



Curso de Maquinaria Agrícola

Capítulo 07.2.-

Maquinaria para la recolección de granos y de semillas

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



Recolección de granos y semillas

- Los equipos diseñados para la recogida de granos y semillas **son los que tienen una importancia mayor.**
- La **superficie ocupada** considerando solo los cuatro principales (trigo, arroz, maíz y cebada) alcanzan el **40% del total.**
- A estas se unen la avena, el centeno, el sorgo, el mijo, y cultivos oleaginosos y proteaginosos, como la soja, la colza, el cacahuet y el girasol, que se pueden recoger con los mismos equipos.
- **Casi el 60% de las superficies cultivadas en el Mundo** pueden ser recogidas con equipos que genéricamente corresponden a los de **recolección de “granos y semillas”.**



Limitaciones para recoger a tiempo las cosechas

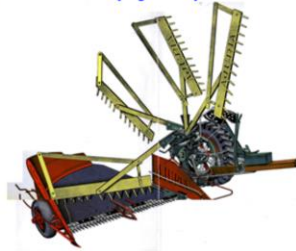
- Falta de mano de obra para la siega en el momento en que se alcanza la madurez del grano. Un retraso en la recolección significa abundantes pérdidas de cosecha.
- La siega a mano formando gavillas, o trasladando a granel todo el material segado, seguida de la trilla mediante el pisoteo de los animales, y de la limpieza con el aventado aprovechando el viento atmosférico, se mantuvo prácticamente sin cambios desde los comienzos de la Historia.
- Con la puesta en el mercado de la segadora, a mediados del siglo XIX, se abre la posibilidad de incrementar las superficies de cultivo, a la vez que aumenta la productividad de la mano de obra



Evolución de la recolección de los cereales

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Agavilladora (Ajuria)



Trillo de pedernal



Segadora-atadora (Alpuema)



Trillo de ruedas



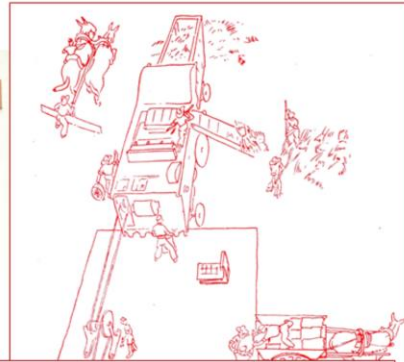
Inicialmente la segadora agavilladora hace aumentar la productividad de la mano de obra. Con esta máquina la mies segada se deja en montones, para realizar el atado posterior con la intervención humana.

El desarrollo de la segadora-atadora resuelve el problema de la siega, dejando la mies atada en haces para su transporte a la era.

Para acelerar el proceso de trilla realizado tradicionalmente con el pisoteo de los animales, se utilizan los trillo, bien de madera con piedras incrustadas, o de ruedas y cuchillas.



La trilladora-limpiadora



Explotación tradicional	h-hombre/ha	Explotación mecanizada	h-hombre/ha
siega a destajo	36.0	siega con segadora-atadora de 6 pies	3.0
trilla con yunta	11.0		
aventado con aventadora	3.3	trilla con trilladora	8.0
Total	50.3	Total	11.0

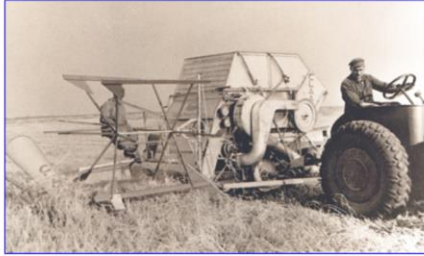
Con la introducción de la trilladora-limpiadora se automatiza todo el proceso para obtener el grano a partir de las gavillas que llegan del campo.

El proceso requiere la intervención de abundante mano de obra para atender a la trilladora-limpiadora, pero se produce una notable reducción de la mano de obra necesaria para la recolección.



Integración de siega, trilla y separación del grano

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



**Cosechadora arrastrada
Claas Super (1946-1978)**



**Cosechadora arrastrada
con el tractor integrado (JF)**

**Cosechadora autopropulsada
con ensacador (Lanz-John Deere)**

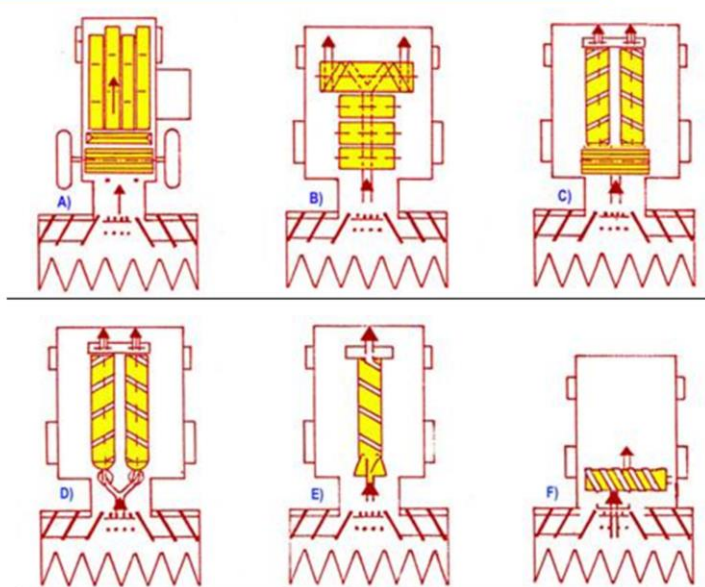


En una etapa posterior se incorporan los sistemas de trilla y limpieza a las segadoras, con lo que aparece la segadora-trilladora-limpiadora, o cosechadora integral, que puede ser arrastrada o bien dispone de su propio motor



Posiciones relativas del cilindro trillador y los sistemas de separación del grano

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



En función de la posición relativa de los elementos de trilla se pueden establecer distintos tipos de cosechadoras de grano:

- A) Cilindro transversal con sacudidores
- B) Cilindro y rotores transversales que sustituyen total o parcialmente a los sacudidores
- C) Cilindro transversal y rotores longitudinales que sustituyen a los sacudidores
- D) Doble cilindro longitudinal (trilla y separación)
- E) Cilindro longitudinal único (trilla y separación)
- F) Cilindro transversal único (trilla y separación)



Gran difusión de las cosechadoras de granos

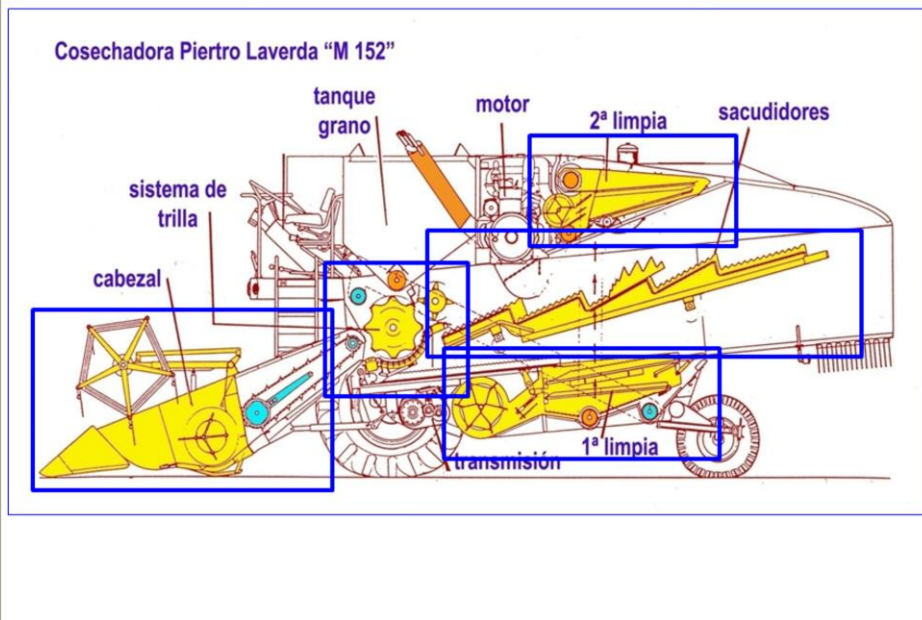
- Elevada **capacidad de trabajo**, lo que permite realizar la recolección con oportunidad.
- **Polivalencia**, tanto en el tipo de grano, como en las condiciones de las parcelas y la dimensión económica de la explotación.
- **Calidad del trabajo**, con bajo nivel de pérdidas de cosecha, obteniendo un grano limpio y sin daños.
- **Reducción de los costes de operación**, gracias al aumento de la fiabilidad de las máquinas y la facilidad de mantenimiento.
- **Mejora de la ergonomía y la seguridad** para las personas que manejan las máquinas.

La difusión de las cosechadora integrales han sido una consecuencia de las ventajas que aportan en productividad de la mano de obra y de la calidad del trabajo realizado.



Componentes de una cosechadora clásica

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



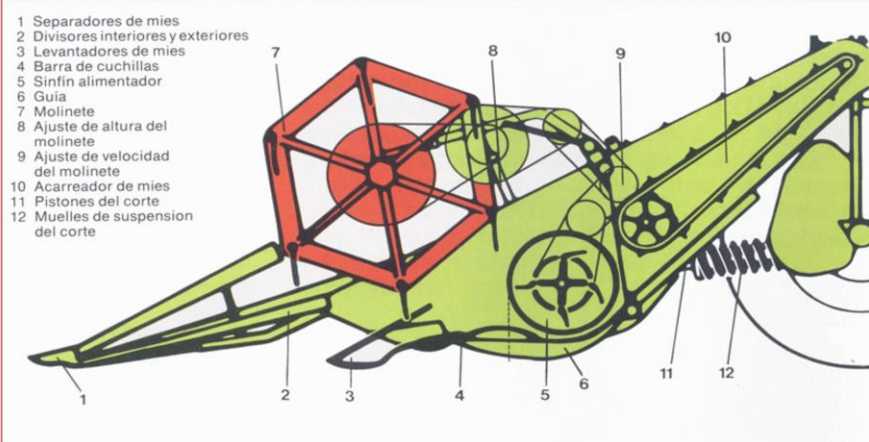
En una cosechadora convencional los sistemas que realizan el proceso de recolección, y que se pueden analizar de manera independiente, son:

- El conjunto del corte y alimentación
- El sistema de trilla
- El sistema para la separación de la paja
- El sistema de limpieza del grano

En las cosechadoras definidas como de "flujo axial", los elementos de trilla y separación van unidos, a la vez que no se utilizan sacudidores.



Cabezal de la cosechadora (plataforma con barra de corte, molinete y sin-fin embocador)



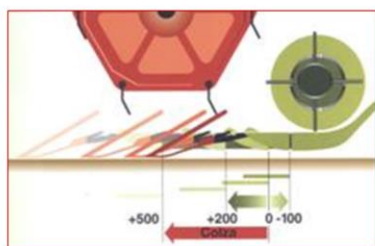
Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

El cabezal que se define como estándar incluye una plataforma de corte, en el frente de la cual se sitúa un conjunto de cuchillas y contra-cuchillas (dedos) que realizan la siega de las plantas. Esta plataforma está limitada en sus extremos por pantallas verticales, que se prolongan dando lugar a lo que se conoce como “divisores”, que separan el conjunto de plantas segadas en la pasada de las que permanecen en el campo hasta la pasada posterior.

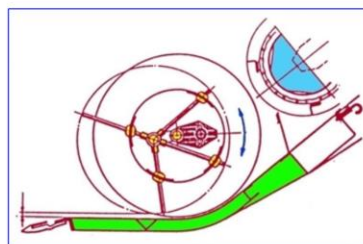
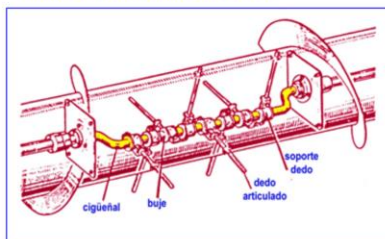
La plataforma sobre la que se sitúa la barra de corte incluye unos patines, o elementos de apoyo en el suelo, que ayudan a mantener la altura de corte constante, para lo cual disponen de detectores de posición. En la parte baja de la plataforma se suelen incluir pantallas de protección frente a las piedras presentes en el suelo



Adaptación de la plataforma al desarrollo del cultivo



Dedos en el embocador



Para la recolección de cultivos muy desarrollados, algunas plataformas se diseñan dando más espacio a la zona sobre la que cae el material segado.

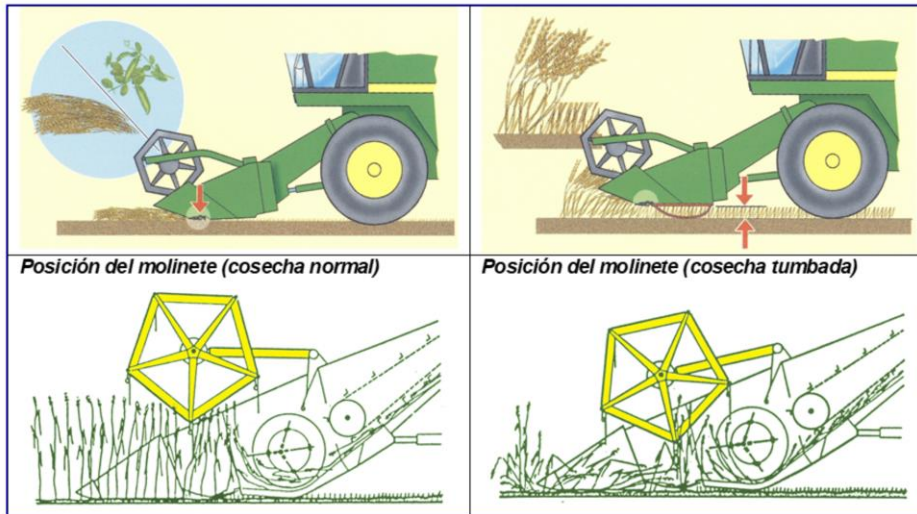
En la parte trasera de la plataforma se sitúa un tornillo sinfín, conocido como embocador, con una doble hélice que hace que la mies se agrupe en el centro de la plataforma, y de unos dedos retráctiles en la parte central (en algunos casos también en otras zonas del sinfín), que ayudan a llevar el material hasta la garganta de alimentación que introduce el material en el cuerpo de la máquina. Los dedos retráctiles van unidos a un cigüeñal que gira con el sinfín embocador, lo que permite modificar su longitud en función del ángulo de giro.

El embocador se acciona con sentido de giro hacia abajo, lo que hace que la mies que llega a la plataforma sea forzada a pasar por debajo, con un régimen de giro de 175-200 rev/min.



Ajuste de la altura de la plataforma

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Para ayudar en el proceso de corte se utiliza un rotor con paletas y de un diámetro algo superior al metro, conocido como molinete, situado por encima de la barra de corte, que gira haciendo que la cosecha se acerque a la barra de corte más rápidamente que lo hace la cosechadora.

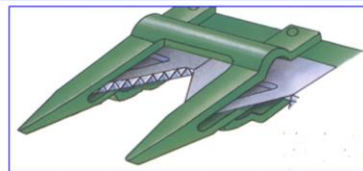
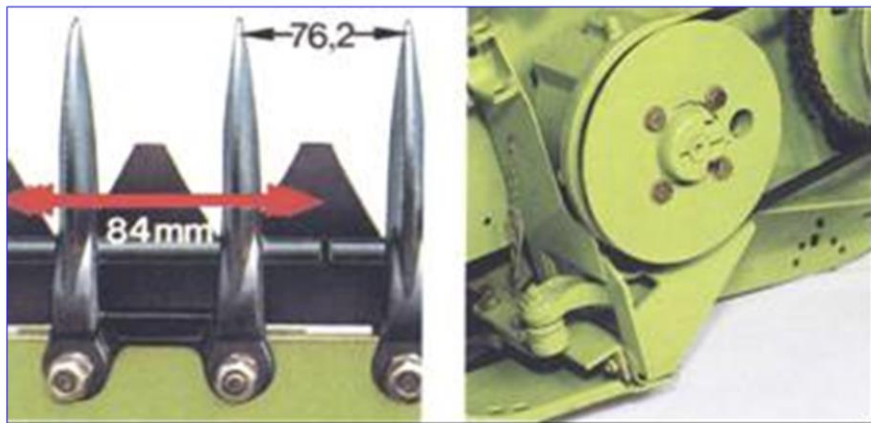
Su régimen de rotación se ajusta para que la velocidad periférica sea un 15% superior a la de avance de la máquina cuando se trabaja sobre cosechas normales, pero admite una regulación para adaptar la velocidad de giro al estado de la cosecha. Esto se consigue con velocidades de rotación entre 15 y 60 rev/min para lo que se incluye un variador de velocidad en la transmisión, que incorpora un embrague de seguridad. En máquinas de gama alta, el régimen de giro del molinete se puede sincronizar con la velocidad de avance, manteniendo el incremento de velocidad establecido como referencia.

En general, las paletas se sustituyen por peines con púas de acero en las que se puede regular el ángulo incidencia sobre la cosecha utilizando un mecanismo de paralelogramo deformable. Esto ayuda a levantar las plantas caídas para que no queden fuera de acción de las cuchillas. Además, el molinete se ajusta en posición, tanto en elevación con respecto a la barra de corte, como en desplazamiento longitudinal para adaptarse al estado de la cosecha. En ocasiones se utilizan dedos levanta mies sobre la barra de corte, especialmente necesarios para recoger cosechas tumbadas.



Carrera de las cuchillas y sistema de accionamiento lateral

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

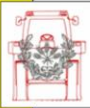


Dedos y cuchillas

La barra de corte la forman un conjunto de cuchillas triangulares con filo dentado en dos de sus lados, que se atornillan o remachan sobre una pletina longitudinal de acero, que es la que les transmite el movimiento alternativo. La inclinación del filo de las cuchillas se alterna en las contiguas. El extremo de esta barra está unido a un mecanismo de biela manivela, o de oscilación, que le comunica el movimiento alternativo, que suele superar los 1000 recorridos/min.

Para mantener la posición de la cuchilla durante su desplazamiento alternativo se utilizan grapas y placas de desgaste que le permiten moverse suavemente entre los dedos fijos. Esto obliga a mantener entre los elementos fijos y móviles unas holguras establecidas por el fabricante.

Si no se mantiene el filo de las cuchillas, durante el corte aumentan las vibraciones que producen sacudidas en los tallos de las plantas, lo cual puede dar lugar a pérdida de grano en algunas especies como la colza o la soja. El desplazamiento de la cuchilla suele superar en su movimiento alternativo el establecido entre dedos contiguos, que suele ser de 3 pulgadas (76.2 cm).



Elementos diferenciales

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



A) Cuando se necesita recoger la cosecha previamente segada e hilerada, para que se complete el proceso de secado, se suele utilizar un recogedor de dedos, similar al de las empacadoras y remolques autocargadores, o bien un tapiz dotado de púas que levantan la cosecha y la llevan hasta el embocador.

B) En cultivos muy desarrollados en los que las plantas se enlazan, como es el caso de la colza, se puede utilizar una barra de corte lateral en sustitución del divisor.

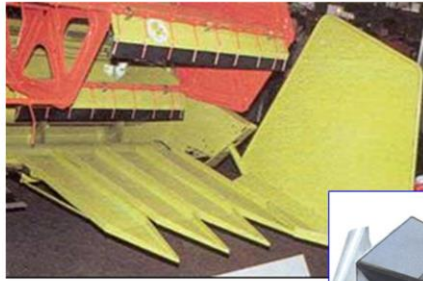
C) En algunos modelos de cosechadoras se utiliza una cinta transportadora en el fondo de la mesa de corte, que ayuda a homogeneizar la entrada de la mies al elevador con cosechas abundantes. Esta cinta transportadora está accionada entre dos rodillos, uno próximo a la barra de corte y el otro al fondo de la plataforma.

D) Los cabezales clásicos para cereales, como el trigo o la cebada, incorporan sistemas de conexión entre el cabezal y la máquina, diseñados de manera que esta se realiza con rapidez y con un mínimo de intervenciones, lo que resulta muy apreciado por los usuarios que tiene que retirar el cabezal para circular frecuentemente por las vías públicas al cambiar de parcela.

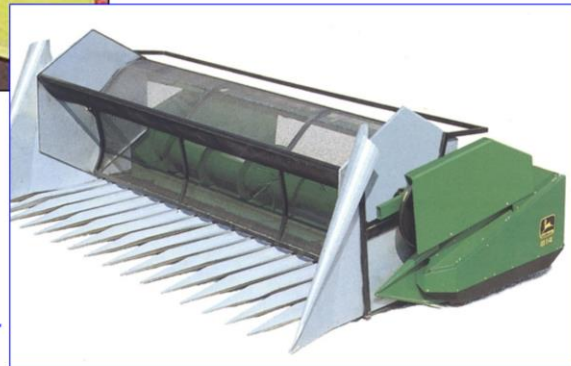


Cabezal para girasol

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Bandejas separadas por delante de la barra de corte



Molinete triangular

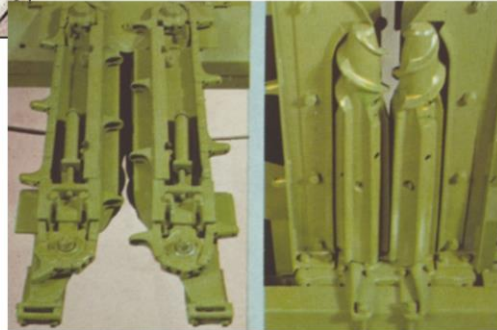
Aunque es posible la recolección del grano en cultivos como el maíz o el girasol utilizando cabezales convencionales, las pérdidas de cosecha aumentarían de manera considerable. En el caso del girasol, la masa vegetal que acompaña a la cosecha es pequeña, por lo que con solo modificar la plataforma, colocando unas bandejas especiales que impidan la caída de las cabezas, y cambiando la estructura del molinete, la recolección se realiza sin dificultad.



Cabezal para maíz



Cilindros arrancadores



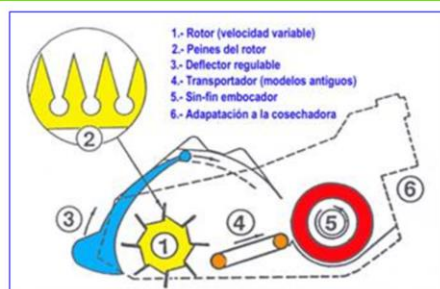
Para el maíz, dada la gran cantidad de masa que acompaña a las mazorcas en las que se insertan los granos, resulta preferible utilizar cabezales arrancadores de mazorcas, que dejan el tallo de la planta en el suelo. La proporción de grano y “paja” es un factor que afecta a los elementos que completan la recolección, o sea, la trilla y la separación del grano, lo que exige cambiar algunos elementos de la máquina para conseguir la mayor eficiencia en la recolección.

El cabezal que se utiliza para la recolección del maíz dispone de tantas unidades como filas se recogen en una sola pasada. El mercado ofrece cabezales con doce líneas o más. Cada unidad de recogida está formada por dos rodillos arrancadores, que giran en sentidos contrarios arrastrando hacia el suelo los tallos de la planta que se introducen entre ellos. Para guiar las plantas de cada línea a los correspondientes arrancadores se utilizan generalmente dos cadenas laterales con resaltes. Por delante de la unidad de arranque, y entre filas contiguas, se disponen unas puntas flotantes que elevan los tallos tumbados. Hay que destacar la utilización de cubiertas de plástico en los separadores de filas para reducir el peso del cabezal.

En el desplazamiento de los tallos hacia el suelo por acción de los rodillos arrancadores se produce la separación de las mazorcas, que son arrastradas hasta la plataforma, donde el sinfín embocador las desplaza hasta la boca de alimentación de la cosechadora. El régimen de giro de los arrancadores debe ser proporcional a la velocidad de avance de la máquina; si giran lentamente pueden ocasionar el arranque de los tallos, mientras que si lo hacen rápidamente las mazorcas arrancadas pueden salir lanzadas fuera de la unidad de recogida.



Cabezal peinador



En el diseño original se utiliza un rotor dotado de peines con dientes triangulares situados de forma radial. Este rotor, que gira en sentido contrario al de avance de la máquina, y sobre el que se puede modificar la velocidad de rotación, realiza el arranque por peinado de los tallos, pasando los granos, solos o unidos en las espigas y restos de paja, al interior de la máquina.

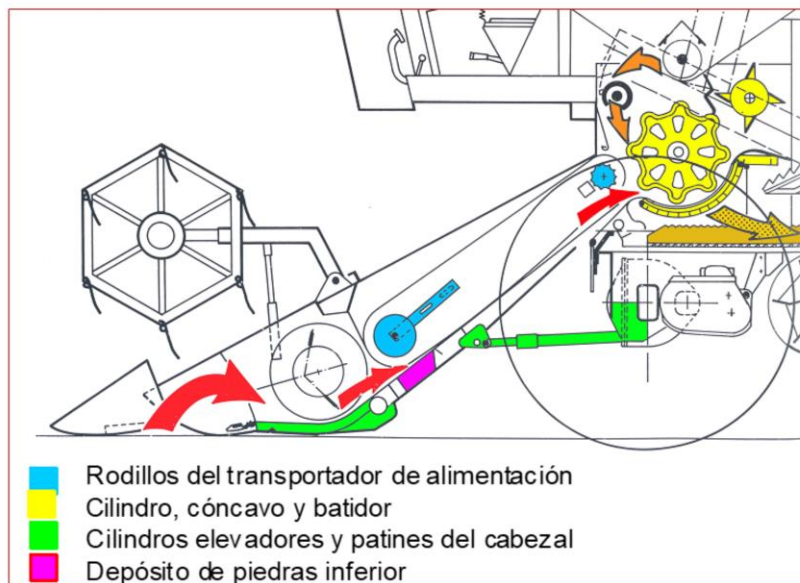
Shelbourne mantiene este diseño en el mercado hasta 1995. En estas fechas lo modifica para adaptarlo a las características del trigo en USA (recogido en condiciones secas), acercando el rotor a la bandeja sobre la que trabaja el sinfín embocador para eliminar la cinta transportadora. Este sistema trabajaba muy bien en condiciones secas, aunque ofrece limitaciones cuando se cosecha con elevada humedad. Para mejorar la eficiencia, tanto en condiciones secas como húmedas, se rediseñan los dedos de acero inoxidable que actúan como “peinadores”.

Con la utilización de este tipo de cabezales se aumenta la capacidad de trabajo de la máquina, pero también las pérdidas con respecto a la misma máquina con cabezal convencional (barra de corte), que están muy influenciadas por el tipo de cosecha y el ajuste del cabezal a la misma.

La cantidad de paja que entra en la cosechadora es muy reducida con la utilización del cabezal “stripper” (relación 1 a 6 con respecto al cabezal convencional). Esto hace que las pérdidas por la trasera se deban principalmente a las cribas, que se pueden saturar, mientras que con el cabezal convencional los límites los imponen el cilindro trillador y los sacudidores.



Canal de alimentación



Antes de que la mies segada alcance el cilindro trillador, entre el cabezal segador y el cilindro, se desplaza por una conducción denominada canal de alimentación.

Este canal se articula sobre un eje situado en el cuerpo de la máquina, y, en el otro extremo, dispone de un sistema de enganche para fijar el cabezal que realiza el corte de la mies. Generalmente se utilizan sistemas de enganche rápido que facilitan la operación, con guías de enganche en la parte superior y pasadores de bloqueo en la inferior.



Fijación de la plataforma



Cilindros elevadores

Enganche del cabezal
al canal de alimentación

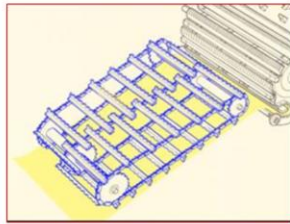


Generalmente se utilizan sistemas de enganche rápido que facilitan la operación, con guías de enganche en la parte superior y pasadores de bloqueo en la inferior.

Por debajo del canal de alimentación dos cilindros hidráulicos (que pueden ser dobles) se encargan de ajustar la posición del conjunto canal-plataforma con respecto al cultivo que se cosecha. La elevación de la plataforma de corte respecto a la horizontal conviene que sea amplia para poder sobrepasar obstáculos; cuando se trabaja en cultivos como el arroz (con diques o taipas) conviene que exista la posibilidad de que el corte se pueda realizar a un nivel por debajo del plano de las ruedas. Para amortiguar las oscilaciones del cabezal sobre los cilindros se superponen resortes elásticos en espiral, a la vez que se acoplan acumuladores hidroneumáticos en el circuito hidráulico de los mismos.



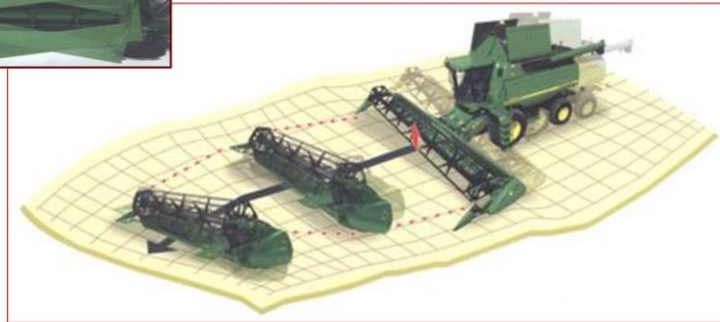
Acarreador y boca de entrada



Acarreador de cadenas con travesaños



Inclinación del cabezal y boca de entrada



En el interior del canal de alimentación se sitúa un transportador de cadenas (tres o cuatro) unidas por travesaños que las enlazan de dos en dos. Este transportador, accionado desde el rodillo más próximo al cilindro trillador, actúa arrastrando la mies segada apoyándose en la superficie inferior del canal de alimentación.

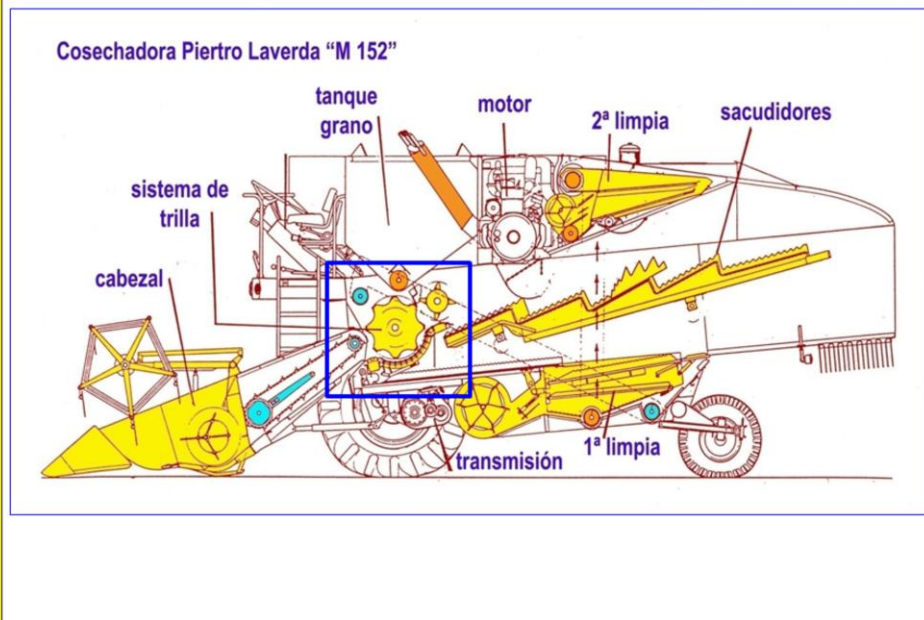
Generalmente dispone de un sistema para invertir el sentido de movimiento cuando se producen sobrecargas, que afecta también al sin-fín embocador. El rodillo más alejado del cilindro trillador es flotante y se ajusta para tensar las cadenas del transportador. La velocidad de las cadenas del transportador es de unos 3 m/s, y dispone de un embrague de seguridad que protege frente a sobrecarga.

La anchura del canal de alimentación condiciona la capacidad de trabajo de la máquina. Desde el sinfín embocador la mies se fuerza para que atraviese la boca que da paso al canal de alimentación. A partir de este momento es el transportador de cadenas el que se encarga de elevar la mies y alimentar uniformemente el cilindro trillador.



Componentes: Sistema de trilla

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



En una cosechadora convencional los sistemas que realizan el proceso de recolección, y que se pueden analizar de manera independiente, son:

- El conjunto del corte y alimentación
- El sistema de trilla**
- El sistema para la separación de la paja
- El sistema de limpieza del grano

En las cosechadoras definidas como de "flujo axial", los elementos de trilla y separación van unidos, a la vez que no se utilizan sacudidores.



Conjunto trillador

Curso de Maquinaria Agrícola - L. Márquez

- 1.- Cilindro de barras
- 2.- Cóncavo
- 3.- Deflector (batidor)
- 4.- Sacudidores
- 5.- Rodillo superior del transportador
- 6.- Peine (prolongación del cóncavo)

- Mecanismo para ajustar la posición del cóncavo con respecto al cilindro
- Mecanismo para cerrar la salida del cóncavo en su primera parte.
- Cuchilla de roce para evitar que se enrolle la paja al cilindro
- Depósito de piedras superior



El cilindro, situado perpendicularmente a la mies que llega del transportador, rodeado parcialmente con una cubierta (cóncavo) constituye la base del sistema de separación en las cosechadoras convencionales, y determina las prestaciones de la cosechadora.

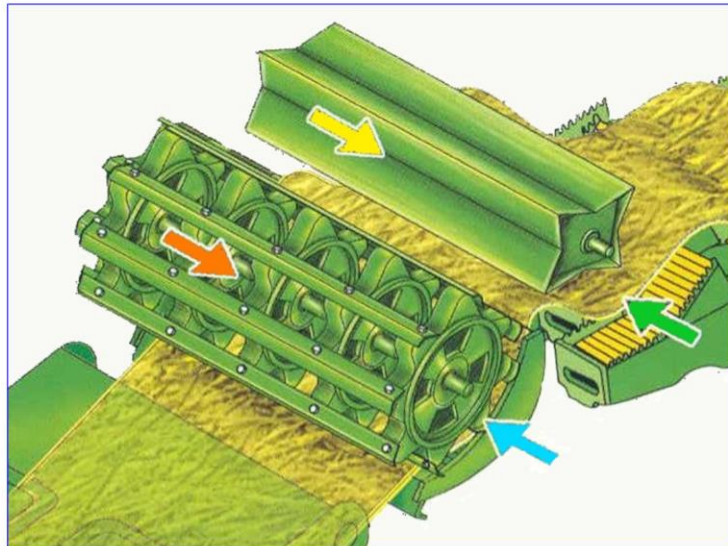
Antes de que las mies, arrastrada por el transportador, llegue al conjunto que forman cilindro y cóncavo, se encuentran unos elementos que actúan como separadores de piedras, que pueden venir acompañando a la mies y que provocarían roturas en el cilindro. Pueden situarse en la entrada del transportador, o en la salida antes de que la mies llegue al cilindro (lo más frecuente). Normalmente dispone de una compuerta que se abre por la acción del cilindro sobre la piedra, que pasan a un "depósito" situado debajo, y que periódicamente hay que vaciar.

El deflector es un cilindro con palas de chapa, situado detrás y por encima del eje del cilindro trillador y que gira en el mismo sentido de éste, que frena la paja que sale del cilindro, variando su dirección para orientarla hacia los sacudidores. Por debajo del deflector se sitúa un peine de varillas metálicas, unido a la salida del cóncavo, que actúa como recuperador de granos antes de que el material trillado alcance los sacudidores. El tipo de peine se puede cambiar en función del material cosechado (arroz, grano grueso, etc.)



Cilindro trillador

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



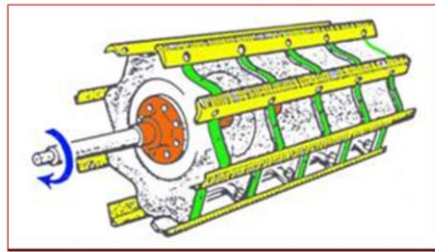
Es aconsejable que la longitud del cilindro trillador sea igual a la de la entrada del embocador y a la de la salida de la mies trillada hacia los elementos de separación de paja y grano, ya que cualquier estrechamiento dificulta el paso de la mies.

La capacidad de trabajo de una cosechadora depende del caudal de mies que puede atravesar el espacio entre el cilindro y el cóncavo, impulsado por la acción del cilindro trillador. Está en función de la longitud del cilindro y del diámetro del mismo, a la vez que de la velocidad de rotación, aunque esta última está condicionada por las características de la cosecha.

La trilla de las espigas se realiza por la acción de las barras del cilindro sobre las del cóncavo. La mayor parte del producto trillado atraviesa el cóncavo y la paja se lanza sobre un cilindro deflector (batidor) que la orienta hacia los sacudidores.



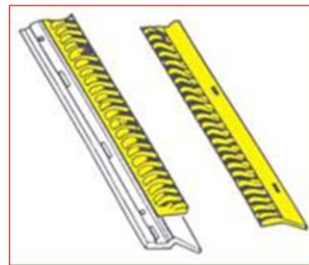
Cilindro trillador de barras



Conjunto de cilindro y cóncavo



Detalle de las barras



Con el cilindro de barras se pueden trillar la mayoría de las cosechas, y lo forman un conjunto de barras de acero (ocho o diez) con una cara estriada, fijadas sobre discos de chapa de acero estampado, unidos a un eje transversal, montado sobre rodamientos, que acciona el conjunto.

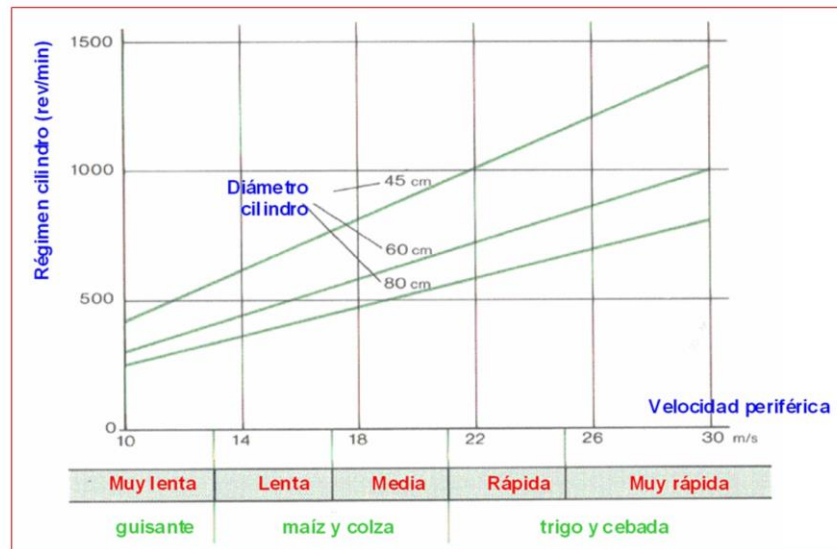
Los estriados inclinados de las barras trilladoras contiguas son opuestos, y producen un efecto de fricción sobre la mies que pasa entre el cilindro y el cóncavo. En las cosechadoras modernas las barras con sus estriados son de una sola pieza. Es frecuente la inclusión de barras de inercia para aumentar la masa del cilindro. El conjunto se equilibra estática y dinámicamente.

El cóncavo está formado por un conjunto de barras de acero paralelas unidas por barras laterales y varillas. Se sitúa por debajo del cilindro, en posición relativamente retrasada, y mantiene una curvatura similar a la exterior del cilindro. Es frecuente que el cóncavo esté formado por elementos independientes intercambiables cuyos orificios se adaptan al tamaño de grano cosechado. El ángulo abarcado por el cóncavo suele ser de 100-125 grados.

La posición relativa entre el cilindro y el cóncavo se modifica mediante mecanismos que ajustan la separación, tanto en la entrada como en la salida. La distancia entre el cilindro y el cóncavo debe ser pequeña para cereales de grano fino difíciles de trillar, y hay que aumentarla a medida que el grano se hace más grueso y frágil. Como valores de referencia para el trigo se dan 12 mm en la entrada y 3 mm en la salida. En algunas máquinas, la regulación de la distancia en la entrada y en la salida de la mies se realiza de forma independiente.



Velocidad periférica del cilindro

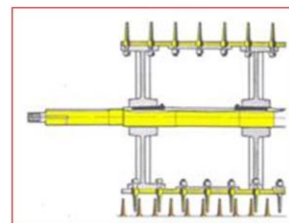
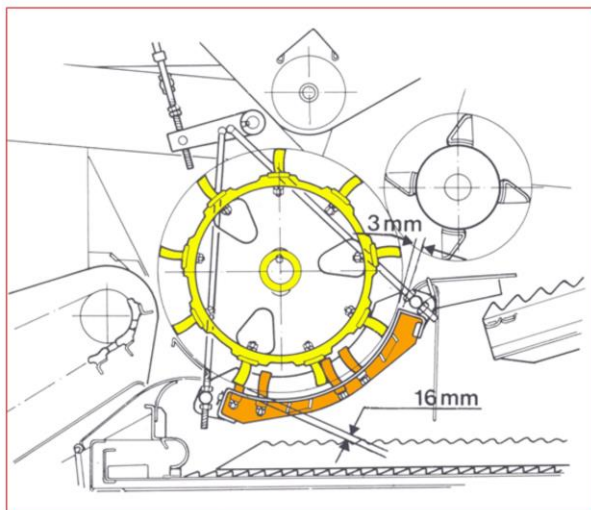


Los diámetros de los cilindros suelen variar entre 450 y 750 mm, con valores más frecuentes entre 600 y 660 mm. Un cilindro pesado ofrece mayor inercia, adaptándose mejor a las variaciones del caudal de mies que le llega desde el cabezal. El diámetro del cilindro conviene que sea grande, ya que en un cilindro de pequeño diámetro se reduce la superficie de separación para el mismo ángulo abarcado por el cóncavo, y el recorrido de la mies es más curvado, con lo que se dificulta el paso.

El régimen de giro del cilindro se puede modificar mediante un variador para conseguir velocidades periféricas entre 10 y 30 m/s. Para trigos y otros cereales en general las velocidades periféricas se mantienen en el intervalo de 20 y 30 m/s. Cuanto más dura y seca se encuentra la mies menor debe ser la velocidad periférica del cilindro. Se recomienda ajustar el régimen de rotación para conseguir la trilla completa sin que se produzca la rotura de los granos, ni triturar excesivamente la paja, ya que si esto sucede se puede sobrecargar el sistema de limpieza del grano por obstrucciones en las cribas.



Cilindro de dedos o dientes



Detalle del ajuste entre dedos

En cultivos como el arroz se utiliza un cilindro con dedos o dientes, junto con un cóncavo que también los lleva. La trilla se realiza mediante el peinado de la paja.

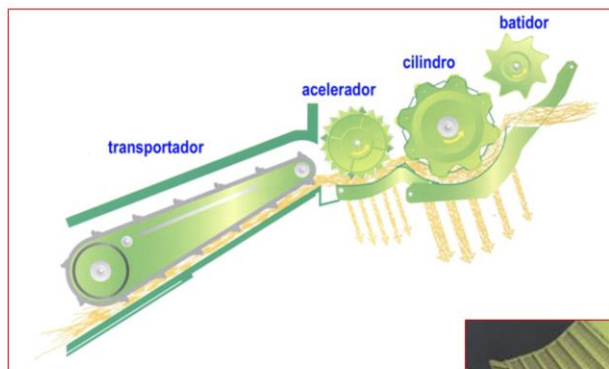
La estructura del cilindro con dientes es similar a la del cilindro convencional. Las barras transversales disponen de anchura suficiente para colocar los dientes que se fijan mediante tuercas en la parte inferior.

Se fabrican cosechadoras especialmente diseñadas para el arroz, en las que, además del cilindro trillador y el cóncavo de dientes, se incluye un batidor con dientes situado al final de los sacudidores, que ayuda a recuperar los granos que permanecen unidos a la paja.



Trillado mediante doble cilindro

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Cambio de los elementos del cóncavo



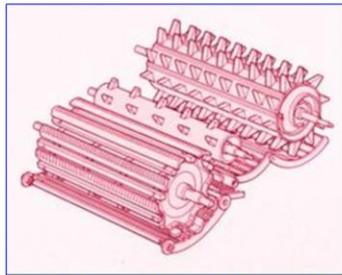
Para aumentar la capacidad de trilla sin tener que incrementar la anchura del cilindro trillador, Claas ha desarrollado su sistema APS, en el que por delante del cilindro trillador se sitúa otro cilindro con su correspondiente cóncavo que actúa como “acelerador” de la mies que llega al cilindro principal.

El acelerador, el cilindro y el batidor son accionados mediante una transmisión con un variador central. Las transmisiones entre ellos hacen que el acelerador gire a un régimen del 80% del cilindro, mientras que el batidor lo hace al 68%. Las velocidades periféricas correspondientes para 30 m/s en el cilindro, son de 24 m/s en el acelerador, y de 20 m/s en el batidor, lo que hace que la mies, que llega con una velocidad de 3 m/s se acelere a 12 m/s en su paso por el acelerador y hasta 20 m/s en el cilindro, para descender a 9 m/s cuando la impulsa el batidor.

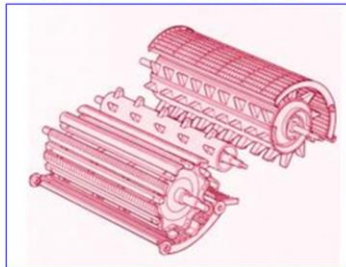
El cóncavo utilizado tiene dos elementos, el primero de ellos, que se sitúa debajo del acelerador, admite diferentes rejillas intercambiables con dimensiones que se adaptan al tipo de grano. El cóncavo principal es universal, y en la primera parte los orificios son de menor tamaño que en la segunda. Los ángulos con los que envuelven los cóncavos a los cilindros son de 90 grados en el acelerador y 142 grados en el principal.



Separadores rotativos



Sistema "multi-crop"



Separador rotativo
con cilindro conductor

El objetivo es el de realizar una separación por fuerza centrífuga del grano que sale de la trilla unido a la paja camino de los sacudidores. Esta separación centrífuga secundaria puede ocasionar un aumento en el triturado de la paja, o mayor cantidad de grano partido, en determinadas condiciones de cosecha, por lo que el conjunto de los cóncavos secundarios unidos al sistema "multi-crop", se pueden desplazar hacia arriba para que el sistema de trilla descargue directamente en los sacudidores. El primero de los cilindros, que ocuparía el lugar del batidor es un molinete expulsor con 400 mm de diámetro que gira a 800 rev/min. Detrás, el cilindro separador dentado, con 600 mm de diámetro y dotado de paletas que impiden el enrollamiento de la paja, gira a 750 rev/min. Para cosechar maíz se reduce el régimen de este cilindro a 250 rev/min.

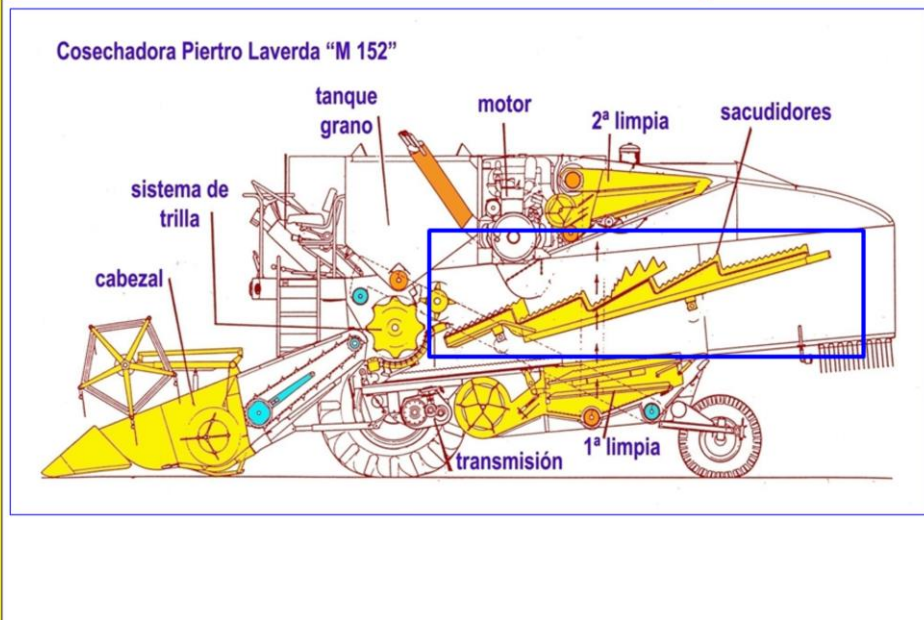
El separador rotativo con cilindro conductor se introduce en las cosechadoras John Deere de la serie T, en las que el separador rotativo va precedido de un cilindro guía y otro cilindro conductor que gira en sentido contrario al cilindro trillador, haciendo que la paja trillada se desplace sin cambiar bruscamente de trayectoria, a la inversa de los que hace el batidor en un sistema de trilla convencional. A la salida del separador rotativo se encuentra un batidor con su propia rejilla que lanza la paja trillada sobre los sacudidores. El cilindro guía, situado después del cilindro trillador y por delante del cilindro conductor, gira siempre a un régimen 125% más rápido que el del trillador, lo que hace que se favorezca el flujo del material que sale entre el cilindro y el cóncavo. El cilindro conductor canaliza el flujo que recibe y se hace girar a un régimen de 700 rev/min.

El separador rotativo gira a 450 ó a 900 rev/min en función del estado de la cosecha, y dispone de un cóncavo ajustable en dos posiciones. Se estima que entre el 14 y el 16% del grano trillado pasa a través del cóncavo del cilindro separador, quedando entre el 5 y el 13% que se separa en los sacudidores (saca-pajas).



Componentes: Sistema de separación

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



En una cosechadora convencional los sistemas que realizan el proceso de recolección, y que se pueden analizar de manera independiente, son:

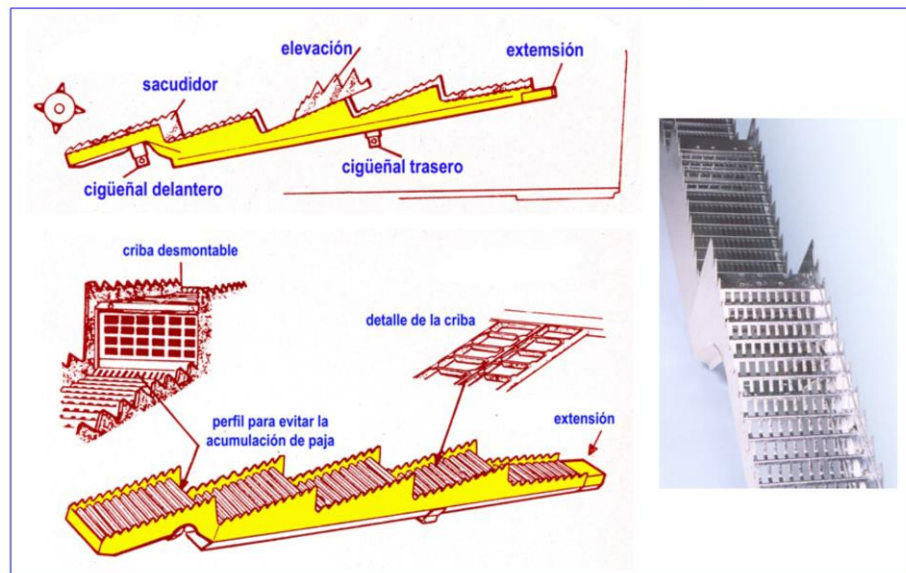
- El conjunto del corte y alimentación
- El sistema de trilla
- El sistema para la separación de la paja**
- El sistema de limpieza del grano

En las cosechadoras definidas como de "flujo axial", los elementos de trilla y separación van unidos, a la vez que no se utilizan sacudidores.



Sistema de separación

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



En los sistemas de separación clásicos son los sacudidores (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.

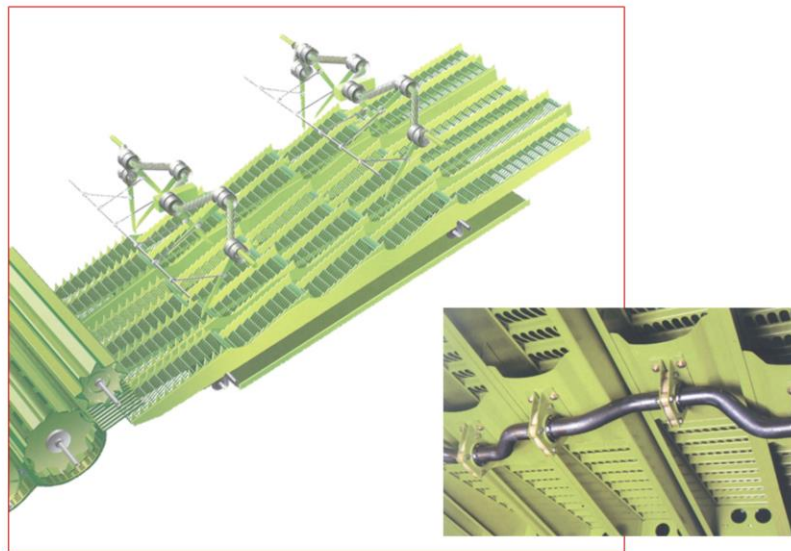
Cada sacudidor tiene una sección rectangular; en la cara superior hay unas perforaciones que permiten el paso del grano hacia la cara interior, que, si está perforada, descarga sobre un plano inclinado que transporta los granos recuperados hacia la parte delantera de la máquina, al comienzo del sistema 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 incorporan 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.



Conjunto de sacudidores y cigüeñal

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



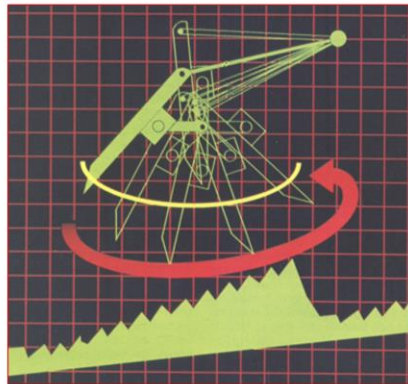
Los sacudidores van montados sobre dos cigüeñales que se mueven de forma sincronizada con un desfase entre elementos para mantener un equilibrio dinámico. Las uniones entre los sacudidores y los cigüeñales se realizan mediante rodamientos especiales, o con bloques de madera dura engrasada con aceite,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



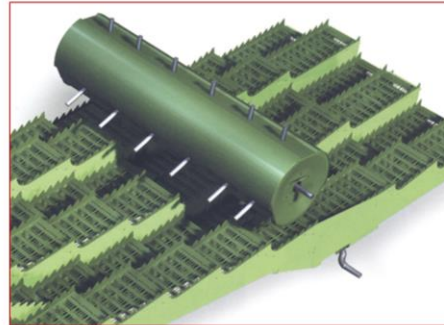
Separación forzada

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Dedos accionados (Claas)

Cilindro con dedos (JD)



Claas en algunos 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.

John Deere recomienda para algunos mercados 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.

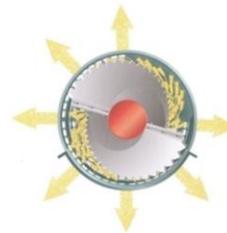
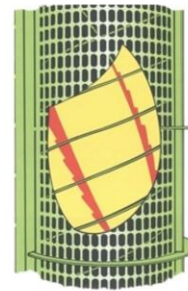
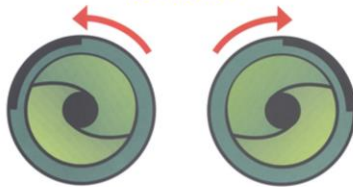
Un sistema similar al Power Separator lo monta Claas en las Lexion 460-430 Evolution, que se designa como "Multi-Sistema –Separador" (MSS), especialmente recomendado para la recolección de cosechas muy húmedas.



Separadores rotativos (Claas)



Separación por doble cilindro



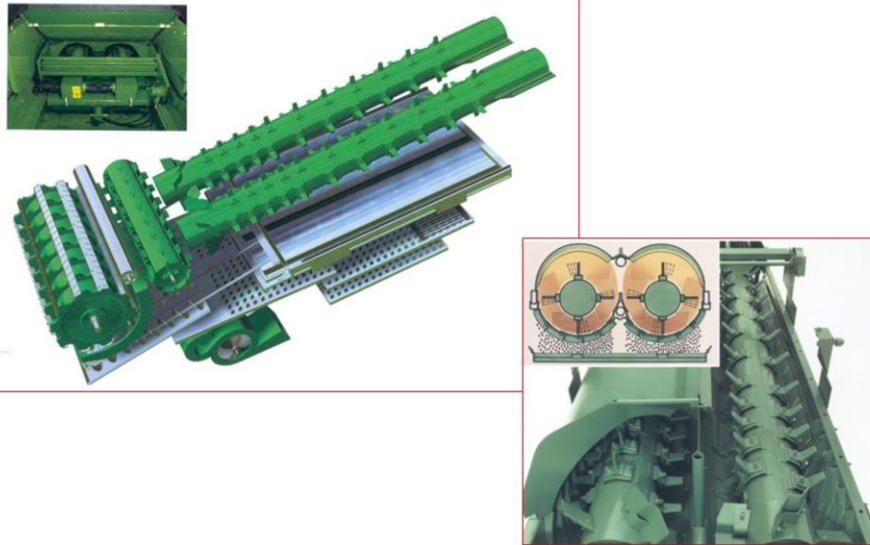
En modelos de cosechadoras con mayor capacidad de trabajo, para poder reducir la longitud de los sacudidores, se han desarrollado sistemas de separación basados en rotores. Inicialmente fue New Holland la que introdujo un rotor transversal en las cosechadoras TF. En la actualidad Claas y John Deere utilizan sistemas de separación con dos cilindros longitudinales que giran en sentidos contrarios y que remplazan totalmente a los sacudidores.

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. 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.



Separadores rotativos (CTS)

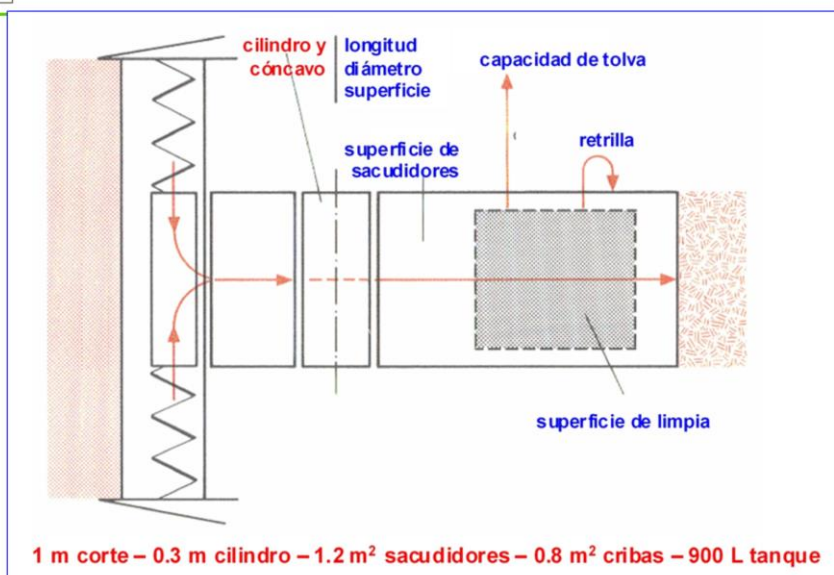
Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



En las cosechadoras CTS de John Deere 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



Dimensiones de referencia



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, determina 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 dan referencias, como que por cada metro de anchura de corte se necesitan 0.3 m de longitud de cilindro y 1.2 m² de superficie de sacudidores, y la capacidad de la tolva alcanza un valor de 900 litros. Una longitud de 0.3 m de cilindro trillador equivaldrían aproximadamente 0.225 m² de superficie de cóncavo.

Sin embrago, a medida que se introducen dispositivos complementario para intensificar el efecto de trilla o sistemas de separación mediante rotores, se produce gran dispersión entre las magnitudes correspondientes a cada sistema.



Dimensiones relativas con respecto a las anchuras del cilindro y del corte

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

	Anchura_media cilindro (m)	Sacudidores m ² /m_cilindro	Cribas m ² /m_cilindro	Tolva grano L/m_cilindro	Potencia CV/m_cilindro	Peso sin cab. kg/m_cilindro
5 sacudidores	1.34	4.62	3.05	5721	207	8706
6 sacudidores	1.60	5.21	3.07	5094	196	7863

	Anchura_cilindro m/m_corte	Sacudidores m ² /m_corte	Cribas m ² /m_corte	Tolva grano L/m_corte	Potencia CV/m_corte	Peso sin cab. kg/m_corte
Anchura corte de 5.00 m	0.27	1.24	0.82	1533	56	2330
5 sacudidores						
Anchura corte de 6.50 m	0.25	1.29	0.76	1256	48	1939
6 sacudidores						

Tomando como referencia las dimensiones correspondientes a algunos modelos de cosechadoras europeas actuales de tipo clásico con 5 y 6 sacudidores, se puede observar que el diámetro del cilindro trillador varía entre 450 y 660 mm. La longitud media en el caso del cilindro está sobre 1.34 m en las máquinas de 5 sacudidores, y de 1.60 m en las de seis sacudidores.

Para estos modelos de cosechadoras los fabricantes ofrecen cabezales con anchura de corte entre 9.10 y 3.70 m, con valores medios de 8.0 m para la anchura máxima y 4.40 m para la anchura mínima. Tomando como referencia el cabezal de 5.00 m de anchura de corte para las cosechadoras de 5 sacudidores y el de 6.50 m para la de 6 sacudidores, las dimensiones relativas para los diferentes sistemas de la máquina son las que se indican en el cuadro.



Dimensiones de referencia en función de la anchura del cilindro trillador

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

nº sacudidores	4	5	6	
cilindro (m)	1.05	1.34	1.60	m
potencia (200 CV/m)	210	268	320	CV
cabezal máx. (0.20 m/m)	5.25	6.70	8.00	m
cabezal mín. (0.30 m/m)	3.50	4.47	5.33	m
superficie cribas (3.06 m ² /m)	3.21	4.10	4.90	m ²

Tomando como referencia la relación entre la potencia de los motores y la anchura del cilindro trillador en máquinas con 4, 5 y 6 sacudidores, que son las más frecuentemente utilizadas, se puede establecer unas equivalencias.

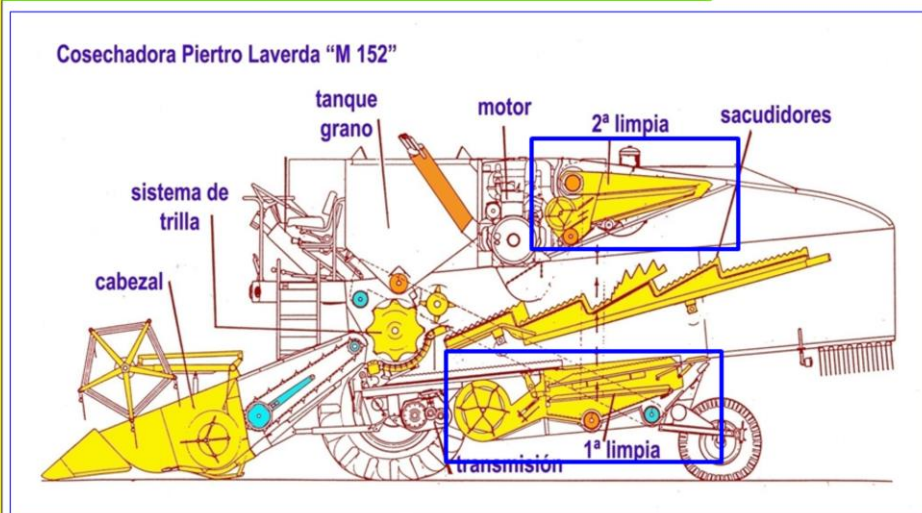
En las cosechadoras diseñadas para trabajos en parcelas con fuertes pendientes la potencia del motor se suele incrementar respecto al modelo equivalente en versión normal, o bien reducir la anchura de corte del cabezal.

Es frecuente, en el área americana, establecer una diferenciación entre las cosechadoras para granos mediante "Clases" en función de la potencia de sus motores, lo que se aplica especialmente a las máquinas de flujo axial. No puede considerarse esta como la mejor opción, ya que habría que clasificar las cosechadoras en función de la capacidad de procesado, en términos del caudal de paja y de grano (t/h para una determinada relación entre paja y grano) con el 1% de pérdidas por la trasera de la máquina, pero dada la variabilidad de cultivos y condiciones de trabajo, la referencia a la potencia se ha impuesto, aunque convendría incluir un factor corrector que tomara en consideración la superficie de cribas que realizan la limpieza del grano trillado, común a todos los tipos de máquinas.



Componentes: Sistemas de limpieza del grano

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



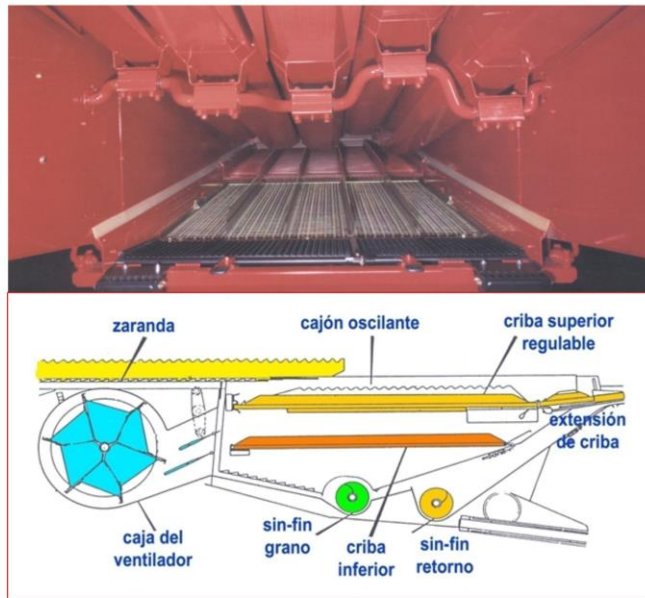
En una cosechadora convencional los sistemas que realizan el proceso de recolección, y que se pueden analizar de manera independiente, son:

- El conjunto del corte y alimentación
- El sistema de trilla
- El sistema para la separación de la paja
- El sistema de limpieza del grano**

En las cosechadoras definidas como de "flujo axial", los elementos de trilla y separación van unidos, a la vez que no se utilizan sacudidores.



Sistema de limpieza clásico



Los elementos que forman parte de este sistema tienen como función separar el grano de cualquier elemento extraño, restos de paja, granos sin trillar y partidos o con poco peso. El sistema de limpieza clásico está formado por un cajón oscilante con cribas y un ventilador.

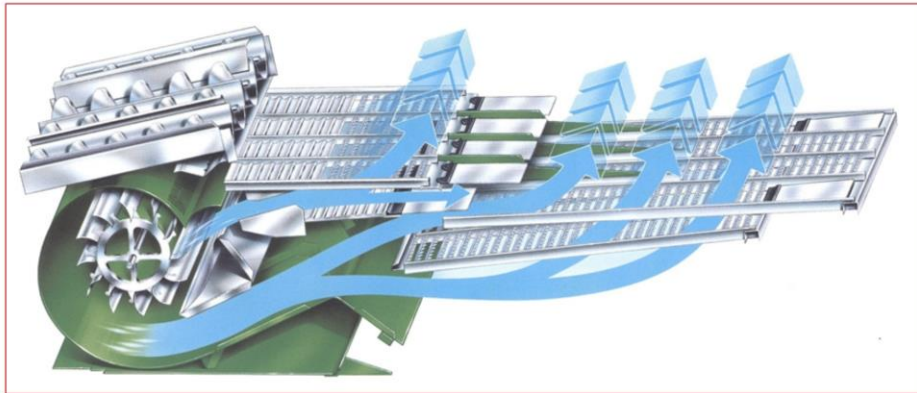
Una mesa o plano inclinado de preparación, también denominada zaranda, recibe el material que atraviesa el cóncavo y la que trae la bandeja que recoge el procedente de los sacudidores y lo ordena (pesado abajo y ligero arriba) para verterlo sobre la criba superior del sistema de limpieza. Está accionada con un movimiento alternativo, generalmente en sentido contrario al cajón en el que encuentran las cribas; en otros casos la zaranda incluye también la criba superior y se mueven en el mismo sentido, mientras que la criba inferior lo hace en el opuesto.

La suspensión de estos elementos se realiza mediante bielas con bujes y rodamientos de bolas, y el accionamiento se hace desde el cigüeñal de los sacudidores; en otros casos desde la polea del sinfín que eleva el grano limpio hasta la tolva. En algunas cosechadoras se utilizan transportadores de cadenas o de tornillo sinfín para llevar el grano hasta las cribas.



Sistema de limpieza con ventilador-turbina

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



La criba superior, que está situada en un plano más bajo que la zaranda, recibe en forma de cascada todo el material procedente de la misma. El material ligero es eliminado antes de caer sobre la criba, impulsado por una corriente de aire, generada por un ventilador, que lo lanza hacia la cola de la máquina.

El material pesado caen sobre la criba, que tiene unos orificios en forma de persiana, que permiten el paso de las partículas cuyas dimensiones son menores que los orificios de la criba. Las dimensiones de los orificios se pueden ajustar mediante una palanca, y generalmente son de aletas dobladas o de aletas planas, que son los que se recomiendan para cosechas húmedas como el arroz.

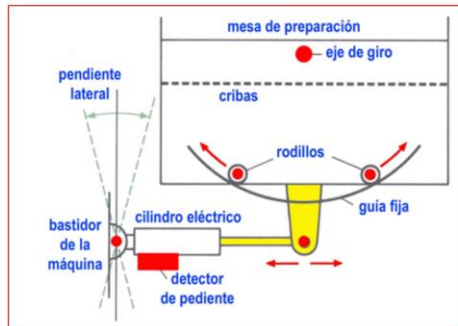
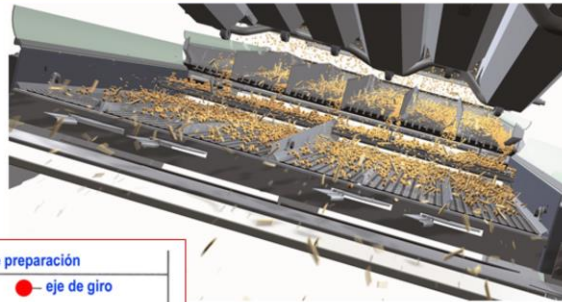
La acción de la corriente de aire generada por el ventilador de tipo centrífugo atraviesa las perforaciones de la criba, expulsando hacia el exterior la cascarilla y trozos de paja (tamo o granza ligera), y deja pasar los granos pesados a la criba inferior. La cantidad de aire hay que ajustarla a la densidad del grano cosechado y al grado de abertura de las cribas. Unos deflectores permiten la orientación de la corriente de aire procedente del ventilador dando prioridad a diferentes zonas de la criba.

Las cribas trabajan mejor cuando están completamente cubiertas de producto, sin que este llegue a pasar al retorno, por lo que conviene elegir orificios de mayor dimensión cuanto mayor sea la cantidad de producto que recoge la cosechadora.



Corrección de pendientes en las cribas

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Sistema para mantener horizontal de caja de cribas (New Holland)

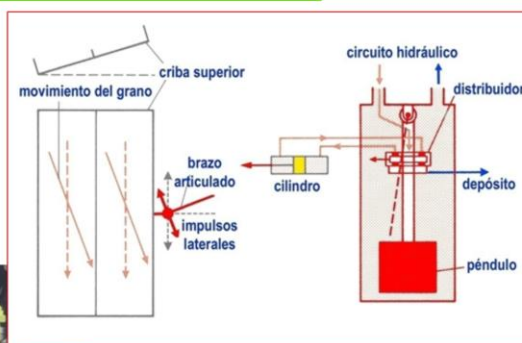
Cuando se inclina la cosechadora por trabajar en terreno en pendiente siguiendo las curvas de nivel, la caja de cribas también se inclina, con lo que el material tiende a desplazarse hacia la parte baja de las cribas, reduciendo la capacidad de trabajo, aumentando las pérdidas y empeorando el grado de limpieza del grano que llega a la tolva.

Para evitarlo ofrecen diferentes soluciones, como el sistema que permite mantener horizontal del conjunto limpiador. En este caso, la caja de cribas pivota alrededor de un eje situado entre la mesa de preparación, y se desplaza sobre unas guías fijas, controlada por un cilindro eléctrico. El accionamiento del cilindro, unido por un extremo al bastidor de la máquina y por el otro a la caja de cribas, se realiza a partir de la información que recibe un detector de pendiente. El sistema permite mantener horizontal el sistema de limpieza (zarandón y cribas) para cualquier inclinación que tome la máquina inferior a 17% de pendiente. Esto hace posible que se mantengan las prestaciones del sistema de limpieza sin que sea afectada por la pendiente transversal



Sistema de compensación dinámica 3D de Claas

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Otra alternativa es la compensación dinámica para evitar el deslizamiento lateral del grano sobre las cribas. Para ello la criba superior se someten a una oscilación complementaria en contra de la pendiente, cuya amplitud y dirección depende de la inclinación que tome el bastidor de la máquina. Así se compensa la pendiente en tres dimensiones, manteniendo el accionamiento del cajón de limpieza.

Para ello se utiliza un brazo articulado que actúa sobre la criba, accionado por un cilindro hidráulico que controla un distribuidor unido a un péndulo de grandes dimensiones con amortiguación oleohidráulica. El brazo articulado produce los impulsos sobre la criba que obliga al grano a moverse en oposición a la pendiente.

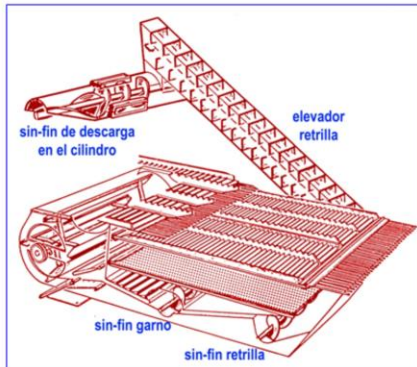
Cuando se trabaja en pendientes longitudinales, algunos fabricantes ofrecen modelos con la posibilidad de ajustar automáticamente la velocidad el aire que llega a la caja de cribas, reduciéndolo cuando se trabaja en pendiente ascendente y aumentándolo en la pendiente descendente.



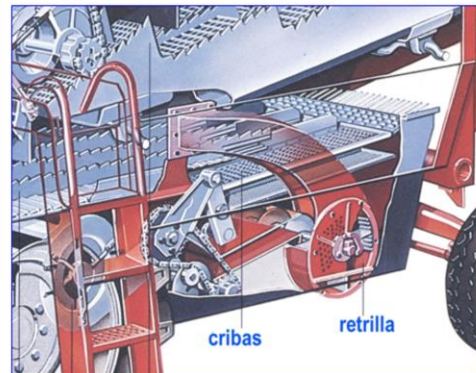
Retrilla de la granza

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Retorno al cilindro



Retrilla independiente



El material que no atraviesa las cribas lo componen elementos gruesos, como las espigas parcialmente trilladas, material que habitualmente se designa como granza. Para las mismas se dispone de un sistema de transporte que las hace retornar la parte alta del cilindro trillador para que sean trilladas. Este sistema incluye un sinfín situado en la zona de descarga anterior de las cribas, un elevador de cangilones y un sinfín para la descarga en la parte superior del cilindro de trilla, pasando de nuevo por el sistema de separación.

En otros casos se utiliza un sistema independiente, que se conoce como de retrilla. En estos casos suele ser el propio sin-fin de descarga que transporta la granza hasta un rotor de paletas, rodeado de una envuelta estriada en una parte que actúa como cóncavo. Por la acción de las paletas sobre el cóncavo se produce el desgrane de las espigas sin trillar. Los granos y las impurezas que los acompañan son impulsados por el viento generado por las paletas hacia la parte superior de la caja de cribas, donde se realiza la separación y recuperación de grano.



Control de retila y grano partido

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



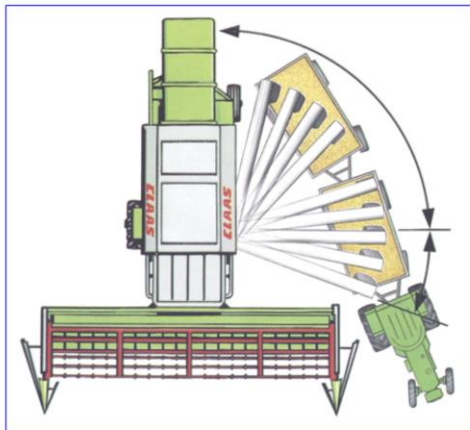
El grano limpio, que procede de la caja de cribas se eleva mediante un transportador de cangilones a la tolva situada en la parte central de la cosechadora, detrás de la cabina del conductor. La descarga se realiza mediante un sinfín que permite el llenado completo de la tolva. La capacidad de la tolva varía entre los 5 000 litros de las máquinas pequeñas hasta más de 14 000 litros en las más grandes. Desde la cabina suele ser posible revisar el grado de limpieza del grano que llega a la tolva, así como la granza que llega a la retila.

Para aumentar la capacidad de la tolva, en algunos modelos de cosechadoras, la parte superior de la tolva dispone de paneles que se despliegan, aumentando el volumen disponible para la recepción del grano, y se pliega para el transporte, con el objetivo de reducir la altura de circulación que suele estar limitada por los códigos de circulación vial.



Descarga del grano

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

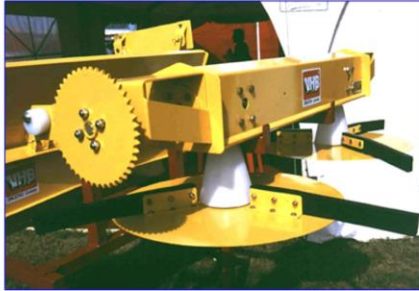


La descarga del grano contenido en la tolva se realiza mediante tornillos sin-fin que toman el grano desde el fondo y lo elevan por un tubo, que se ajusta en altura y orientación, situado en el costado de la máquina. El caudal de descarga puede superar los 100 L/s, siendo el tiempo de vaciado de la tolva inferior a 2 minutos. El motor hidráulico que pone en funcionamiento del dispositivo de vaciado de la tolva se controla generalmente con un interruptor de pedal situado en el piso de la cabina para realizar la descarga sin tener que abandonar los controles principales de la cosechadora (volante y joystick multimando).

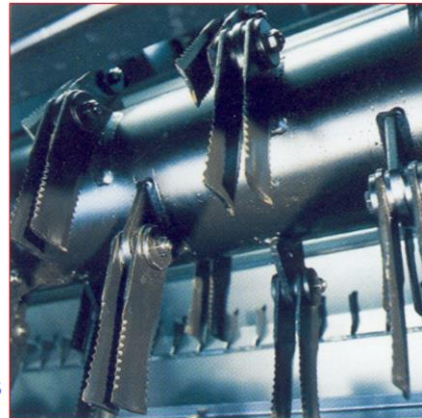


Esparcido de la paja y picado de la paja

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Esparcidor de paja
(discos con paletas)



Cuchillas picadoras

El incremento de las superficies cultivadas, manteniendo los restos de cosecha en el suelo para protegerlo de la erosión, ha obligado a los fabricantes de cosechadoras a dar un especial atención a los sistemas de picado y esparcido de paja y granza ligera (tamo), ofreciendo dispositivos que permitan, tanto la agrupación de la paja, picada o sin picar, en un cordón fácil de recoger con una empacadora, como esparcirla uniformemente en toda la anchura de corte de la cosechadora.

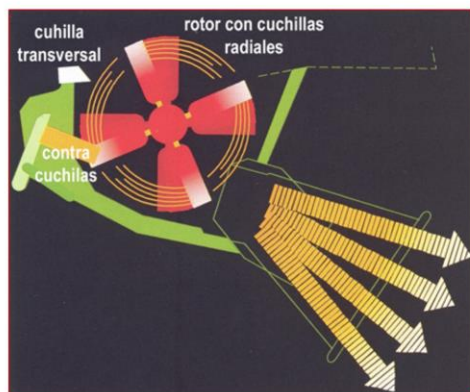
El material que se expulsa a partir de los sacudidores tiene unas características dimensionales muy diferentes del que sale de las cribas. Este último, conocido como tamo, formado por elementos de pequeño tamaño, tiende a crear una capa compacta en la cola de la cosechadora que dificulta la siembra directa posterior. La paja, que sale de los sacudidores, si no se va a realizar el empacado posterior, conviene que sea picada en trozos con una longitud de 8 a 10 cm (trigo, cebada, etc.) antes de su esparcido uniforme en la cola de la cosechadora.

Para el picado de la paja los fabricantes ofrecen diferentes alternativas, basadas todas en un rotor con cuchillas y contra cuchillas fijas situado en la zona de descarga de los sacudidores, dando opción a que la paja sea picada cuando atraviesa el rotor, o bien pase sin picar al suelo para formar un cordón homogéneo y que facilite su posterior recogida y empacado.



Uniformidad del picado y del esparcido

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Picado preciso



Algunos fabricantes, además de las cuchillas dentadas unidas al rotor situado perpendicularmente a la salida de la máquina, utilizan otra cuchilla trasversal que ayuda a conseguir un picado homogéneo.

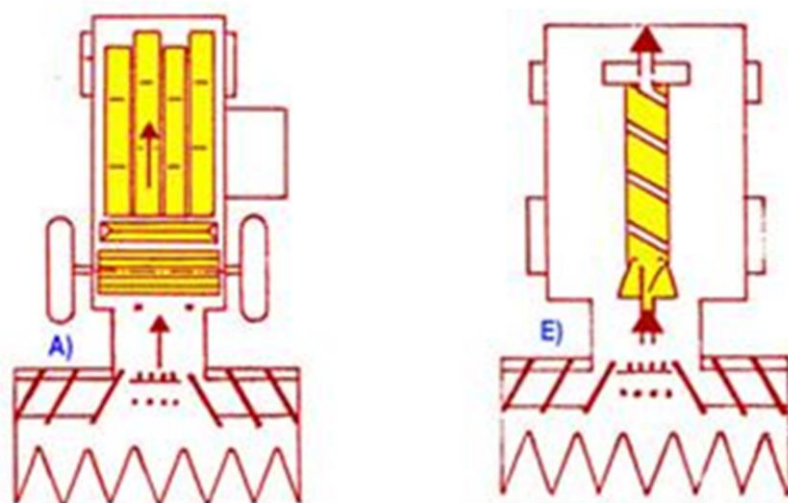
Una vez picada la paja, se procede a su esparcido utilizando rotores de paletas o aletas fijas situadas en el canal de salida de la paja, que se pueden retirar en el caso de que no interese realizar el esparcido.

Hay otras opciones, como la de utilizar esparcidores cerrados, que aprovechan la corriente de aire generada por paletas. Estos pueden estar dotados de un movimiento de oscilación que garantiza que el material expulsado por la cola cubre toda la anchura de corte de la cosechadora.

El picado de la paja exige que el motor de la cosechadora suministre mayor potencia, por lo que aumenta el consumo de combustible cuantificable en 1.5 a 2.0 L/ha sobre los 15-18 L/ha de consumo en la recolección de una cosecha de trigo o cebada de 3500 a 5000 kg/ha.



Trilla y separación axial



En función de la posición relativa de los elementos de trilla se pueden establecer distintos tipos de cosechadoras de grano:

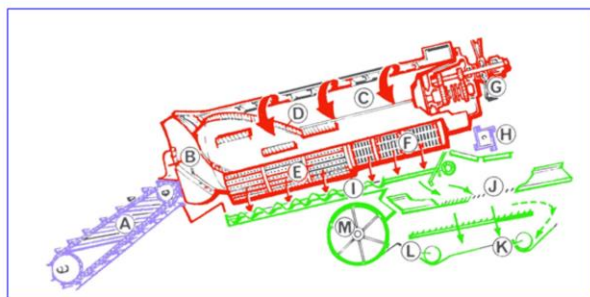
- A) **Cilindro transversal con sacudidores**
- B) Cilindro y rotores transversales que sustituyen total o parcialmente a los sacudidores
- C) Cilindro transversal y rotores longitudinales que sustituyen a los sacudidores
- D) Doble cilindro longitudinal (trilla y separación)
- E) **Cilindro longitudinal único (trilla y separación)**
- F) Cilindro transversal único (trilla y separación)

Las diferencias respecto a las cosechadoras convencionales están en el sistema de trilla y separación. El cilindro trillador se coloca en posición longitudinal sobre la máquina, e inclinado respecto a la horizontal, y se encarga tanto de la trilla como de la separación del grano, utilizando los efectos de choque y las fuerzas de fricción y centrífugas que se producen sobre la mies, obligada a desplazarse por el rotor en el interior de una cámara cilíndrica.



Trilla y separación mediante rotor de flujo axial (Case IH)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



- A: Elevador
- B: Entrada al rotor
- C: Rotor trillador-separador
- D: Resaltes del rotor
- E: Cóncavo
- F: Rejillas de separación
- G: Accionamiento del cilindro
- H: Cilindro lanza-paja
- I: Sinfines para el grano



International Harvester inicia la producción en serie (año 1978) de una cosechadora de “flujo axial” para todo tipo de granos y semillas. Los objetivos que se pretendían con estos desarrollos fueron: incrementar la capacidad de trabajo de las máquinas sin aumentar sus dimensiones, conseguir unos ajustes más fáciles de realizar y menos sensibles a las variaciones de la cosecha, y mejorar la calidad del grano cosechado. El hecho de prescindir de los sacudidores, haciendo una máquina más compacta, podría eliminar muchos problemas, pero no todos los usuarios quedaban satisfechos con lo que estas máquinas ofrecían en sus primeras versiones.

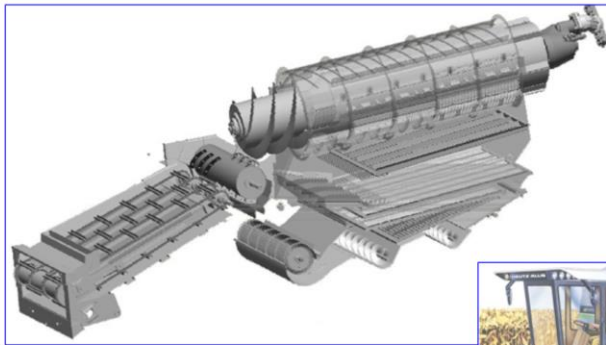
En la parte delantera y media del rotor, con forma cilíndrica, se sitúan unas barras en hélice y otras paralelas al eje que realizan la trilla. En la última parte, también cilíndrica y con el mismo diámetro solo se utilizan barras paralelas que ayudan a la separación del grano de la paja, que se expulsa por detrás.

La forma de las barras hace que la mies vaya subiendo a la vez que gira sobre el rotor con una separación del grano eficaz y sin que se produzcan choques violentos. Las barras situadas sobre el rotor se pueden cambiar para ajustarse al tipo de cosecha, y el rotor, equilibrado dinámicamente en fábrica, hay que re-equilibrarlo cuando se cambian los elementos de trilla y separación. La velocidad periférica de la paja alrededor del rotor es de aproximadamente la tercera parte de la del propio rotor, y el número de giros de la paja es de unos ocho, antes de ser expulsada por detrás. El tiempo que tarda la paja desde que entra a la máquina hasta que sale por detrás es de unos 4 a 5 segundos, frente a los 10 a 12 segundos de una cosechadora con sistemas de trilla convencional y sacudidores.



Cosechadoras axiales de AGCO

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Las axiales con cilindro longitudinal se comercializan en Europa con las marcas Massey Ferguson y Fendt. El rotor que utilizan, designado como rotor ATR, de 800 mm de diámetro (700 mm en el modelo más pequeño) y 3556 mm de longitud, se alimenta con un cilindro de 457 mm, dotado de espirales en la superficie, que se encarga también de la separación de piedras. En la primera parte del rotor principal se encuentra una entrada de tornillo con triple fileteado que distribuye la carga continuamente en tres líneas de entrada. El cóncavo de trilla abraza al rotor con un ángulo de 161° . Está dividido en 9 sectores y utiliza un varillaje paralelo que hace avanzar el material a lo largo del rotor con ángulo constante. La expulsión de la paja es directa, sin componentes adicionales y mediante seis paletas situadas en el propio cilindro.

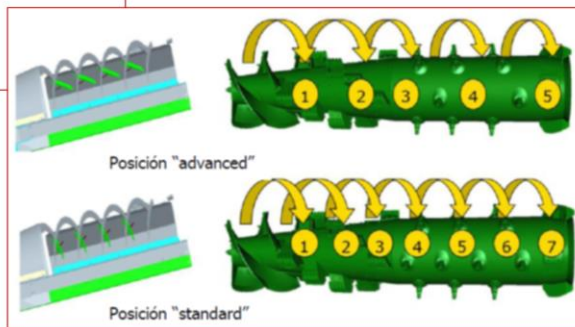
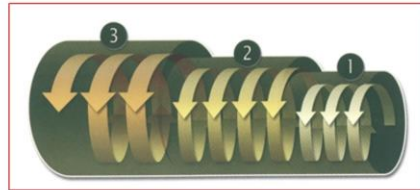
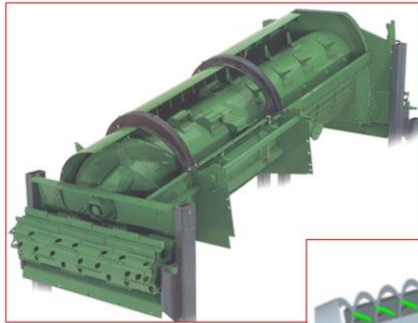
El accionamiento del rotor es hidrostático y se controla su régimen de giro desde el terminal GTA del puesto de conducción, permitiendo incluso la inversión del sentido de giro.

Con la Gleaner se ofrece una cosechadora con cilindro único, y sin sacudidores, situado transversalmente en el cuerpo central de la máquina y alimentado tangencialmente por uno de los lados. La mies se desplaza axialmente sobre el cilindro que realiza la trilla y la separación completa, descargando por el extremo opuesto. Esta máquina puede considerarse específicas para el maíz y la soja, aunque también pueden utilizarse con granos finos.



Cosechadora axial de John Deere

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Deflectores de ángulo variable

La envoltura del rotor se ajusta en la zona de entrada a las tres hélices que reparten el flujo de la mies que llega del elevador, pasando en un escalón a 750 mm de diámetro (zona de trilla) y en otro posterior de 834 mm en la zona de separación. En la parte superior de las cubiertas, tanto en la zona de trilla como de separación, se sitúan unos resaltes que dirigen el flujo de mies hacia atrás. El aumento del diámetro de la cámara permite la expansión de la paja a medida que va siendo trillada.

Por delante del rotor trillador-separador se sitúa un cilindro transversal “acelerador” que pone en contacto la mies que llega del elevador con las paletas que la impulsan al interior de la cámara. El trillado se realiza con 9 barras de trilla dentadas que actúan sobre el cóncavo que abraza al rotor por la parte de abajo. Se ofrecen tres tipos de cóncavos, que son intercambiables: estándar, de barras (para maíz, soja, judías y guisantes) y de rejilla pequeña (para semillas de pequeñas dimensiones).

En la zona de separación, seis filas de dedos en ángulo realizan el peinado de la paja para facilitar la separación del grano. A la salida de la cámara del rotor un batidor con cinco paletas ayuda a expulsar el material sobre una parrilla de descarga.

Se utilizan deflectores de ángulo variable que se activan por medio de un motor eléctrico, con dos posiciones que permiten influir de forma activa sobre el flujo del material en el rotor. La inclinación de los deflectores condiciona el tiempo en que la mies permanece en el interior del rotor y el número de giros que realiza. De este modo es posible optimizar la potencia de la máquina, mejorando el rendimiento en la separación y la calidad de la paja. El ajuste se puede realizar desde la cabina con la máquina en marcha.



Cosechadora axial de doble rotor (New Holland)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Cosechadoras de la Serie CR con dos rotores longitudinales, que se encargan de la trilla y de la separación del grano; como en todas las de flujo axial, han desaparecido los sacudidores. Los rotores no se encuentran totalmente envueltos por los cóncavos, sino que quedan libres por la parte superior (Se pueden cerrar con chapas para algunas cosechas).

Además de las diferencias en la potencia de los motores para los diferentes modelos de la serie, se utilizan rotores de tamaño diferente: 430 mm y 560 mm.

En la parte delantera de los rotores, unos álabes recogen la mies que llega del elevador y dividen su flujo para que siga caminos diferentes a lo largo de los rotores que giran en sentidos opuestos. Los cóncavos sólo cubren los rotores por la parte inferior, por lo que la trilla se asemeja a la que realizan los conjuntos de cilindro-cóncavo convencionales, aunque el avance de la mies sigue una trayectoria helicoidal. Las barras desgranadoras, colocadas en zig-zag, las aletas separadoras y los dedos agitadores hacen avanzar la mies a medida que se desprende el grano atravesando el cóncavo camino de la caja de cribas. A la salida de los cilindros, un batidor transversal con su propio cóncavo recibe la paja y la lanza hacia el esparcidor, que admite el esparcido, el picado o el hilerado de la paja sobre la parcela.



Los números de las cosechadoras axiales

- En una cosechadora clásica la **velocidad de la mies en el cilindro (entrada tangencial de la mies) está entre 5 y 6 m/s**, mientras que en los sacudidores baja hasta 0.4-1.0 m/s.
- En las cosechadoras de flujo axial los valores medidos para la velocidad tangencial, sobre las primeras máquinas que llegan al mercado, fueron de **4 a 10 m/s en la zona de trilla y de 5 a 11 m/s en la de separación**.
- En cilindros con una longitud entre 3 y 4 m, si la mies los recorre en 4 a 5 segundos, esto significa que la **velocidad axial media se encuentra alrededor de 1 m/s**.

En consecuencia, parece que cuando se dispone de potencia suficiente, se pueden conseguir cosechadoras con mayor capacidad de trabajo sin que haya que aumentar las dimensiones exteriores. Las limitaciones pueden estar en la rotura de algunos granos y el mayor picado de la paja, aunque esto último depende del diseño del rotor y de los cóncavos y rejillas que lo rodean.



Clasificación en función de la potencia del motor

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

	Superficie trilla+separación (m ²)	Superficie cribas (m ²)	Tanque grano (m ³)	Potencia nominal (CV)	Clasificación
Case-IH AF 5088	2.80	5.48	8.80	294	Clase VII
Fendt 9300 R	2.88	4.36	10.57	300	
John Deere S660	3.00	5.25	11.00	325	
Case-IH AF 6088	2.80	5.48	10.57	335	
Fendt 9350 R	2.88	5.35	10.57	350	
Case-IH AF 7088	2.80	5.48	10.57	366	
New Holland CR9060	2.23	5.40	9.00	398	Clase VIII
Fendt 9460 R	3.29	5.35	12.33	425	
New Holland CR9070	2.23	5.40	10.50	435	Clase IX
New Holland CR9080	3.06	6.50	10.50	530	
New Holland CR9090	3.06	6.50	12.50	544	
John Deere S690	3.00	5.25	11.00	530	

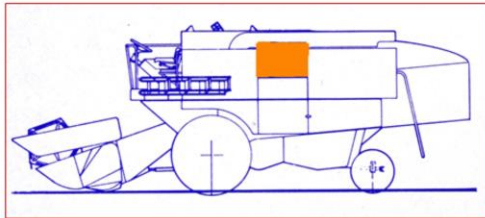
La única posibilidad para poder ofrecer cosechadoras con elevadas capacidades de trabajo, sin que las dimensiones de las mismas dificulten su desplazamiento entre parcelas, es recurriendo a los sistemas de trilla-separación mediante rotores, o bien utilizar rotores separadores en alternativa a los sacudidores, reforzando los dispositivos de trilla convencional. Estas son máquinas cuyos cabezales superan los 7-8 m de anchura de corte.

Para que los sistemas de trilla axial funcionen correctamente se necesita una cantidad de mies que "llene" la máquina, ya que si la alimentación es reducida se incrementa el nivel de pérdidas de cosecha (y rotura del grano), al igual que cuando se supera el máximo admitido por el sistema de trilla-separación. A este respecto, cultivos como el maíz o la soja, se adaptan particularmente bien a estos sistemas de trilla y separación. "Llenar" la máquina en cultivos de baja producción obliga a anchuras de corte de los cabezales que pueden hacer inviable su utilización en parcelas de reducidas dimensiones. Para el arroz con elevados contenidos de humedad pueden producirse problemas, que se solucionan más fácilmente con las máquinas híbridas (trilla convencional y separación rotativa), aunque hay modificaciones en los rotores de las axiales que permiten abordar sin dificultad la cosecha de arroz.

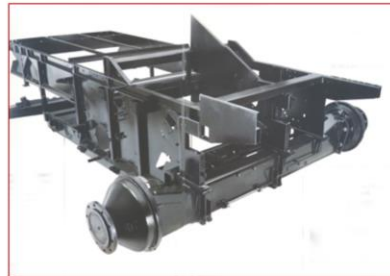
La eliminación de los sacudidores reduce las vibraciones de la máquina y simplifica las transmisiones, con lo que pueden reducirse las averías y ser más sencillo el mantenimiento.



Estructura general y transmisiones



Motor en posición elevada



Bastidor con el eje delantero

El aumento de la capacidad del depósito de grano, que en las máquinas grandes supera los 10 m³, ha obligado a reforzar la estructura general de las cosechadoras, a la vez que a sobre dimensionar los neumáticos, cuya anchura de balón viene limitada por lo que se establece para la circulación por las vías públicas en los diferentes países.

En las máquinas modernas se aleja el motor del puesto de conducción situándolo en una posición elevada, centrado o sobre la trasera de la máquina, al otro lado de tanque de grano, lo que facilita su mantenimiento y permitiendo que trabaje en condiciones ambientales más favorables. Menos polvo y más fácilmente refrigerado.

La generalización de las transmisiones hidrostáticas, al menos para la propulsión de la máquina, da mayor libertad de diseño, aunque hay que contar con el gran número de componentes de la cosechadora que se necesita accionar de forma independiente, y alejados entre sí.

La estructura de la máquina se diseña en función de la posición de los diferentes componentes de la cosechadora, tomando en consideración la posición que ocupa el motor, para reforzarla adecuadamente. La resistencia mecánica de la estructura se consigue mediante el plegado de la chapa, que se refuerza con perfiles de acero para reducir las vibraciones que generan los dispositivos en movimiento alternativo, como son sacudidores y cribas.



Motores

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Motor y salida a las transmisiones

Motor con el sistema de filtrado de aire



Es frecuente que modelos de máquina que utilizan componentes comunes en los sistemas de trilla y separación, ofrezcan motores con potencias diferentes en un amplio margen. Esto es consecuencia de que la potencia necesaria dependerá, además, de las características de las parcelas cosechadas, especialmente sus pendientes y las características de humedad del suelo, que puede incrementar la resistencia a la rodadura, como sucede en el arrozal. En estos casos es habitual la utilización de un eje trasero motor, complementario del delantero que es el que actúa habitualmente como propulsor.

El motor de las cosechadoras trabaja siempre a régimen nominal, ya que así lo demandan los mecanismos de la máquina que realizan la trilla y la separación. Este régimen nominal se ha mantenido durante muchos años alto, entre 2700 y 3000 rev/min. En la actualidad, con la incorporación de motores del tipo "potencia constante" con bajo nivel de emisiones, el régimen nominal se ha reducido al intervalo de 2100 y 2300 rev/min. La caída de vueltas entre el régimen del motor sin carga y el régimen de potencia nominal de menos del 4%.

La potencia necesaria, tomando como referencia las dimensiones del cilindro trillador (trilla convencional y sacudidores), que es el que condiciona la capacidad de trabajo de la máquina, esta entre 80 y 110 CV por metro de anchura del cilindro, aunque es frecuente que se superen ampliamente estos valores. Cuando se trabaja en parcelas en pendiente hay que contar con un sobrante de potencia, así como cuando se trabaja en suelos húmedos en los que aumenta la resistencia a la rodadura de la máquina. La potencia del motor relacionada con al anchura de corte está comprendida entre 25 y 35 CV/m, aunque es habitual llegar a 50 CV/m. Así disponen de potencia suplementaria para el accionamiento del picador y del esparcidor de paja.

Se da una particular importancia al sistema de refrigeración, evitando que el polvo entre en los radiadores y en el cuerpo del motor. Para ello se utiliza generalmente un cilindro de malla en rotación con paletas rascadoras que desprenden la paja que es arrastrada por el aire aspirado.

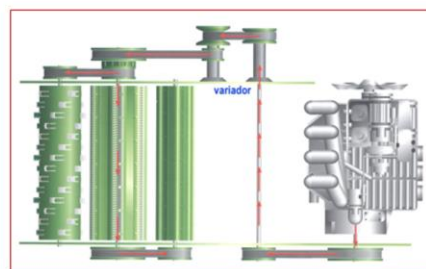


Transmisiones (Elementos de la máquina)

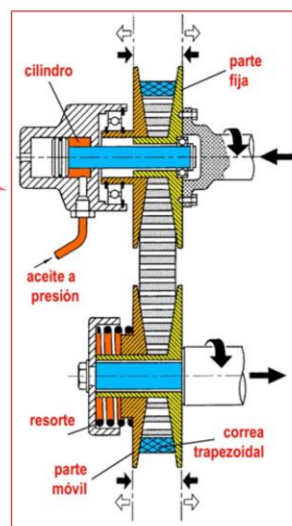
Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Accionamiento del sistema de trilla



Variador de velocidad



Sobre el volante del motor se sitúa un “campana” de protección sobre el eje que transmite el movimiento a los diferentes elementos de la máquina, generalmente utilizando poleas y correas trapezoidales dimensionadas en función de la potencia que deben transmitir. En las máquinas modernas es frecuente que se reduzcan las transmisiones mecánicas sustituyéndolas por transmisiones hidrostáticas. Esto se generaliza en la transmisión del movimiento de propulsión de la máquina, pero no tanto para el accionamiento de los mecanismos de la cosechadora que demandan mayor potencia, como el sistema de trilla, ya que las transmisiones mecánicas son más eficientes cuando la relación de transmisión permanece constante.

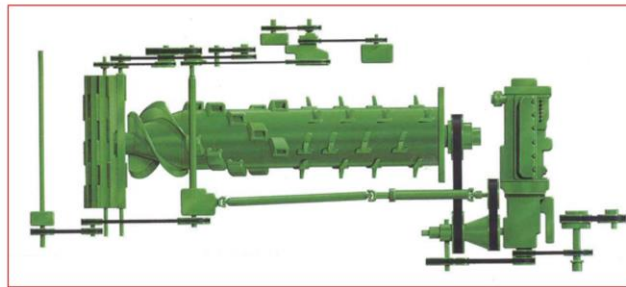
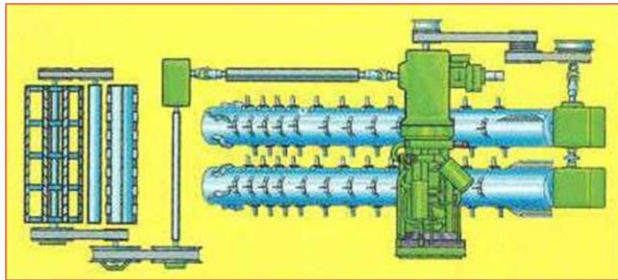
En general, las transmisiones para los elementos de trilla y separación se dimensionan para una potencia entre el 80 y el 90% de la disponible en el motor, mientras que para el sistema de propulsión se considera entre el 30 y el 50% de la misma.

Para la transmisión del movimiento a los diferentes mecanismos de la máquina se utilizan poleas con correas trapezoidales, piñones y cadenas, o mecanismos de biela manivela. Las transmisiones por cadena son pocas sensibles al polvo que produce la trilla, pero no admiten el patinamiento si se producen sobrecargas, ni se adaptan bien a la transmisión del movimiento entre ejes muy separados. Las transmisiones más utilizadas son las poleas con correas trapezoidales que permiten relaciones de transmisión variables modificando el diámetro de la garganta de las poleas motriz y conducida. Los sistemas de biela manivela se utilizan para el accionamiento de elementos como la barra de corte y los sacudidores y las cribas.



Transmisiones en cosechadoras sin sacudidores (JD CTS y STS)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

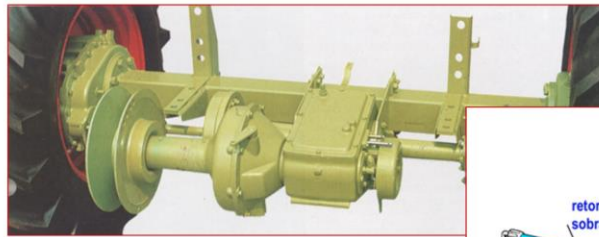


La eliminación de los sacudidores permite simplificar el conjunto de las transmisiones.

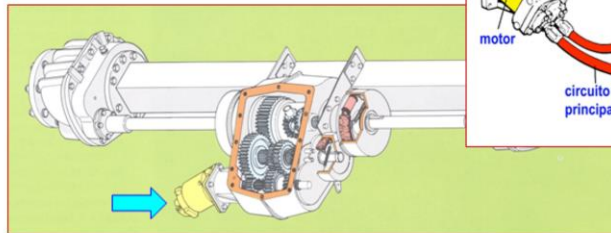


Transmisiones (Desplazamiento de la máquina)

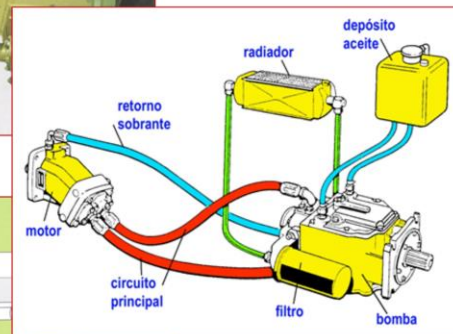
Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Transmisión mecánica



Transmisión mecánica-hidrostática



En las cosechadoras para granos y semillas la propulsión de la máquina se realiza mediante las ruedas del eje delantero, que son las de mayor tamaño y reciben la mayor parte del peso de la máquina. Generalmente se utiliza una caja de cambio de 3 ó 4 velocidades y disco de embrague en la entrada, junto con sistema de variación continua, lo que permite velocidades de avance entre 0 km/h y un máximo diferente en cada una de las relaciones establecidas (como podrían ser de 0 a 5 km/h, 0 a 20 km/h y 0 a 40 km/h). También se ofrecen cajas con un escalonamiento en carga (tipo PowerShift).

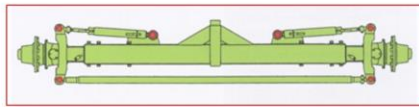
La caja de cambio incluye un diferencial del que salen los semiejes que transmiten el movimiento a las reducciones finales, que se encuentran en el extremo de cada semieje y a la que van unidas las ruedas. Sobre los semiejes se sitúan los frenos de servicio de la cosechadora.

Las reducciones finales en tren abierto se utilizan en algunos modelos de cosechadoras autonivelantes para cambiar la posición relativa de las ruedas con respecto al cuerpo de la cosechadora.



Eje trasero y guiado

Eje trasero con apoyo central



Sistema de dirección (ruedas traseras)

Eje trasero con ruedas motrices
(transmisión hidrostática)



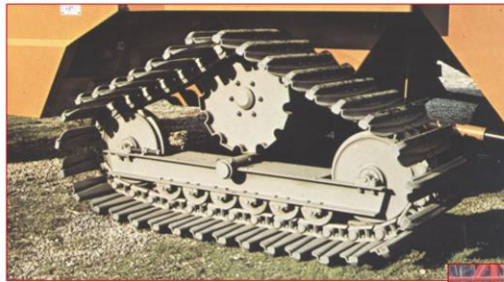
Los cambios de dirección de la cosechadora se realizan mediante las ruedas del eje trasero, utilizando un sistema hidrostático puro con su propia bomba. El eje trasero toma una forma similar a la del eje delantero de los tractores agrícolas, con un punto central de pivotamiento sobre el que se apoya el cuerpo de la máquina, para adaptarse a la geometría del suelo por el que se desplaza la cosechadora.

Una opción, que ofrecen muchos modelos, es la incorporación de un sistema de propulsión hidrostática para las ruedas del eje trasero, que permite mejorar el desplazamiento de la máquina sobre suelos pesados y húmedos, así como mejorar la tracción sobre parcelas con pendientes.



Ruedas, cadenas y bandas de goma

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Cadenas metálicas (arrozal)

Bandas de goma



En la selección de las ruedas neumáticas para el eje delantero de la cosechadora, que es el que recibe la mayor parte de la carga, hay que tomar en consideración la variación de la carga a medida que se llena el tanque de grano. Como consecuencia de que el trabajo de campo se realiza a baja velocidad se admiten sobrecargas de los neumáticos con respecto a su carga nominal cercana al 50% de la establecida para la presión de inflado.

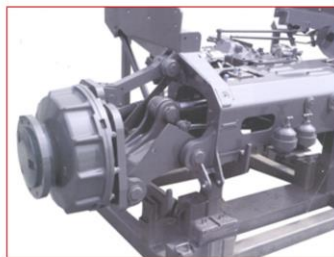
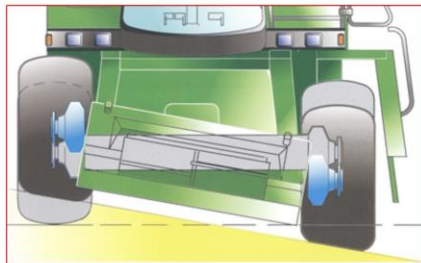
Otra alternativa es la utilización de sistemas de propulsión por cadena o bandas de goma. Las cadenas, con estructura triangular, se han utilizado ampliamente en las cosechadoras que trabajan en los arrozales, en las que también se recomienda el refuerzo del punto de unión del cuerpo de la cosechadora con el eje trasero.

Con el objetivo de reducir la presión sobre el suelo evitando la compactación cuando se trabaja en condiciones húmedas, sin tener que aumentar la anchura total de la máquina, se han puesto en el mercado sistemas de propulsión con bandas de goma, apoyadas sobre dos rodillos que le comunican el movimiento por fricción. Se han incorporado a cada unidad propulsora elementos que actúan como suspensión para poder aumentar la velocidad de desplazamiento sobre pavimento y reducir las vibraciones que llegan al puesto de conducción.



Autonivelación de la máquina

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Autonivelación con la geometría de la suspensión

Para ello se utiliza un bastidor delantero en paralelogramo deformable al que van unidas las ruedas motrices mediante brazos longitudinales que permiten el desplazamiento en sentido vertical de una rueda con respecto a la otra, conservando siempre el paralelismo con el cuerpo de la máquina.

El bastidor trasero, también en forma de paralelogramo deformable, puede seguir la marcha sobre el terreno manteniendo el paralelismo de las ruedas respecto al cuerpo de la máquina.

Otra solución tecnológica es el sistema autonivelante transversal que utiliza la modificación de la geometría de la suspensión del cuadrilátero deformable que fija las ruedas delanteras al cuerpo de la máquina, sin que intervenga el giro de las reducciones finales de la transmisión a las ruedas en los sistemas convencionales de nivelación, lo que proporciona mayor resistencia mecánica al conjunto propulsor. En la posición de transporte permite reducir la anchura, a la vez que la altura de la máquina. En la posición de trabajo aumenta la anchura de vía y se mantiene horizontal el cuerpo de la máquina cuando se desplaza por laderas según las curvas de nivel en pendientes hasta del 20%.

La plataforma de corte se monta sobre una articulación que permite que siga la inclinación del terreno con independencia de la posición del cuerpo de la máquina.



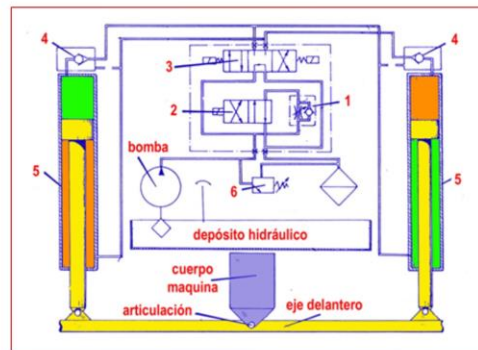
Nivelación longitudinal y transversal

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Autonivelación longitudinal y transversal

Control electrónico del nivel



En algunos modelos se ofrece la posibilidad de una nivelación longitudinal, además de la transversal. En estos casos el bastidor trasero se sitúa en un chasis secundario fijado con articulación transversal en la parte baja del bastidor principal de la cosechadora.

Tanto para la nivelación transversal como para la longitudinal se utilizan cilindros hidráulicos y la transmisión del movimiento a las ruedas motrices se realiza mediante un sistema de engranajes en tren abierto.

El control de la nivelación se realiza mediante los distribuidores que abren y cierran los pasos de aceite a los cilindros hidráulicos. El mando de los distribuidores es electrónico a partir de la información que suministran dispositivos que determina el nivel del cuerpo de la máquina.

Para determinar el nivel de pendiente se han utilizado diferentes soluciones, como los sistemas de péndulo, o los sistemas de vasos comunicantes con sondas de capacidad, o mediante micro-interruptores. El aceite que modifica la posición de los cilindros se impulsa desde una bomba independiente (dos en el caso de máquinas con nivelación longitudinal y transversal).

Con las cosechadoras autonivelantes se puede trabajar con pendientes hasta el 40% en sentido transversal y del 30% longitudinal en subida y 10% en bajada. La nivelación más importante es la transversal, ya que en las máquinas pueden trabajar perfectamente aunque el suelo no está nivelado en el sentido de avance.



Puesto de conducción y mandos

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



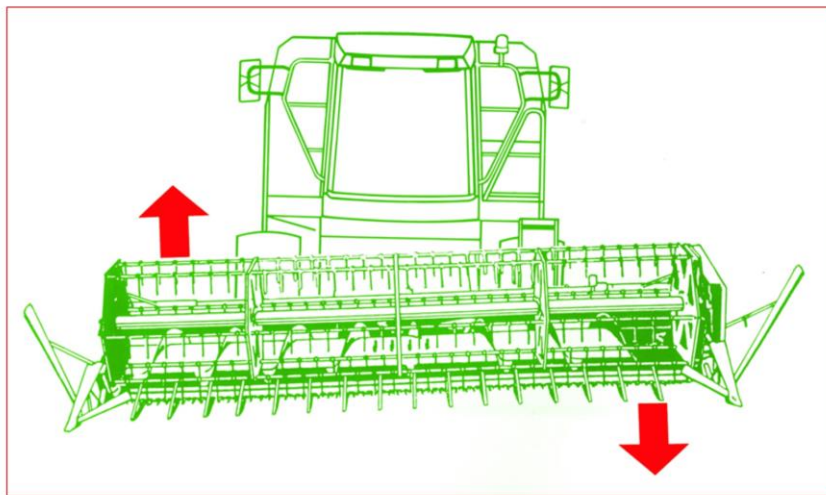
Los controles principales, que requieren una atención continua por parte del conductor, como son el volante de dirección, la altura de la barra de corte y del molinete y la velocidad de avance, que en las cosechadoras antiguas se realizaban con palancas independientes, ahora se han agrupado en un monomando, a la vez que se automatizan muchas de las funciones, desde la altura de corte, adaptándose el cabezal a la superficie del terreno, hasta la velocidad de avance en función de la producción encontrada en cada parte del campo.

Las palancas para accionar las válvulas hidráulicas, que modifican el paso de aceite a los cilindros que actúan sobre los diferentes dispositivos de la máquina, se han sustituido por pulsadores que ahora actúan sobre electroválvulas del sistema hidráulico. La velocidad de avance, para cada relación del cambio seleccionada, se modifica mediante el desplazamiento del joystick sobre el que se encuentran situados diferentes pulsadores que permiten accionar los mecanismos de la cosechadora. En ocasiones los pulsadores controlan motores eléctricos que actúan para regular determinados elementos de la cosechadora.



Posición del cabezal (ajuste al perfil del suelo)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



La progresiva automatización de los diferentes sistemas de las cosechadoras de grano ha tenido como objetivo reducir las pérdidas de cosecha, cuando las condiciones de la parcela varían en espacio y tiempo, a la vez que baja la carga de trabajo del conductor. La electrónica y los sistemas de comunicación CAN-BUS han facilitado el proceso de automatización, reduciendo los costes de inversión para los diferentes dispositivos que llegan al mercado.

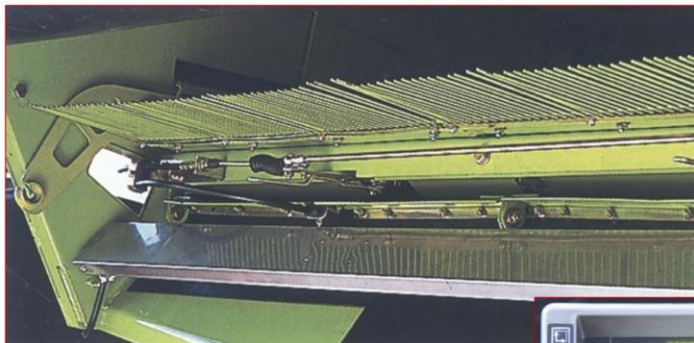
Para la adopción del cabezal a la geometría del suelo se han desarrollado sistemas que permiten mantener su paralelismo y el ángulo de corte de forma automática sin la intervención del conductor. El ajuste permanente de la posición se realiza mediante electroválvulas que alimentan los cilindros hidráulicos, controlando la sensibilidad y la velocidad de reacción. Junto con este ajuste de posición se puede realizar la compensación de la nivelación lateral de la plataforma para conservar el paralelismo con el suelo. Para ello se utiliza un cilindro hidráulico complementario controlado en función de las diferencias de presión entre los patines laterales. Estos sistemas se han perfeccionado mediante captadores de ultrasonidos, situados a uno y a otro lado del cabezal, que mantiene constante la altura de corte sin necesidad de que se produzca ningún contacto con el suelo.

La inclinación del cabezal que se adapta hasta pendientes laterales del 5-6%, lo que significa unas diferencias de altura entre los extremos de 30-35 cm para un cabezal de 6 m de anchura de corte.



Detección de pérdidas de grano y velocidad de avance

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Captador por impacto



Monitor

La velocidad de avance condiciona la capacidad de trabajo de la máquina. El conductor necesita ajustarla de forma continua para que los sistemas de trilla y de limpieza del grano trabajen a su máxima capacidad, minimizando el nivel de pérdidas de grano. Se han desarrollado sistemas que permiten el ajuste automático de la velocidad de avance en función de la producción en cada zona del campo. Con el denominado “control de crucero” (“cruise control”) se ajusta la velocidad de avance (modificación del régimen de las ruedas motrices con la transmisión hidrostática) en función del nivel de carga que se detecta en el cilindro trillador, comparándolo con la máxima que este puede absorber.

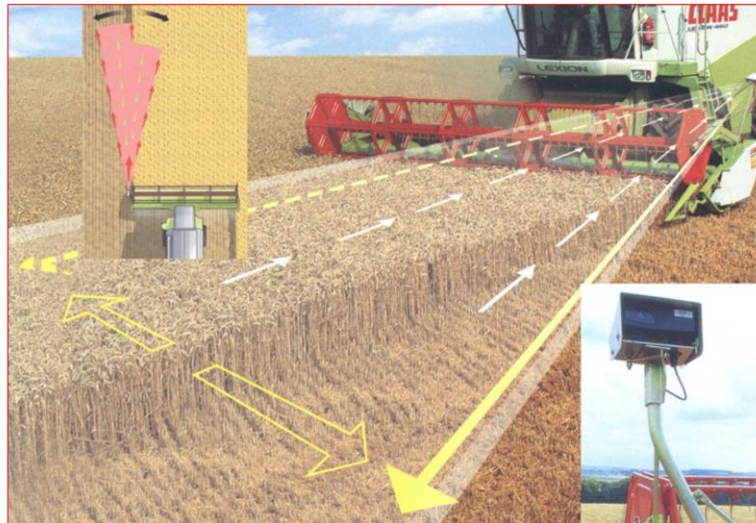
Esto se complementa con el sistema para detección de las pérdidas de grano por la trasera de la máquina, de manera que el conductor dispone de una indicación continua de las que se producen en cada instante. Estos captadores son unas placas planas, fabricadas con cristales de cuarzo piezo-eléctrico, que transforman la presión que produce el impacto de los granos en una carga eléctrica, posteriormente transformada en una señal eléctrica proporcional al número de impactos y de la que se cuantifica su intensidad mediante un amperímetro de precisión. Estos captadores están situados por detrás de los sacudidores y de las cribas, ocupando toda la anchura de salida de la paja o solo los laterales. Los monitores, situados en el puesto de conducción, dan al conductor información sobre las pérdidas de grano.

Las pérdidas de grano, una vez ajustados los parámetros de funcionamiento de la cosechadora, varían con la velocidad de avance. Esta debe ajustarse de forma que las pérdidas no superen el 2% de la cosecha, que equivalen a 60 kg/ha con una producción de 3000 kg/ha.



Sistemas de autoguiado

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



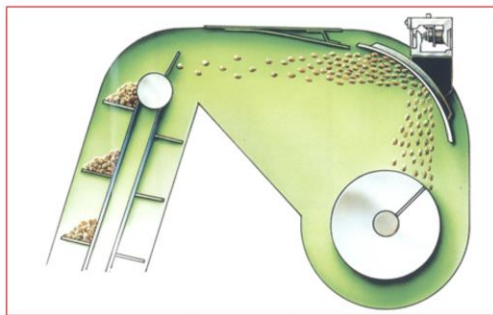
Con la puesta en el mercado del “Laser Pilot” de Claas, se inicia la oferta de sistemas que permiten el autoguiado de las cosechadoras. Es un sistema óptico que se basa en la luz láser que se emite desde una caja situada sobre uno de los laterales del cabezal, y que incluye un captador que recibe la luz reflejada. Los impulsos reflejados sobre el rastrojo tardan más en volver que los que se reflejan en la mies erguida. Por diferencia de tiempo el sistema calcula la orientación del borde de la mies y hace que la máquina siga esta trayectoria por el lateral izquierdo del mecanismo de corte. El sistema permite trabajar en cualquier condición de luz, e incluso por la noche.

El empleo de los sistemas de posicionamiento global (GNSS) en los tractores y máquinas agrícolas autopropulsadas, permite el autoguiado de las máquinas en el campo, pero el guiado óptico sigue siendo interesante en máquinas de recolección.



Determinación de la producción

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Sensor de caudal por impacto



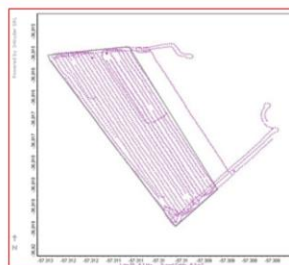
Sensor de humedad del grano

Las posibilidades que ofrecen los sistemas GNSS para definir en cada momento la posición de la máquina sobre una parcela, asociada a captadores que permiten determinar de forma instantánea la cantidad de grano que llega a la tolva y su contenido de humedad, hace posible elaborar mapas en los que se represente la cosecha obtenida en cada zona de la parcela. Esta determinación se realiza por “cuadrículas” o “celdas” en las que una de las dimensiones es la anchura de corte, y la otra corresponde a la distancia transcurrida en el tiempo en el que los captadores y el sistema de procesamiento de datos ofrecen una lectura. Para esto se necesita, además del sistema de posicionamiento global, un sensor que determine el caudal de grano que entre en la tolva, y otro que mida su contenido de humedad. Con la puesta en el mercado de captadores que miden en continuo otros parámetros de la cosecha, como el contenido de proteína, el mapa de cosecha obtenido podría ser más completo.



Mapas de cosecha

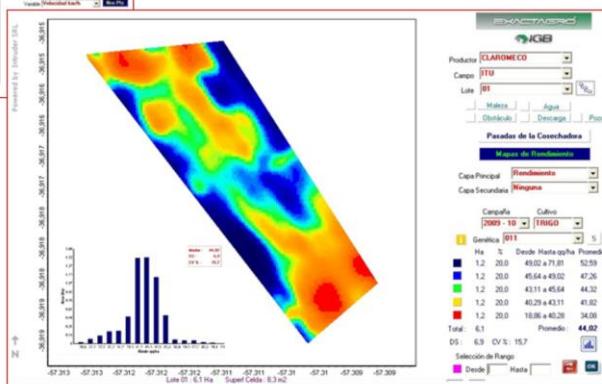
Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Mapa de cosecha



Producción en cada micro-parcela



Con los valores registrados al trabajar la cosechadora sobre una parcela se puede elaborar un mapa en el que quede reflejado el recorrido de la cosechadora en el campo. En el mismo se observa que cada punto corresponde a una superficie de 8.3 m².

A partir de estos valores se pueden obtener la representación gráfica de los valores correspondientes a cada celda, como la humedad del grano, la velocidad a la que trabajaba la cosechadora, la producción, la temperatura, etc.

Los valores correspondientes a cada celda se pueden analizar estadísticamente con los de las celdas contiguas para elaborar un mapa de la parcela, o de una sub-parcela, en el que aparezcan zonas uniformes de producción, también de temperatura, humedad del grano, velocidad a la que trabajó la máquina, etc. Con los valores de referencia, correspondientes a todas las "celdas" de la parcela, se elabora el "mapa de cosecha" sobre la base de rangos de producción.



Sistemas de comunicación

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Los sistemas de comunicación GSM utilizados para recibir la información sobre el trabajo de la cosechadora en tiempo real, también sirven para el control y la gestión de equipos de recolección, y, en general para parques de maquinaria, en combinación con los sistemas de posicionamiento global GNSS. Un ejemplo de esto es el sistema de comunicación y coordinación entre cosechadoras y tractores “Machine Sync” de John Deere, que, durante la cosecha y el transporte de grano, permite optimizar de utilización de las capacidades para la recolección y el transporte. La transmisión de datos de la cosechadora al tractor se realiza a través de comunicación por radio, que establece una conexión constante y transmite los datos de forma digital.

Permite la localización de todas las cosechadoras a la vez. Un mapa resumen indica exactamente dónde se encuentran las cosechadoras y las unidades de transporte en el campo. Es posible dirigir las unidades de transporte directamente a las cosechadoras, lo que permite reducir el número de trayectos. Se muestran los niveles de llenado de los depósitos de grano de cada una de las cosechadoras y se da prioridad de aproximación a las cosechadoras en función de sus niveles de llenado. La cosechadora informa al tractor con remolque de la posición en la que se realizará el encuentro.



Prestaciones de las cosechadoras de grano

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Normas de referencia:

- ISO 6689.- Especificaciones
- ISO 5687.- Capacidad de la tolva
- ISO 8210.- Ensayos normalizados

Como en todas las normas técnicas, en su primer apartado se establecen las definiciones y terminología utilizada.

Los términos relacionados con el ensayo de las cosechadoras, incluidos en la norma ISO 6689 son:

Caudal de grano: cantidad de grano que entrega la máquina por unidad de tiempo. El grano que llega a la tolva está formado por granos enteros (sin daño aparente), granos partidos y rajados, e impurezas. Debe expresarse en kg/s.

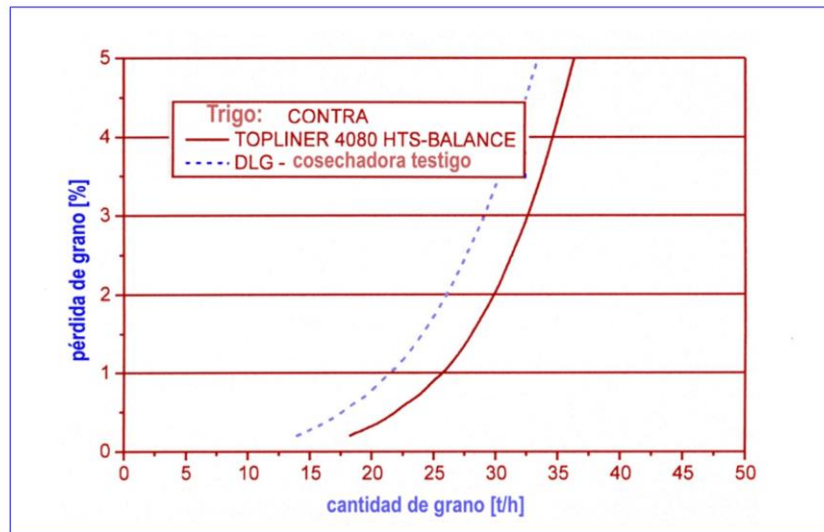
Pérdidas de grano: comprenden las que se producen en el cabezal (molinete y barra de corte) y las producidas en la trilla, de las que forman parte los granos sin trillar (retenidos en la espiga) y los granos que escapan junto con la paja, que proviene de los sacudidores y de las cribas. Las pérdidas de grano se expresan en porcentaje respecto al caudal de grano cosechado y también en kg/ha.

Capacidad de trabajo de una cosechadora: Corresponde al caudal máximo que puede procesar, medido en kg/s o t/h, con el que las pérdidas están por debajo del nivel establecido, en función del tipo de cultivo, cuando trabaja en una parcela plana. Es necesario indicar las condiciones en las que se encuentra el cultivo en el momento de la cosecha.



Comparación con una cosechadora testigo

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



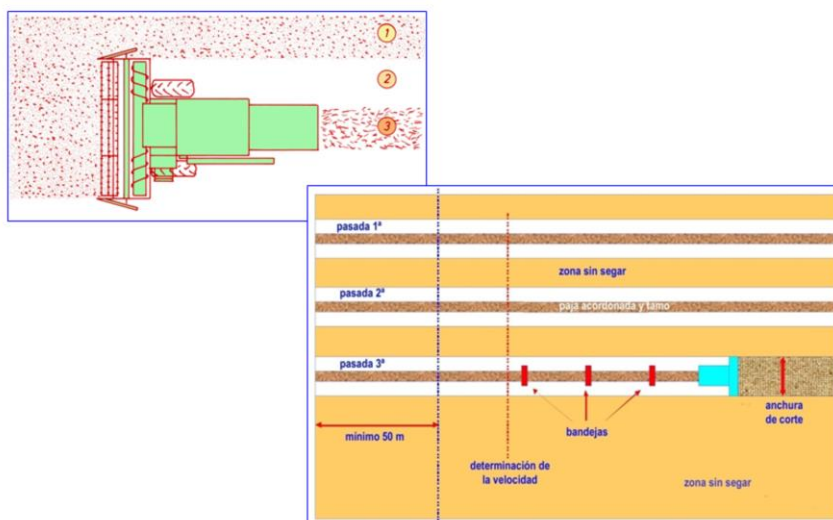
Los ensayos normalizados exigen numerosas pruebas con diferentes tipos de cultivo, y por las diferencias entre parcelas son difícilmente extrapolables. Con el objetivo de facilitar la comparación de los resultados de los ensayos a situaciones muy diferentes, los laboratorios que se encargan del ensayo de cosechadoras, junto con los resultados obtenidos con la máquina en pruebas, ofrecen los correspondientes a una máquina “testigo”, representando gráficamente la relación entre la velocidad de trabajo de la máquina (toneladas/ha que procesa) y las pérdidas de grano.

En la figura se representan las pérdidas de grano cosechando trigo de la variedad “Contra”, tomando como referencia el caudal de grano que llega a la tolva.



Ensayo simplificado y calibración

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Se puede utilizar un procedimiento simplificado para evaluar la máquina con elementos sencillos y de bajo coste, algunos de los cuales están al alcance de los usuarios, para determinar las pérdidas de grano que se producen en la recolección.

Para cuantificar las pérdidas de grano que se han producido en el cultivo antes del paso de la cosechadora se utilizan aros con 56 cm de diámetro (superficie de 0.25 m²) que se lanzan de manera aleatoria en diferentes zonas del campo por las que luego pasará la cosechadora. En la superficie limitada por el aro se cuentan las espigas que se han desprendido hasta el suelo, así como los granos desgranados previamente al paso de la cosechadora. También se puede cortar todas las plantas a una altura igual a la de siega, y utilizar el material recogido para calcular la producción por hectárea, tanto en paja como en grano. El número de muestras que se deben tomar está en función del grado de homogeneidad del cultivo en la parcela. Las parcelas poco homogéneas no deben utilizarse para ensayar una cosechadora.

El mismo tipo de aro se puede utilizar para cuantificar las pérdidas debidas a la acción del cabezal. Para ello es necesario colocarlo varias veces en posiciones situadas detrás del cabezal y fuera de la zona donde se lanza la paja trillada y el tamo. Las pérdidas debidas al cabezal se calculan por diferencia con respecto a las que ya se habían producido antes del paso de la cosechadora. Esto mismo puede hacerse, colocando aros de 56 cm de diámetro cerrados por la parte inferior (0.25 m² cada uno, por lo que 4 aros equivalen a una superficie de un metro cuadrado), o bien cajas de recogida con una superficie conocida, para cuantificar las pérdidas de grano en el cordón de paja que deja la cosechadora.

La colocación de estos aros hay que realizarla antes de que expulse la cosechadora la paja trillada, y no es lo mismo si se realiza un esparcido cubriendo toda la anchura de corte, como si la paja se queda agrupada formando un cordón. En el caso del esparcido, generalmente la cosechadora no proyecta la paja y el tamo sobre toda la anchura del cabezal, y el grano perdido que acompaña a la paja no se distribuye con uniformidad detrás de la cosechadora. Colocando cuatro aros ciegos de 56 cm de diámetro distribuidos en la zona de proyección solo se consigue una evaluación poco precisa de las pérdidas de grano.



Colocación de las bandejas

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Grano perdido por la cola de la máquina (trilla+limpia)

Determinación del grano perdido por el contenido en cada bandeja



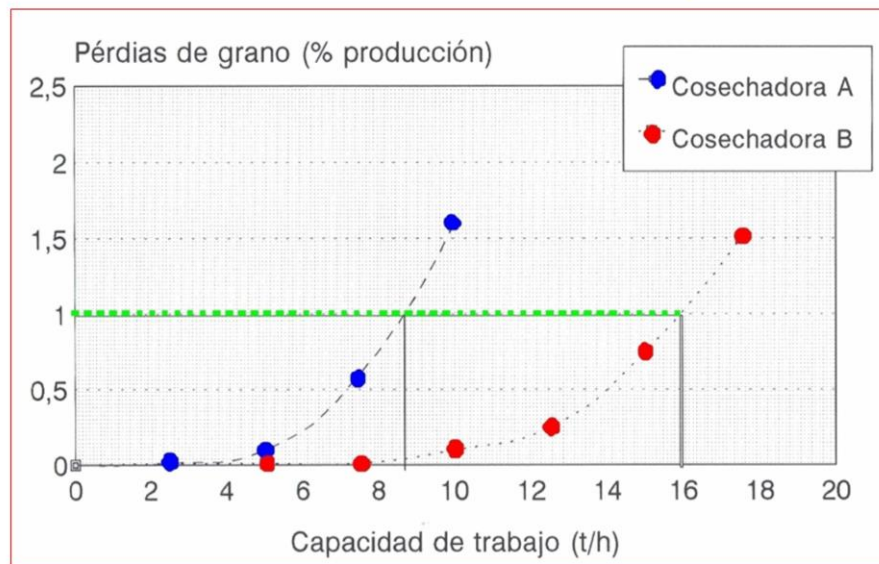
Para la paja agrupada en un cordón, la mejor opción es colocar bandejas con unas dimensiones que permitan recoger sobre toda la anchura del cordón de paja y tanto que deja la cosechadora. Con bandejas de 0.25 m de anchura, la superficie equivalente será 0.25 m multiplicado por la anchura de siega correspondiente al cabezal, o sea que con un cabezal de 5.68 m de anchura de corte, la superficie a la que corresponde los granos de la bandeja es igual a $0.25 \times 5.68 = 1.42 \text{ m}^2$. En el caso de utilizar cajas ciegas de $0.25 \times 0.25 \text{ m}$, habría que multiplicar su contenido en grano por la anchura del cordón de paja que deja la máquina (aproximadamente igual a la anchura del conjunto de los sacudidores) para obtener un resultado similar al que se habría obtenidos con las bandejas. Para optimizar el proceso se recomienda trabajar sobre bandas dejando zonas sin segar a uno y a otro lado de la cosechadora.

Hay que advertir que el cordón de restos que deja la cosechadora (paja, tamo y granos perdidos) procede de la parte del cultivo correspondiente a la anchura de corte del cabezal, aunque el baraño que queda en el campo tiene una anchura menor. Por ello es preferible utilizar bandejas con una longitud mayor a la de la anchura del baraño, ya que esto facilita los cálculos y mejora la precisión en la determinación de las pérdidas. Estas bandejas, o en su caso los aros ciegos, se tiene que situar debajo de la cosechadora, entre las ruedas delanteras y las traseras, con la máquina en condiciones de trabajo, antes de que caiga al suelo la paja trillada, lo cual no es fácil de ejecutar cuando la cosechadora trabaja a gran velocidad.



Comparación entre las prestaciones de dos cosechadoras

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Las cosechadoras de grano habría que clasificarlas por su capacidad de trabajo, expresada en función de la cantidad de grano que pueden recoger en la unidad de tiempo, y la cantidad de grano que puede procesar depende del tipo de cultivo y de la variedad, ya que viene condicionada por la relación entre la paja y el grano que se cosecha.

Los dos únicos parámetros que pueden aplicarse a cualquier tipo de cosechadora, sea convencional con sacudidores, axial o híbrida, son la superficie de cribas y la potencia disponible en el motor, con ciertas reservas. En el primer caso, no es lo mismo realizar la limpieza del grano trabajando sobre trigo que con maíz o soja. En el segundo caso, la potencia del motor aumenta en las cosechadoras diseñadas para trabajar en zonas con fuertes pendiente, especialmente si son del tipo autonivelante. También hay que considerar la demanda de potencia para el picado y el esparcido de la paja en las zonas que esto es habitual y la capacidad de la tolva en la que se almacena el grano recogido



Cosechadoras especializadas



Cosechadora de mazorcas (maíz)

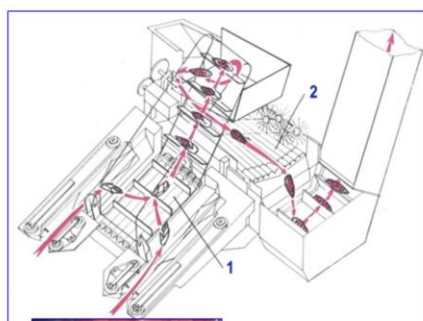


Cosechadora cacahuet

Para la recolección de determinados cultivos, que proporcionan granos y semillas, se comercializan cosechadoras especializadas, tanto autopropulsadas como arrastradas. Esto se da en cultivos como el maíz, en el que puede interesar almacenar el grano formando parte de la mazorca para su secado natural, o para preparar posteriormente una mezcla de grano triturado con el zuro de la mazorca que sirva como pienso para el ganado, y en otros cultivos que precisan el hilerado para un secado antes de la trilla, como sucede con el cacahuet y también con la alubia. Estas máquinas se fabrican en series cortas por empresas especializadas.



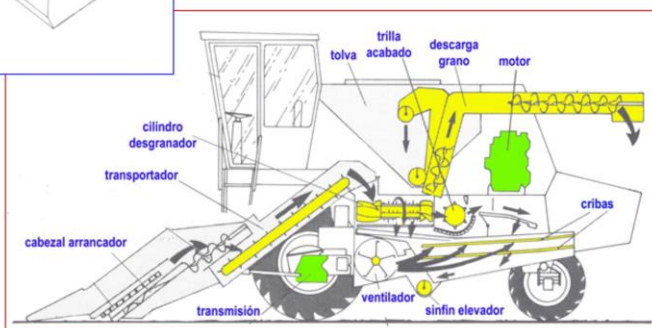
Recolección de maíz-grano



Mesa de deshojado

Arrancadora-deshojadora de mazorcas

Arrancadora-trilladora de mazorcas



La recolección del maíz para grano puede realizarse mediante:

- Arranque (y deshojado) de la mazorca para proceder a su secado según el procedimiento tradicional (jaulones), antes de su desgranado con máquinas estacionarias. **Mesa deshojadora:** Se encarga de eliminar la mayoría de las espigas que cubren las mazorcas con un efecto combinado de frotamiento y pinzamiento. Para ello se utilizan rodillos con una longitud entre 0.80 y 1.20 m y con diámetros entre 5 y 7 cm, girando por parejas en sentidos contrarios, y situado uno de ellos en un plano ligeramente inferior al otro. Las superficies de los cilindros están dotadas de nervaduras de forma que se establece contacto solo en algunos puntos; se combinan como materiales constructivos el acero y el caucho. Sobre estos cilindros deshojadores se desplazan las mazorcas en sentido longitudinal, obligadas por un transportador superior, con lo que las espigas son arrancadas y arrastradas hacia la parte inferior de la mesa. El proceso se completa con ventiladores para la limpieza auxiliar y dispositivos de recuperación de granos.
- Arranque y desgranado simultáneo, bien con una máquina específica, o con la cosechadora de cereales previamente modificada en sus elementos de siega, trilla y limpia. Para el desgranado se prefieren los sistemas conocidos como de trilla "axial", en los que las mazorcas se desplazan según el eje del cilindro trillador. El cóncavo es de rejilla con orificios adecuados para dar salida a los granos. Posteriormente se realiza la separación del grano de los elementos menos pesados que lo acompañan (limpieza).



Recolección de judía-grano

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



La recolección hay que realizarla en dos fases; en la primera se procede al arranque o siega de las plantas, con un periodo de secado en el campo que se estima entre 8 y 15 días. La siega hay que realizarla en las primeras horas del día (con rocío) para evitar la dehiscencia de las vainas. En algunas variedades la siega exige cuchillas laterales para delimitar la anchura de corte. Junto con la siega se realiza el hilerado, o amontonado, para que se complete el secado.

La trilla conviene realizarla cuando la humedad del grano se encuentra entre el 15 y el 17%, intervalo de humedades que facilita la conservación y evita la rotura de las semillas. Este proceso es preferible realizarlo por la tarde con tiempo seco y caluroso, lo que facilita la dehiscencia de las vainas. Las trilladoras suelen ser arrastradas y dispone de recogedor tipo pick-up que trabaja sobre el cordón de plantas. Los modelos que se utilizan en España utilizan un cilindro de flujo axial, situado transversalmente en el cuerpo de la máquina, con un diámetro de 500 a 600 mm y martillos en posición helicoidal; al final, unas paletas radiales facilitan la evacuación del material trillado. El cóncavo está provisto de dedos en la parte superior y cribas con orificios circulares de 22 a 25 mm de diámetro en la parte inferior. El sistema se completa con sacudidores y cribas de chapa perforada con orificios de 12 a 15 mm y el correspondiente ventilador.

Para la recolección del cacahuet se utilizan equipos similares a los descritos para la judía.



Curso de Maquinaria Agrícola

Capítulo 07.2.-

Maquinaria para la recolección de granos y de semillas

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