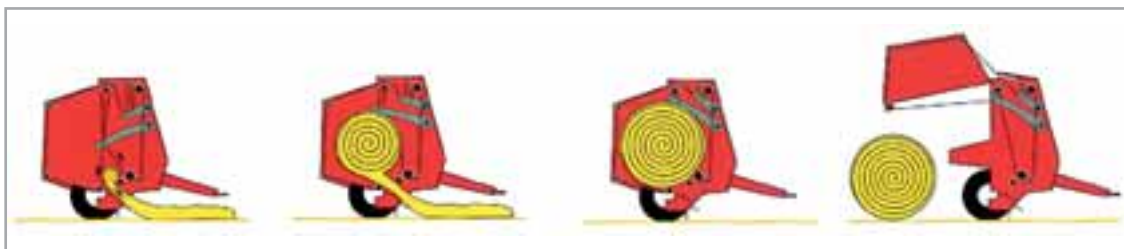


FIGURA 2a.- PROCESO DE FORMACIÓN DE LA PACA CON CÁMARA FIJA



FIGURA 2b.- PROCESO DE FORMACIÓN DE LA PACA CON CÁMARA VARIABLE



cámara aumenta como en la máquina de cámara variable.

Comparando los resultados de empacado conseguidos con los diferentes tipos de cámara se observa que las de cámara variable son las que dan mayor uniformidad de compresión del forraje, quedando el interior de la paca como una alfombra enrollada, mientras en las de cámara fija la compactación es muy superior en las capas superficiales y el interior queda

arrugado formando una estrella. Sin embargo los mecanismos que se precisan para construir una cámara variable son más complejos y en su conjunto son máquinas de manejo más delicado que las de cámara fija, por lo que ambos sistemas mantienen un cierto equilibrio en el mercado.

Las de cámara fija-variable, de más reciente diseño, buscan mantener este equilibrio de uniformidad y robustez, adaptándo-

se a las necesidades de distintos tipos de usuarios.

En su origen, las empacadoras de cámara variable son de procedencia americana y diseñadas específicamente para trabajar con hierba seca (heno), mientras que las de cámara fija son de procedencia europea, y diseñadas para trabajar también con hierba húmeda (silo). En la actualidad ambos sistemas admiten diferentes contenidos de humedad en el forraje empaca-

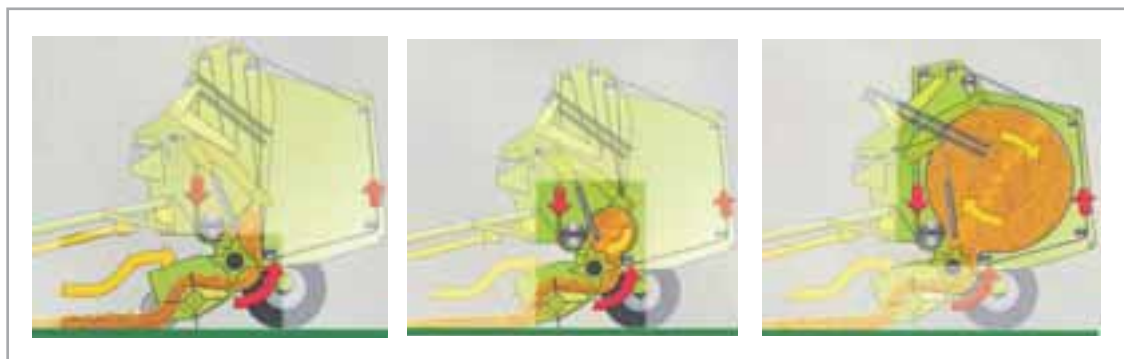
FIGURA 3.- PACA CILÍNDRICA FORMADA EN UNA ROTOEMPACADORA DE CÁMARA FIJA (SE APRECIA LA FORMACIÓN DE LA 'ESTRELLA' EN EL CENTRO DE LA PACA)



FIGURA 4.- PACAS CILÍNDRICAS DE DIFERENTE DIMENSIÓN FORMADAS EN UNA EMPACADORA DE CÁMARA VARIABLE



FIGURA 5.- PROCESO DE FORMACIÓN DE LA PACA CON CÁMARA VARIABLE CON NÚCLEO BLANDO (CLAAS VARIANT 280)



do, pudiendo utilizarse para heno o para silo con su posterior encintado.

El proceso de formación de la paca en las rotoempacadoras de cámara variable inicialmente se diseñó para utilizar bandas de goma. Para aumentar la robustez del sistema, algunos fabricantes sustituyen las bandas de goma por cadenas con travesaños. También las bandas de goma se modifican aumentando su anchura y combinándolas con rodillo fijos.

En todas las rotoempacadoras de cámara variable se utilizan brazos tensores unidos a uno o varios rodillos que guían las bandas que rodean la paca. Estos brazos van unidos a unos resortes que les obligan a tomar

una posición que reduce el tamaño de la cámara de empacado al mínimo. A medida que el material llega a la cámara, esta aumenta de tamaño venciendo la resistencia de los resortes hasta que alcanza su diámetro máximo.

En las rotoempacadoras de cámara fija, junto con los rodillos, se utilizan cadenas con travesaños que rodean la cámara. Asimismo, en algunos casos una parte de los rodillos de las rotoempacadoras de cámara fija pueden bascular hacia dentro, con lo que se produce una ligera compresión del forraje en las primeras fase de la formación de la paca.

En otros modelos se combinan rodillos y cadenas o ban-

FIGURA 6.- ROTOEMPACADORA DE CÁMARA VARIABLE CON CORREAS DE GOMA



FIGURA 8.- ROTOEMPACADORA DE CÁMARA VARIABLE MEDIANTE CADENA DE BARRAS



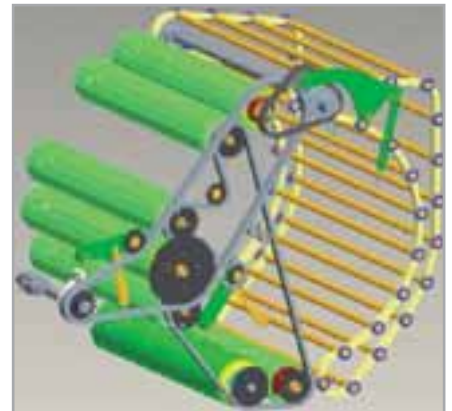
FIGURA 9.- ROTOEMPACADORA DE CÁMARA FIJA MEDIANTE CADENA DE BARRAS



FIGURA 10.- ROTOEMPACADORA DE CÁMARA SEMI-FIJA CON TRES RODILLOS ARTICULADOS PARA REDUCIR EL TAMAÑO DE LA CÁMARA EN EL INICIO DE LA FORMACIÓN DE LA PACA



FIGURA 7.- SISTEMA COMBINADO DE RODILLOS Y CADENAS EN UNA ROTOEMPACADORA DE CÁMARA FIJA



**Sistema combinado de rodillos y cadenas en una rotoempacadora de cámara fija.**

das de goma, con el objetivo de mejorar la rotación de la paca cuando se trabaja con hierba húmeda. También se utilizan bandas de goma de gran anchura y se diseñan sistemas que minimizan el tiempo necesario para la expulsión de la paca una vez realizado el atado.

#### **Sistemas de atado y descarga de la paca**

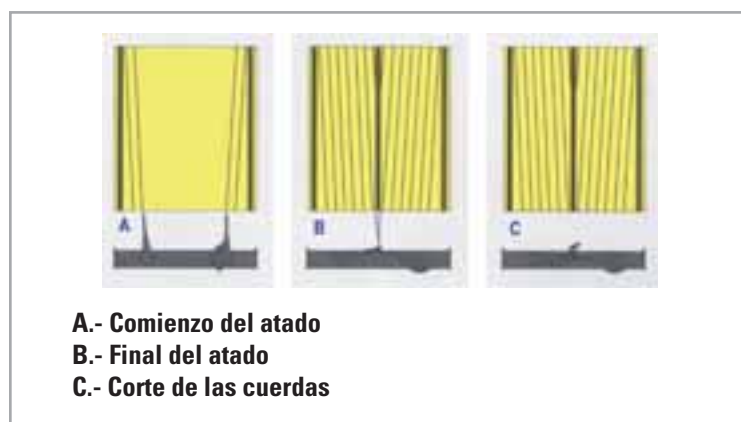
Otro punto diferencial en este tipo de máquinas es la forma en la que se desarrolla el proceso de atado. Inicialmente se utiliza un alimentador que introduce el hilo por la parte delantera de la paca, una vez detenido el avance de la máquina por estar la paca formada. Este alimentador se desplaza e un lado a otro de la paca a medida que se enrolla el hilo sobre la misma, hasta que da un número de vueltas suficiente (entre 14 y 22) para que quede retenido el material que la forma. El sistema dispone de una cuchilla que corta el hilo una vez que finaliza el atado de la paca.

Actualmente se prefiere introducir dos hilos independientes y los dispositivos de

FIGURA 11.- ROTOEMPACADORA DE CÁMARA SEMI-VARIABLE CON LIMITACIÓN MEDIANTE TOPE DEL DIÁMETRO MÁXIMO DE LA PACAS



FIGURA 13.- ATADO CON CUERDA DE LOS BORDES AL CENTRO DE LA PACA CON SOLAPAMIENTO EN EL CENTRO



- A.- Comienzo del atado**  
**B.- Final del atado**  
**C.- Corte de las cuerdas**

alimentación se mueven desde el centro hacia cada uno de los lados o desde los lados al centro. Esto permite reducir el tiempo de atado a la mitad para aumentar la capacidad de trabajo, ya que mientras que se realiza el atado la empacadora permanece detenida.

Posteriormente se ha introducido el atado mediante malla o red, con el que solo se necesitan de 1.5 a 2.0 vueltas de la red que sustituye a la cuerda.

En algunos modelos se utiliza un dispositivo que hace que la red alcance la zona plana de la paca, reforzando el borde de la misma. El corte una vez envuelta la paca se realiza con un mecanismo de tipo cuchilla que cubre toda la anchura de la red. En las máquinas que disponen de sistema de atado por red también se suele incorporar el sistema de atado con hilo, para poder utilizar uno u otro sistema indistintamente.

FIGURA 12.- ENTRADA DEL HILO O DE LA RED PARA EL ATADO



Para la descarga de la paca se necesita que se abra la cámara en la que se ha formado. Generalmente la apertura se realiza al girar una parte de la cámara hacia arriba, aunque hay modelos en los que se la paca se descarga por la parte inferior. En algunas rotoempacadoras las paredes laterales de la cámara de compresión son giratorias, con lo que se elimina la fricción en el giro. La apertura y el cierre de la compuerta de descarga se controla mediante unos cilindros hidráulicos situado a ambos lados. La presión sobre la compuerta sirven de referencia para informar al conductor de la densidad del forraje en la cámara de empacado, y esto se puede detectar por la presión del aceite en el interior de los cilindros en la posición de retraídos.

Cuando la rotoempacadora se asocia a una envolvedora, la apertura de la paca está condicionada por la posición de la mesa en la que se realiza la colocación del plástico sobre la paca.

### Sistema de alimentación

El sistema de alimentación es similar al que se utiliza en las empacadoras convencionales. Disponen de un recogedor de dedos (pic-up) que se sitúa centrado y por delante de la cámara de compresión. Generalmente

FIGURA 14.- SISTEMA DE APERTURA RÁPIDA DE LA CÁMARA CON LATERALES MÓVILES



FIGURA 15.- ATADO CON HILO Y DOBLE ENTRADA



FIGURA 16.- ATADO CON RED



FIGURA 17.- GUIADO DE LOS HILOS EN EL ATADOR



es de mayor anchura que la de la cámara de empacado. Es frecuente que entre el recogedor y la cámara de empacado se sitúe un rotor que se puede combinar con chillas fijas o retráctiles, en número variable, que producen el picado del material recogido.

La anchura del recogedor debe ser suficiente para que la cámara de empacado se llene en toda su anchura, ya que si

no se producen pacas con forma de tonel. Para evitar que los laterales de la cámara de empacado reciban menos material que en la parte central, como consecuencia de una reducida anchura del baraño sobre el que se trabaja, se recomienda un desplazamiento en zig-zag sobre el cordón. Algunos fabricantes montan dispositivos electrónicos para el control de

la presión de empaqueo a ambos lados de la cámara, que advierten al operador del problema antes de que se produzcan resultados indeseables.

Algunos modelos de rotoempacadoras se han diseñado alargando el canal de alimentación con el objetivo de acumular material mientras se realiza el atado y la expulsión de la paca, lo que permite mantener el avance de la máquina. En algún caso se desarrollaron modelos que en los que la alimentación de la cámara de empaqueo se hace desde arriba, lo cual permite dar entrada al forraje mientras se descarga la paca; en la actualidad ha dejado de comercializarse.

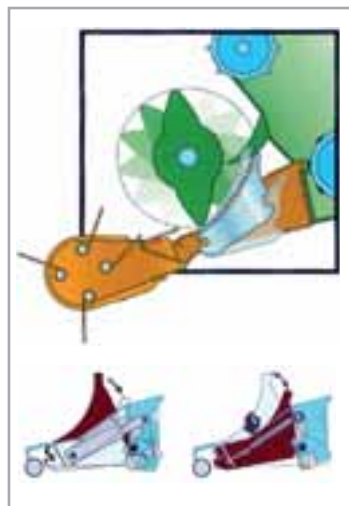
Más recientemente se ofrecen modelos en los que el canal de alimentación dispone de cintas transportadoras en las partes superior e inferior

FIGURA 18.- ALIMENTADOR ROTATIVO Y CUCHILLAS DE PICADO



que ayudan en la alimentación de la cámara. En el momento en el que se inicia el atado se interrumpe el movimiento de las cintas transportadoras, y el material recogido se acumula en esta pre-cámara, lo que permite que la empacadora no detenga su avance mientras se realiza el atado y

FIGURA 19.- ALIMENTACIÓN FORZADA CON CUCHILLAS RETRÁCTILES



la expulsión de la paca. Además, ayuda a aumentar la densidad de la paca al forzar la alimentación en el proceso de empaqueo.

FIGURA 20.- RECOGEDOR DE DEDOS CON DESPLAZAMIENTO DEL FORRAJE PARA CENTRARLO EN EL ALIMENTADOR DE LA CÁMARA DE EMPACADO

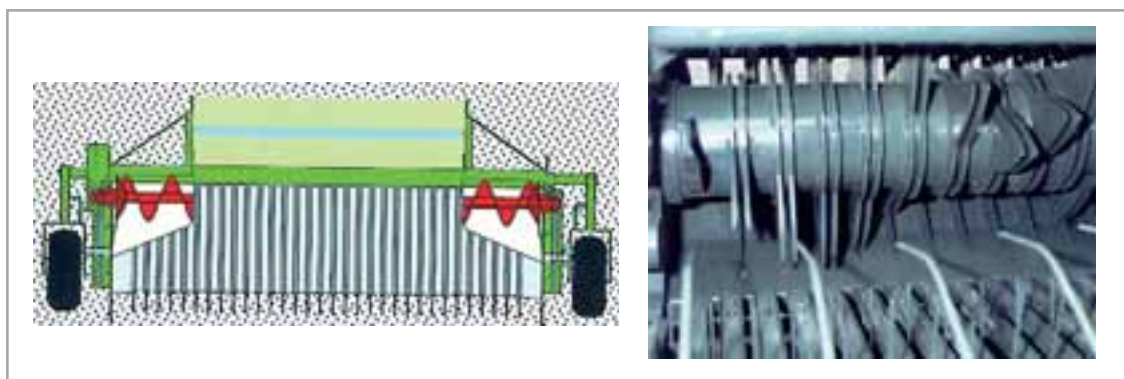


FIGURA 21.- EMPACADORA DE CÁMARA VARIABLE CON CUCHILLAS DE PICADO RETRÁCTILES PARA LA CAPA FINAL



FIGURA 22.- ROTOEMPACADORA-ENVOLVEDORA DE CÁMARA FIJA CON DESCARGA MEDIANTE COMPUERTA BASCULANTE



FIGURA 24.- GRADIENTE DE DENSIDADES EN PACAS CILÍNDRICAS (Fuente: CEMAGREF)

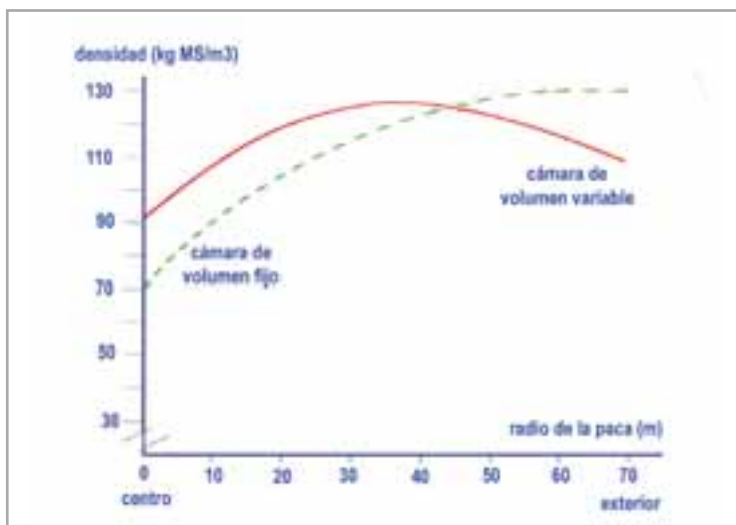


FIGURA 23.- ROTOEMPACADORA-ENVOLVEDORA CON PRE-CÁMARA ACCIONADA MEDIANTE CINTAS TRANSPORTADORAS



### Prestaciones de las rotoempacadoras

Las anchuras de las cámaras de empacado de las rotoempacadoras suelen ser de 1.20 ó de 1.50 m. El diámetro máximo puede llegar hasta 1.80 m, con unos volúmenes de paca entre 2.8 y 3.8 m<sup>3</sup>. Como valores de referencia se pueden dar los del Cuadro 1.

La densidad de la paca depende del tipo de material; para el caso del heno se alcanzan densidades entre 130 y 180 kg/m<sup>3</sup>. Cuando se empaca forraje con un 40% de humedad (para ensilado) la densidad bruta está

CUADRO 1.- CARACTERÍSTICAS DE LAS ROTOEMPACADORAS

	Medianas	Grandes
Anchura del recogedor (cm)	170 a 210	
Dimensiones		
Anchura de la paca (cm)	120	150
Diámetro de la paca (cm)	120 a 180	150 a 180
Volumen de la cámara (m <sup>3</sup> )	2.0 a 3.0	2.6 a 3.8
Capacidad de empacado (t/h)		
heno	8 a 18	
silo	10 a 25	
Capacidad efectiva de trabajo (h/ha)	1.0 a 2.0	0.8 a 1.5
Tractor mínimo recomendado (kW)	50 a 55	60 a 65

entre 350 y 375 kg/m<sup>3</sup>. Cuando las pacas cilíndricas de heno con densidad inferior a 140 kg/m<sup>3</sup> se dejan algún tiempo sobre el campo, estas pierden algu-

nos puntos de humedad antes de almacenarlas. Esto se facilita en las rotoempacadoras de cámara fija y con las de cámara variable de núcleo blando.

FIGURA 25.- ROTOEMPACADORA DE CÁMARA FIJA-VARIABLE



La densidad entre las capas inferiores y exteriores del material que forma la paca no es uniforme en las rotoempacadoras y la variación depende del proceso de formación de la paca, según se indica en la Figura 24. En las empacadoras de cámara fija la densidad de la paca va aumentando desde el centro a la superficie, en la que alcanza su valor máximo. En las de cámara variable la densidad inicial es más alta y se alcanza rápidamente el valor máximo, con una reducción de la densidad en la parte más exterior de la paca.

El control de la rotoempacadora se realiza mediante un monitor situado en el puesto de conducción del tractor. Con el se controla la apertura y el cierre de la compuerta y el proceso de atado (vueltas de cuerda o red sobre la paca).■

## SYNKRO serie 1030

### Cultivador suspendido de 3 filas



- Sistema de seguridad "nova" de doble muelle
- Discos montados sobre tacos de goma sin mantenimiento
- Ancho de trabajo de 3 a 6 metros
- Amplia gama de rodillos traseros



N-640, km 87,5 - La Campiña  
27192 Lugo - España  
Tel. +34 982 227 165  
Fax +34 982 303 101  
info@duranmaquinaria.com

Buscarnos en



www.duranmaquinaria.com