

LOS SISTEMAS DE TRILLA Y SEPARACIÓN DE LAS COSECHADORAS DE GRANOS

Parte 2.- El sistema de separación



LUIS MÁRQUEZ

La separación del grano de la paja, una vez trillada la mies puede hacerse utilizando los denominados sacudidores, o bien mediante cilindros en rotación que sustituyen total o parcialmente a los sacudidores. Seguidamente se analizan las diferentes tecnologías disponibles.

Los sacudidores

En los sistemas de separación clásicos son los sacudido-

res (también conocidos como saca-pajas) los que se encarga de transportar la paja hasta la cola de la máquina, recuperando los granos que puede llevar retenidos después de la trilla. En las cosechadoras modernas los sacudidores están formados por elementos independientes que cubren una anchura igual a la longitud del cilindro trillador. Es frecuente que se establezcan clases o capacidades de trabajo de las máquinas por el número de sacudidores.

Cada sacudidor tiene una sección rectangular; en la cara

superior hay unas perforaciones que permiten el paso del grano hacia la cara interior, que, si está perforada, descarga sobre un plano inclinado que transporta los granos recuperados hacia la parte delantera de la máquina, al comienzo del sistema de limpieza. En otros sacudidores, el transporte del grano recuperado se realiza por el interior del propio sacudidor.

Los elementos del sacudidor dispone de varios escalones (generalmente de 4 a 6) que ayudan a impulsar la paja que llega del batidor, y a veces in-

corporan resaltes verticales que aumentan el efecto de sacudida, o varillas que provocan desplazamientos laterales, esponjando la masa de paja para facilitar el escape de los granos retenidos. Los resaltes verticales se utilizan cuando la paja está húmeda, como sucede con el arroz; con paja seca pueden producir un efecto de triturado de la paja con lo que aumentan las impurezas que acompañan al grano, sobrecargando los elementos de limpieza. En diseños antiguos se utilizaban lonas verticales para

FIGURA 1.- SACUDIDOR DE FONDO CERRADO CON SUS REJILLAS (LAVERDA)

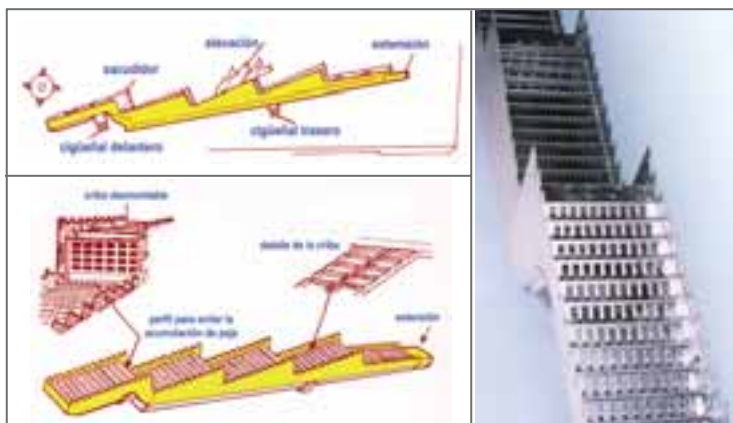
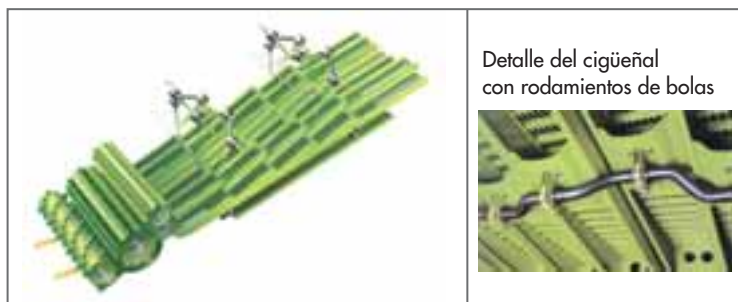


FIGURA 2.- CONJUNTO DE SEPARACIÓN MEDIANTE SACUDIDORES ABIERTOS Y DEDOS ACCIONADOS (CLAAS)



reducir la velocidad de avance de la paja en los sacudidores

Los sacudidores van montados sobre dos cigüeñales que se mueven de forma sincronizada con un desfase entre elementos para mantener un equilibrio dinámico. Las uniones entre los sacudidores y los cigüeñales se realizan mediante rodamientos especiales, o con bloques de madera dura engrasada con aceite, y también bloques de material plástico.

El régimen de funcionamiento de los cigüeñales está alrededor de 200-250 rev/min, y el recorrido es de unos 100 mm. Giran en sentido contrario al que lo hace el cilindro trillador, lanzando la paja hacia arriba y hacia atrás. Por encima de los sacudidores se necesita espacio suficiente para que la paja se mueva sin obstáculos. En algunas máquinas se puede

modificar la velocidad de los sacudidores, así como su inclinación, cambiando la posición del eje del cigüeñal trasero. No conviene aumentar excesivamente el régimen de giro de los sacudidores, ya que hay que dar tiempo a que salgan los granos retenidos por la paja.

Se utilizan diferentes alternativas para aumentar la eficacia de los sacudidores. Entre ellas está la utilización del sacudidor-volteador, con unas elevaciones

en las paredes laterales del sacudidor, que hacen un trabajo similar a los caballetes, o elevaciones, que se pueden montar en los sacudidores convencionales. El objetivo es conseguir que la paja vuelque lateralmente facilitando la separación de los granos, aunque la mejora conseguida es relativamente pequeña.

Otros fabricantes como Laverda utilizaron unas púas oscilantes en las zonas de los escalones de caída, en la que se produce la mayor separación de granos, que mueven lateralmente la paja, aunque reducen la altura de caída. El accionamiento de las púas se realiza desde el cigüeñal de los sacudidores mediante un varillaje complejo. Este sistema se ha dejado de utilizar al incorporar a la cosechadora el "multi crop separator"

Otra opción, desarrollada por John Deere fue la denominada "Cross Shaker", colocando sobre

FIGURA 3.- SACUDIDOR-VOLTEADOR

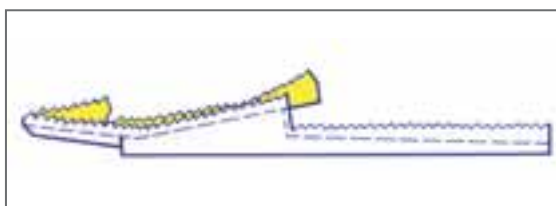


FIGURA 4.- DEDOS OSCILANTES (LAVERDA)

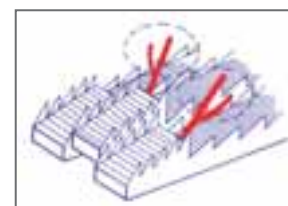
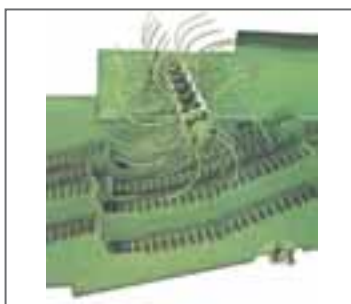


FIGURA 5.- CROSS SHAKER (ANTIGUO) JOHN DEERE



el primer escalón de la caída de los sacudidores unos rotores con púas dotados de un movimiento de agitación transversal. Las ruedas de púas penetran en el flujo de paja que pasa por encima del sacudidor, con lo que la comprime y la desplaza alternativamente hacia los lados.

Con esto se podría conseguir un aumento de la superficie equivalente de los sacudidores de hasta un 30%. Sin embargo, las ruedas de púas no sueltan la paja en la zona en la que trabaja el sacudidor, sino después del paso por esta zona. Además, se tiene que montar en sacudidores con menor número de escalones. Este sistema ha sido sustituido por el denominado Power Separator, un rotor de dedos retráctiles (similares a los que se montan en el sin-fin embocador del cabezal) que se sitúa sobre el tercio final de los sacudidores, y que el fabricante recomienda para determinados mercados.

FIGURA 6.- POWER SEPARATOR (ACTUAL) JOHN DEERE



Un sistema similar al Power Separator lo monta Claas en las Lexion 460-430 Evolution, que se designa como "Multi-Sistema -Separador" (MSS), especialmente recomendado para la recolección de cosechas muy húmedas.

Claas en otros modelos de cosechadoras con sacudidores utiliza un sistema de dedos accionados que penetran desde arriba hasta 550 mm en el flujo de paja. El movimiento de las púas en la parte baja del recorrido es cuatro veces mayor que la velocidad de la paja sobre el sacudidor, con lo que la capa de paja se ahueca, facilitando la separación de los granos sueltos. El fabricante indica que con este sistema se llega a producir un incremento del rendimiento de hasta el 25% en determinadas condiciones de cosecha, sin que la instalación de este sistema obligue a modificación de los sacudidores convencionales.

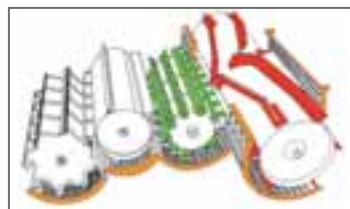
FIGURA 7.- MULTI-SISTEMA-SEPARADOR – MSS (CLAAS)



Los separadores rotativos

En modelos de cosechadoras con mayor capacidad de trabajo, para poder reducir la longitud de los sacudidores, se han desarrollado sistemas de separación basados en rotores. Inicialmente fue New Holland la que introdujo un rotor transversal en las cosechadoras TF. Claas en su serie Dominator 116 CS desarrolla el sistema de cilin-

FIGURA 9.- SISTEMA TWIN FLOW DE NEW HOLLAND



ros separadores en cascada. En la actualidad Claas y John Deere utilizan sistemas de separación con dos cilindros longitudinales que giran en sentidos contrarios y que rempazan totalmente a los sacudidores.

El sistema Twin Flow de New Holland

Se utiliza junto con el separador centrífugo situado a continuación del cilindro de trilla y el batidor; desaparecen completamente los sacudidores. La paja llega a un cilindro transversal de 2.37 m de longitud y 0.70 m de

FIGURA 8.- DEDOS ACCIONADOS (CLAAS)



diámetro, con paletas que dividen el flujo de paja hacia los lados.

El rodillo separador está rodeado de un cóncavo que lo envuelve un ángulo de aproximadamente 180 grados, pero que en la parte central impide la salida directa de la paja hacia atrás, mientras que en los laterales obstruye la salida hacia delante y obliga a salir la paja hacia atrás.

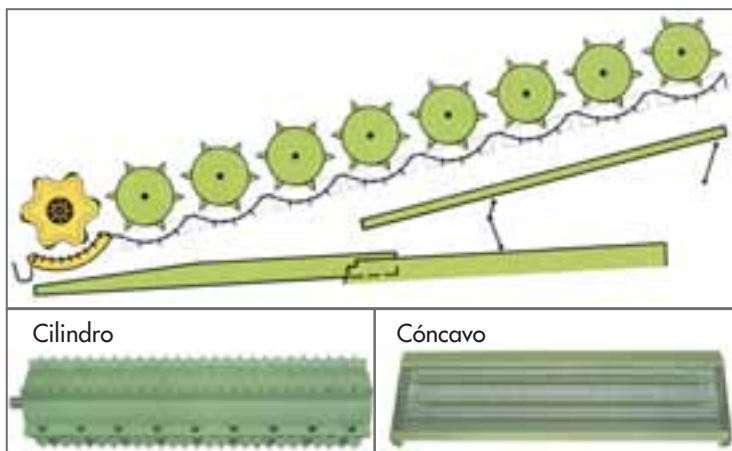
La paja en su contacto con el cilindro da una vuelta completa en la parte central, bifurcándose para pasar a los laterales del cilindro en los que se completa la separación de grano retenido, con una vuelta y cuarto antes de su expulsión.

Con una velocidad de la paja del triple de la que se consigue en los sacudidores, el grano es expulsado por la fuerza centrífuga y el rozamiento con el cóncavo. El sistema permite trabajar con menor velocidad en el cilindro trillador, para evitar la rotura del grano, sin reducir la capacidad de trabajo de la máquina.

La paja queda detrás de la máquina en dos cordones, que pueden reagruparse en uno solo, o puede ser picada o esparcida con un sistema doble, respecto al que se utiliza en una máquina convencional. Hay que resaltar que la paja queda más picada que con los sacudidores convencionales, en un grado similar a lo que se producen con las cosechadoras de flujo axial. El fabricante aconseja este sistema especialmente para la recolección de cultivos como el maíz y el arroz.

Con este sistema la máquina se hace más corta, se reducen las vibraciones, al carecer de sacudidores, pero la anchura está condicionada por la longitud del cilindro separador-divisor. Introducido por New Holland las cosechadoras TF en 1983, deja de comercializarse en 1994.

FIGURA 10.- SISTEMA CS DE CLAAS CON CILINDROS EN CASCADA



Sistema de Cilindros en cascada CS de Claas

En esta serie de cosechadoras se sustituyen los sacudidores por ocho cilindros separadores con sus correspondientes cóncavos de separación, que trabajan a la misma velocidad de rotación y que fuerzan el paso de la paja entre los cilindros y sus cóncavos. La separación de los cóncavos con respecto a los cilindros se puede modificar de manera continua con un mando centralizado para todos.

La velocidad de los tambores se establece en cuatro niveles diferentes (430, 540, 650 y 810 rev/min). La longitud de los cilindros es de 1.58 m, igual a la del cilindro trillador. Una bandeja conduce los granos recuperados en los últimos cilindros a la parte central de la caja de cribas.

El conjunto permite conseguir un aumento de la eficacia de la separación en un espacio reducido (menos del que ocuparían los sacudidores), incluso con cosechas húmedas y trabajando sobre laderas. Así se puede adaptar la anchura de la máquina a los límites que establecen las normas de circulación vial.

Los condicionantes del sistema son el grado de picado de la paja y la mayor potencia absorbida por los sacudidores,

por lo que Claas ha dejado de utilizarlo sustituyéndolo por la separación mediante dos cilindros longitudinales.

Separación por rotores longitudinales

El sistema de "separación residual activa" de Claas

FIGURA 11.- SISTEMA DE TRILLA-SEPARACIÓN DE CLAAS LEXION



En las cosechadoras de Claas, cuando aumenta el tamaño de la máquina, se cambian los sacudidores por el sistema de separación de dos rotores longitudinales, denominado "Rotoplus", que se incorpora a las cosechadoras Lexion 570, 580 y 600.

En todos los casos se mantiene el sistema de trilla APS, aunque en la Lexion 570 la longitud del cilindro es de 1.42 m, frente a los 1.70 de las otras dos, pero se modifica el per-

FIGURA 12.- REJILLA DEL CÓNCAVO Y RESALTES DEL CILINDRO

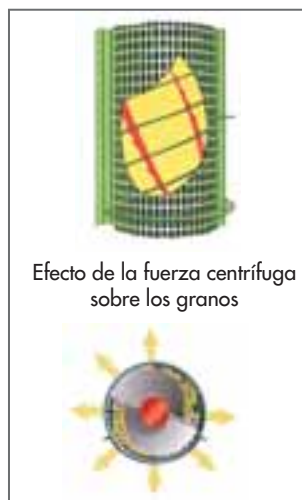


FIGURA 13.- SEPARACIÓN RESIDUAL ACTIVA DE CLAAS



fil del batidor que actúa como divisor de la paja que sale del cilindro trillador para alimentar uniformemente los dos rotores separadores.

Los cilindros separadores tienen siempre una longitud de 4.20 m un diámetro de 445 mm. Se ofrecen tres escalones de régimen de rotación posible (640, 800 y 960 rev/min), que proporcionan velocidades periféricas de 14.9, 18.6 y 22.4 m/s respectivamente. Además, se ofrece como opción la velocidad de 500 rev/min (11.5 m/s de velocidad periférica) para trabajar sobre maíz y alubias.

Los rotores se accionan con sentidos opuestos y disponen de cóncavos que los rodean un ángulo de 240 grados. Los cóncavos están formados por 5 tramos, que se puede desmontar deslizándolos hacia atrás; todos ellos disponen de perforaciones universales de 20 x 40 mm. La distancia a la que están situados es fija y no precisan ajuste para las diferentes cosechas.

La eficacia de la separación aumenta como consecuencia de la fuerza centrífuga generada; mientras la mies se mueve sobre el sacudidor a una velocidad de 1 m/s, en el rotor llega a 10 m/s (girando a 800 rev/min), siendo la capa de mies muy delgada (aproximadamente el 10% de la correspondiente a un sacudidor). La curva de pérdidas de cosecha en función de la cantidad de mies procesada se mantiene mucho más plana que la que ofrecen las máquinas con sacudidores.

El sistema CTS de John Deere

Inicialmente caracteriza al modelo de cosechadora designado como CTS y se diseñó especialmente para el arroz. Posteriormente, se instala en

la cosechadora 9780 CTS, que se adapta a todo tipo de cultivos.

Para la separación se utilizan dos cilindros con una longitud de 3.40 m, y un diámetro de 462 mm en la parte delantera y 502 mm en la trasera, que giran en sentidos opuestos en el interior de cóncavos de cierre perforados en su parte inferior, con tres zonas diferenciadas. La primera de ellas, con resaltes sobre el cilindro en forma de hélice, se encarga de la alimentación. En la segunda etapa, los dedos rectos complementan la trilla de la mies, y en la tercera, con dedos rectos más espaciados, se completa la separación. En el último tramo de parrillas del cóncavo pueden instalarse unas placas de cierre que reduce la cantidad de granza que puede llegar a la caja de cribas. Detrás de los cilindros separadores un batidor de descarga con cinco paletas lanza la paja hacia el picador o a los esparcidores. El eje de cada uno de los rotores se encuentra situado en una posición desplazada hacia abajo con respecto a la cámara que forma el conjunto de los cóncavos

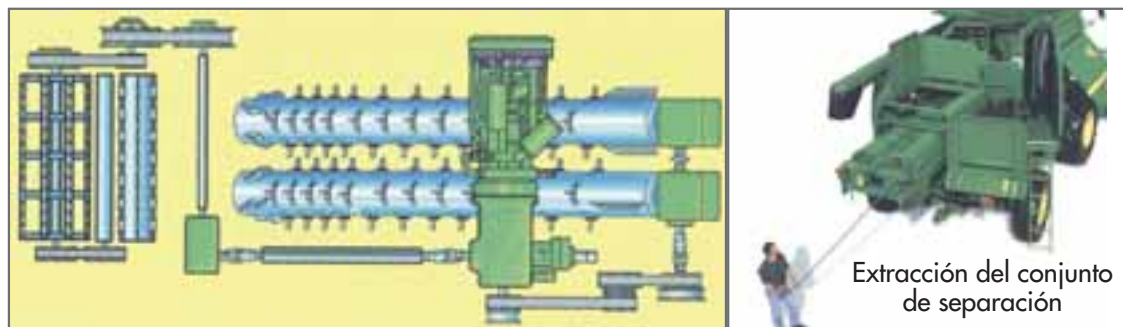
El régimen de rotación de los cilindros separadores puede ajustarse a 570 y a 740 rev/min. La transmisión del movimiento a los cilindros se realiza por la parte opuesta a la de entrada de la mies con una cadena cinemática directa desde el motor. Todo el módulo de separación se puede extraer hacia atrás actuando sobre una manivela.

Estos sistemas de cilindros separadores axiales son una alternativa a los cilindros de trilla axial que se utilizan en las cosechadoras con mayor capacidad de trabajo, en las que se necesitaría una gran superficie de sacudidores, con una anchura de máquina que la hace incompatible con la circulación vial.

FIGURA 14.- SISTEMA DE SEPARACIÓN EN LA CTS DE JOHN DEERE



FIGURA 15.- ACCIONAMIENTO DE LOS CILINDROS SEPARADORES EN LA COSECHADORA JD 9780CTS



Limitaciones en las dimensiones de los sacudidores

La capacidad de trabajo de una cosechadora depende esencialmente de la capacidad de trilla y separación de la paja y el grano. La anchura de corte de la máquina, junto con la velocidad de avance, determinan la cantidad de cosecha que puede entrar en la máquina, que estará limitada por la capacidad de trilla.

Esto permite establecer una proporcionalidad entre anchura de corte, la longitud del cilindro trillador con la superficie del cóncavo que lo rodea, y la superficie total de los sacudidores. Aunque esta proporción puede variar ampliamente, ya que depende del volumen de cosecha y de su estado, y de la relación paja-grano, para las condiciones de la agricultura europea se considera, por cada metro de anchura de corte se necesitan 0.3 m de longitud de cilindro y 1.2 m² de superficie de sacudidores. Una longitud de 0.3 m de cilindro trillador equivaldrían

aproximadamente 0.225 m² de superficie de cóncavo.

Tomando como referencia dos de las cosechadoras clásicas más vendidas en España, se observa (cuadro 1) que los valores específicos calculados son algo inferiores a los indicados como referencia, en gran parte debido a las diferencias productivas de los secanos españoles con respecto a otras zonas de Centro-Europa, aunque estas diferencias no serían tan marcadas si consideramos los cereales regados.

Así, para la New Holland TC56 Hydro, con un cabezal de 4.42 m, se obtiene que la longitud de su cilindro trillador es de 0.294 m por metro de corte (0.180 m² de superficie de cóncavo) y 0.99 m² de sacudidores. En el caso de una máquina de mayor tamaño, como la Claas Medion 310, con un cabezal de 5.55 m, la longitud específica del cilindro de 0.238 m (0.133 m² de superficie del cóncavo) y 1.05 m² de sacudidores.

Con los valores indicados, se llega a la conclusión de que en

una cosechadora con un cabezal de 7.00 m de anchura de corte precisaría un cilindro trillador con una longitud de 2.10 m (0.30 x 7.0 m), lo que hace que una máquina con esta longitud de cilindro tenga una movilidad muy limitada, ya que superaría ampliamente la anchura máxima de circulación vial. Así, aunque hay algún fabricante pequeño que ha fabricado cosechadoras con 2.10 m de longitud de cilindro trillador, todos los grandes fabricantes han buscado soluciones alternativas, como la de colocar un segundo cilindro (separador) detrás del trillador, para aumentar la superficie del cóncavo principal, con un cóncavo secundario.

De esta manera, los 1.575 m² (0.225 x 7.0 m) que debería tener el cóncavo en una máquina de 7.0 m de anchura de corte, podrían conseguirse con menos dificultad, a la vez que el cilindro separador permite reducir la superficie de los sacudidores por su acción forzada.

En cualquier caso, según las referencias indicadas, una cosechadora de 7.0 m de anchura de corte necesitaría 8.4 m² de sacudidores (1.20 x 7.0 m), con lo que esto representa para las dimensiones de las máquinas y las inercias que genera la masa de los mismos. Conviene tomar en consideración que el 80-95% del grano se separa directamente en el cilindro trillador, pasando a través del cóncavo, y el resto lo hace por los sacudidores. ■

CUADRO 1.- DIMENSIONES DE REFERENCIA EN COSECHADORAS CONVENCIONALES

	Referencia	New Holland TC56 Hydro	Claas Medion 310
Cabezales (m)	-	3.66 – 5.18	5.10 – 6.00
Cabezal tipo (m)	-	4.42	5.55
Longitud trillador (m/m corte)	0.300	0.294	0.238
Superficie cóncavo (m ² /m corte)	0.225	0.180	0.133
Superficie sacudidores (m ² /m corte)	1.20	0.990	1.05