60804

MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y CALIBRACIÓN DE MÁQUINAS COSECHADORAS DE GRANOS

José Manuel Chaparro C.

PROYECTOS MAÍZ Y TRIGO

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

fenalce

FONDO PARAFISCAL DE IMPORTACIÓN DE CEREALES

15021

60804

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

fenalce

FONDO PARAFISCAL DE IMPORTACIÓN DE CEREALES

MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y CALIBRACIÓN DE MÁQUINAS COSECHADORAS DE GRANOS

PROYECTOS MAÍZ Y TRIGO

Bogotá, DC - abril de 2001

© Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Fenalce
Fondo Parafiscal de Importación de Cereales

Abril de 2001
Ejemplares: 1000

Producción editorial
Fotomecánica, impresión y encuadernación
PRODUMEDIOS
Productos editoriales y audiovisuales
www. produmedios.com
Tel.: 288 5338, Bogotá, DC.

Impreso en Colombia
Printed in Colombia

CONTENIDO

PRESENTACIÓN 5

CAPÍTULO 1. FUNCIONES Y COMPONENTES 7
- Funciones de la combinada 7
- Partes de la combinada 7
- Componentes de las funciones de la combinada 9
- Mecanismos de corte y alimentación 10
- El sistema de trilla 13
- Mecanismo de separación 18
- Mecanismo de limpieza 21
- Mecanismo de entrega de grano y material de retrilla 22

CAPÍTULO 2. PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LA COMBINADA 24
- Parámetros de operación del molinete 24
- Parámetros de operación de la barra de corte 24
- Parámetros de operación del caracol o sinfín 25
- Parámetros de operación de la cadena alimentadora 26
- Parámetros de operación de la trilla 26
- Parámetros de operación del batidor 26
- Parámetros de operación de la separación 27
- Parámetros de operación de la limpieza 27

CAPÍTULO 3. CONTROLES DE OPERACIÓN DE LA COMBINADA 29

CAPÍTULO 4. MANTENIMIENTO DE LAS COMBINADAS 34
- Mantenimiento preventivo 34
- Registros de mantenimiento 39
- Registros de servicio 42

CAPÍTULO V. PÉRDIDAS DURANTE LA COSECHA 43
- Tipos de pérdidas 43
- Determinación de pérdidas en el campo 46
- Trabajo de campo 49
- Factores que causan las perdidas y solución de problemas 52
- Cosechadoras de maíz 55
- Otros métodos de determinación de pérdidas 58
- Determinación de pérdidas en cultivos en hilera 58
- Conclusiones 60

PRESENTACIÓN

FENALCE, con la colaboración del *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural*, el *Fondo Parafiscal de Importación de Cereales* y los *Proyectos de Maíz y Trigo*, ha coordinado la presentación de este *Manual de funcionamiento y calibración de máquinas cosechadoras*, que espera sea utilizado por los propietarios y operadores de cosechadoras de granos, para lograr una reducción de las pérdidas que se presentan durante la labor de recolección. Este es un esfuerzo conjunto dentro de los programas de transferencia de tecnología que todas las entidades comprometidas en el tema de la cosecha tienen como meta.

Esperamos que este nuevo esfuerzo se sume a otros realizados anteriormente, y trabajando conjuntamente podamos mejorar las condiciones de cosecha de granos y alcanzar un aumento de la producción de cultivos, para que los efectos positivos del mejoramiento agronómico no se vean afectados por las condiciones deficientes de los equipos de cosecha, que ocasionan importantes pérdidas y reducen la rentabilidad de los agricultores

Comprendemos que las cosechadoras en Colombia se han envejecido y que los rendimientos de estas "viejas máquinas" no pueden ser tan efectivos como los de las máquinas nuevas. Por ello hay que hacer un esfuerzo permanente en el mantenimiento y calibración de los equipos, a fin de lograr una disminución en las pérdidas de la cosecha mecánica. Con este manual ponemos en manos de operadores de los equipos recomendaciones básicas para hacer más efciente la labor de cosecha.

José Adel Cancelado Perry

Bogotá, abril de 2001

LA COMBINADA

CAPÍTULO 1. FUNCIONES Y COMPONENTES

Funciones de la combinada

La combinada o cosechadora combinada es la máquina que se utiliza para cosechar granos. Con esta máquina es posible cosechar aproximadamente unos 100 tipos de granos diferentes. La combinada tiene como funciones:

- ***Cortar*** el tallo de las plantas y ***alimentar*** el material cortado a la máquina.
- ***Trillar*** las espigas, panojas, panículas o mazorcas, produciendo el desgrane.
- ***Separar*** el grano del tamo o paja.
- ***Limpiar*** el grano trillado y separado en las cribas de limpieza.
- ***Entregar*** el grano limpio para ser recogido a granel (diseño original) o en bultos (máquinas modificadas) y ***entregar*** el material de retrilla al sistema de trilla.

Partes de la combinada

La figura 1 muestra una combinada en corte que nos permite analizar los *principales componentes:*

El *molinete* (1) sostiene las plantas para facilitar que la *barra de corte* (2) corte los tallos. Por acción del movimiento del molinete, las plantas cortadas caen a la canoa, mesa o plataforma donde el *caracol o sinfín* (3) que posee dos sinfines independientes orientados en sentido contrario que permiten transportarlas hacia el centro de la plataforma, donde un juego de *dedos retráctiles* las envía hacia el *alimentador* (4), el cual las transporta hacia el sistema de trilla. Algunas combinadas poseen un *batidor delantero* (5) que ayuda a orientar el material vegetal hacia el sistema de trilla; este sistema de está compuesto por un *cilindro* (6) de características definidas que opera a alta velocidad, sometiendo el material cortado a una acción de fricción e impacto contra un elemento estacionario, denominado *cóncavo* (7); en esta zona se produ-

ce la trilla, que en el caso de la cosecha corresponde a la separación de los granos; como todos los granos tienen diferentes características físicas y mecánicas, hay dos factores que deben tenerse en cuenta: la velocidad del cilindro y la separación entre el cilindro y el cóncavo, la cual se puede graduar en algunas combinadas mediante una *perilla de ajuste* (8), y en otras es una graduación se hace desde el asiento del operador, como ocurre en la mayoría de las combinadas modernas; el *batidor trasero* (9) (o simplemente el *batidor*) orienta y ayuda a disminuir la energía del material trillado que es enviado sobre los sacapajas.

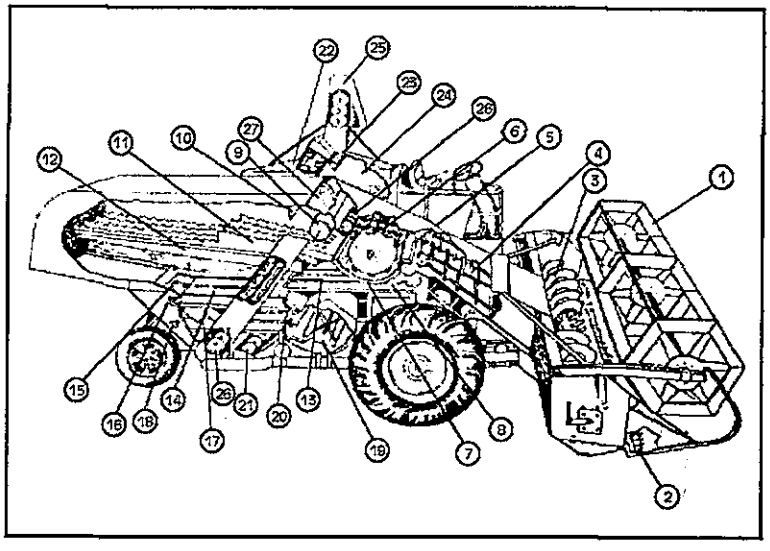


Figura 1. *Componentes básicos de la combinada.*

Algunas combinadas poseen *deflectores o lonas* (10) que obligan a la paja y al grano trillado a caer sobre el *sacapajas* (11) a todo lo ancho del mismo. Los componentes del sacapajas poseen *retornos de grano* (12) que facilitan el paso de los granos hasta que alcanzan la *bandeja de granos* (13), localizada inmediatamente debajo de la bandeja de trilla. Todo este material es llevado al *zarandón* (14), en donde se inicia el proceso de limpieza; el zarandón posee una *extensión* (15) y una *palanca de ajuste* (16) que permite graduar los orificios de salida, de acuerdo a las características físicas y mecánicas de los granos. Al zarandón también se le denomina *criba de granzas*, puesto que el material que no puede atravesarlo debe volver al sistema de trilla. El material que atraviesa el zarandón alcanza la *zaranda* (17) o *criba de grano limpio*, que al igual que el zarandón posee una *palanca de ajuste* (18); es allí donde se efectúa la última limpieza por acción del *ventilador* (19) cuyas *persianas* (20) orientan la corriente de aire que mantiene en suspensión el material de peso inferior al de los granos. El

grano limpio es llevado mediante un *sinfín de grano limpio* (21) al *elevador de grano limpio* (22) por medio de un *sinfín de dispersión* (23) que permite llenar homogéneamente el *tanque de granos* (24). El grano se entrega mediante un *sinfín de descarga* (25) que en Colombia usualmente se conoce como "*bazuca*". El material de retrilla que cae del zarandón, es recogido por un *sinfín de retrilla* (26) y subido por el *elevador de retrilla* (27) para ser distribuido homogéneamente sobre el cilindro o sobre un cilindro auxiliar por medio de un *sinfín distribuidor de retrilla* (28).

Componentes de las funciones de la combinada

- CORTE
  - Molinete
  - Barra de corte

- ALIMENTACIÓN
  - Caracol o sinfín
  - Dedos retráctiles
  - Alimentador con su cadena alimentadora

- TRILLA
  - Cilindro
  - Cóncavo
  - Batidor

- SEPARACIÓN
  - Sacapajas
  - Deflectores o lonas
  - Retornos de granos
  - Bandejas de granos

- LIMPIEZA
  - Zarandón o criba de granzas
  - Zaranda o criba de grano limpio
  - Ventilador

- ENTREGA
  - Elevador de grano limpio
  - Elevador de retrilla
  - Tanque de grano o sistema ensacador

Mecanismos de corte y alimentación

Estos dos mecanismos conforman El *cabezote* o *cabezal* (Figura 2). El *mecanismo de corte* está conformado por la *plataforma, mesa de corte* o *canoa*, junto a la cual actúan el *molinete* y la *barra de corte* para la mayoría de cereales y leguminosas o un *cabezote para un cultivo específico* como ocurre con la cosecha de maíz. El *mecanismo de alimentación* está conformado por el *caracol* o *sinfín*, los *dedos retráctiles* y el *alimentador* que contiene la cadena alimentadora.

Los *separadores* o *divisores* y la *placa terminal* tienen como objetivo separar la franja que se está cosechando del resto del cultivo, sin que los tallos no cortados sufran daño alguno.

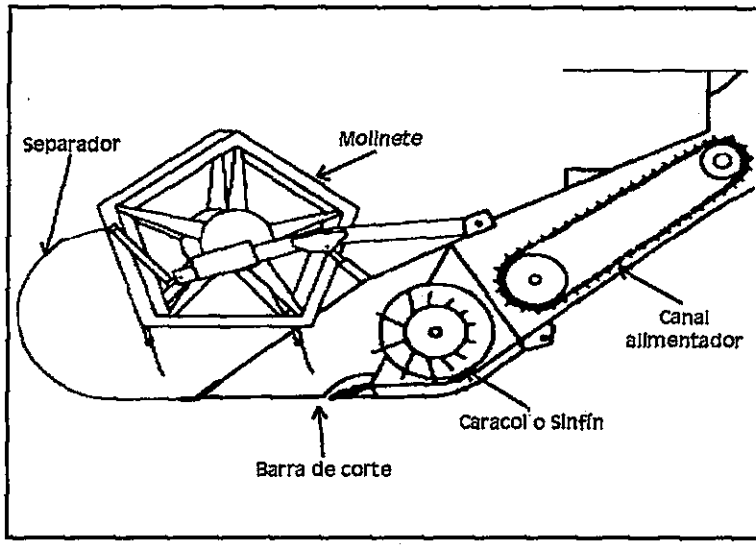


Figura 2. *Mecanismos de corte y alimentación.*

• Tipos de molinetes

En las combinadas convencionales existen dos tipos de molinetes (Figura 3):

- ***Molinete de paletas o tabletas*** : posee un conjunto de tres a ocho tabletas de madera, aluminio o acero que giran sosteniendo la planta mientras que es cortada por las cuchillas de la barra de corte. Una vez cortados los tallos, el molinete cumple la función de colocar el material en la plataforma.
- ***Molinete recolector*** (conocido también como "molinete de ganchos" o Pick-up Reel en Colombia) : tiene dedos o ganchos de acero pegados a las tabletas. Este tipo de molinete se utiliza para levantar cultivos caídos,

operación que no se puede realizar con el molinete de paletas. Tanto las paletas como los ganchos se pueden orientar para que entren a la cosecha con un ángulo correcto. El molinete permite realizar ajustes tanto horizontales como verticales.

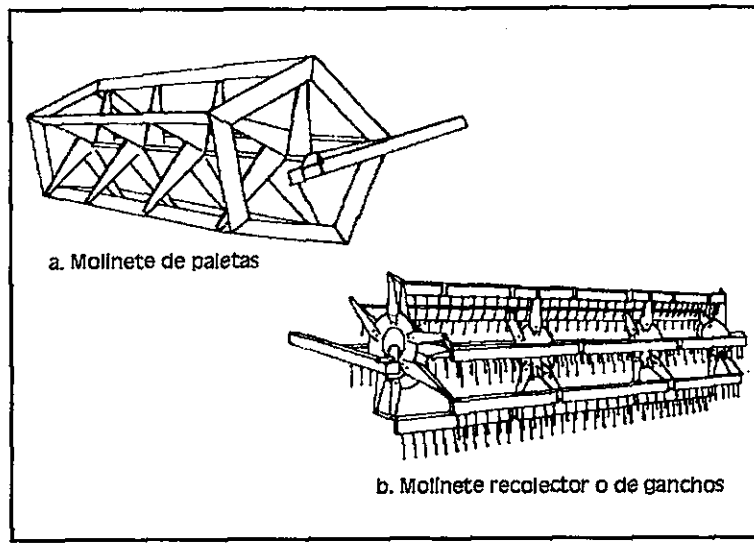


Figura 3. Tipos de molinetes.

- **La barra de corte**

El molinete sostiene la planta mientras que la barra de corte efectúa el corte del tallo por desplazamiento horizontal de la cuchilla. En las combinadas, las cuchillas de la barra de corte son estriadas y no se pueden afilar; por tanto, se deben cambiar cuando se desgastan o se dañan.

El peso de la plataforma está balanceado mediante resortes y eso permite ajustar la altura de corte. Las máquinas modernas usualmente regulan la altura mediante cilindros hidráulicos, lo cual permite que el corte se pueda efectuar desde la superficie del suelo hasta aproximadamente unos 150 cm por encima de la misma.

El movimiento lo reciben las cuchillas por una biela (barra Pitman), la cual a su vez es accionada por una polea (o volante) que recibe el movimiento mediante una cadena o una correa en V. La biela se articula a la barra de corte mediante un buje de goma que permite absorber las vibraciones que se presentan durante la operación.

Las cuchillas están remachadas a una barra plana de acero y para efectuar el corte deben desplazarse dentro de la guarda con suavidad.

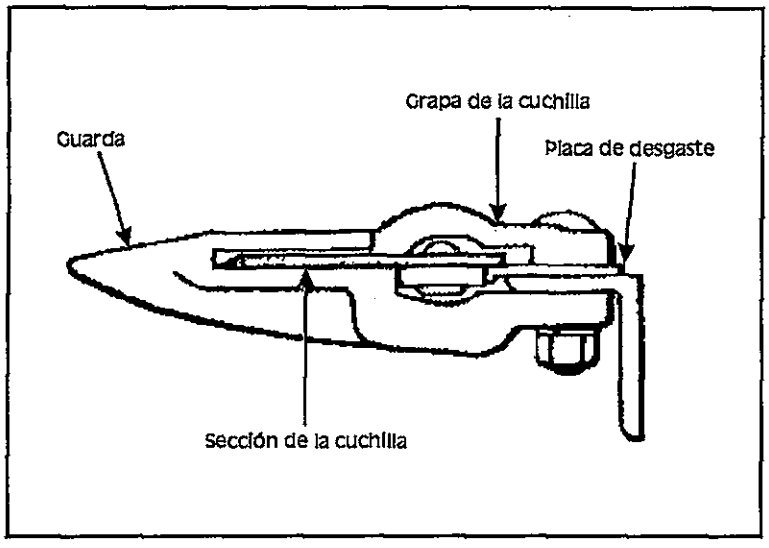


Figura 4. Corte transversal de una barra de corte.

• El caracol o sinfín

El caracol o sinfín transporta las plantas cortadas sobre la plataforma hacia el centro de la combinada donde el embocador está localizado. Para introducir el material al embocador se usan dedos retráctiles ajustables que en nuestro medio es costumbre reemplazarlos por pedazos de platina, ángulos, etc., o simplemente extienden la aleta del caracol, eliminando así el sistema de entrada regulada del material y produciendo una entrega muy irregular a la cadena alimentadora y posteriormente al sistema de trilla.

• La cadena alimentadora

El transporte mediante la cadena debe ser suave y uniforme; para lograr esto se debe tensar en tal forma que casi toque el fondo de la caja del alimentador. Cuando la cadena queda muy tensa, el transporte se dificulta y se presenta atascamiento a la entrada del alimentador. Cuando está muy suelta se produce desgaste de la cadena y de la caja por fricción y desgrane durante el transporte. Algunas máquinas cosechadoras no tienen cadenas ajustables (Figura 5).

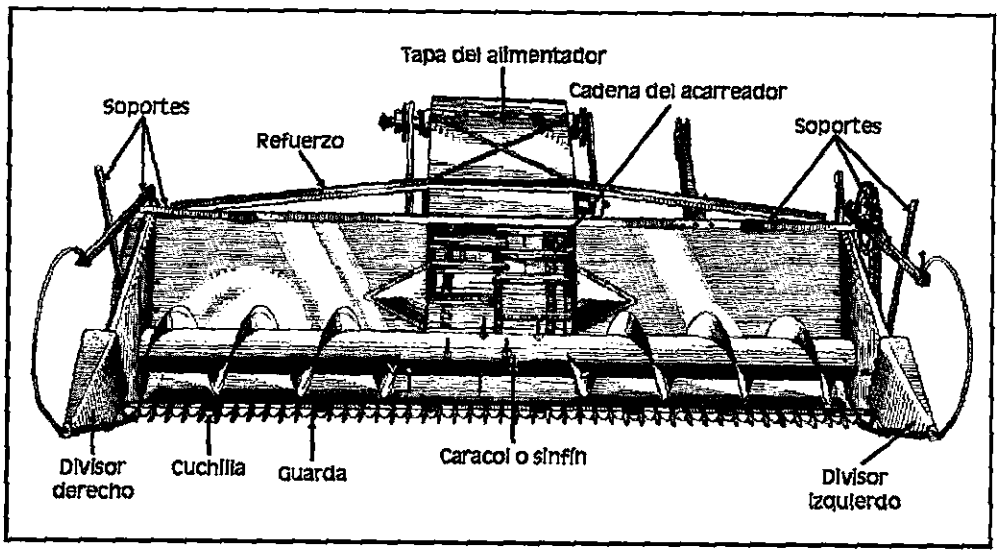


Figura 5. Sistema de alimentación.

El sistema de trilla

El sistema de trilla separa el grano de las espigas o panojas, mediante la acción de un componente estático (el cóncavo) y otro dinámico (el cilindro). Hay tres tipos comunes de cilindros y cóncavos:

• Cilindro y cóncavo de dientes

Constituidos por una serie de dientes rígidos de acero, montados sobre barras metálicas que a su vez están sujetas a ruedas del mismo material. El cóncavo posee varias hileras de dientes y una parrilla abierta (Figuras 6 y 7).

El desgrane se produce al pasar el material entre los dientes y por la acción agresiva de este mecanismo. A medida que se usan más hileras, se produce una acción más agresiva para la separación del grano, lo cual hace que en ocasiones éste sea triturado; la paja y la maleza se desmenuzan, recargando así el sistema de limpieza.

A las combinadas provistas de sistema de trilla de dientes se les conoce como arroceras, aun cuando pueden ser usadas para otros granos, con el problema de que desmenuzan la paja en extremo.

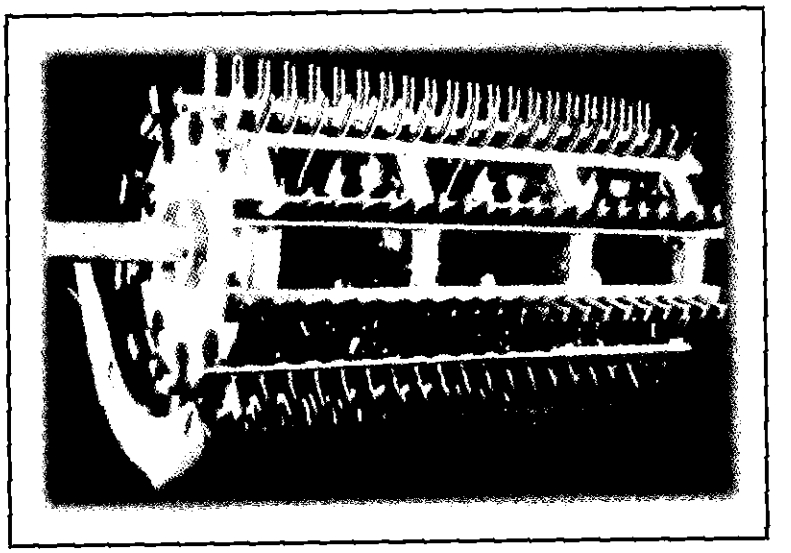


Figura 6. Cilindro y cóncavo de dientes.

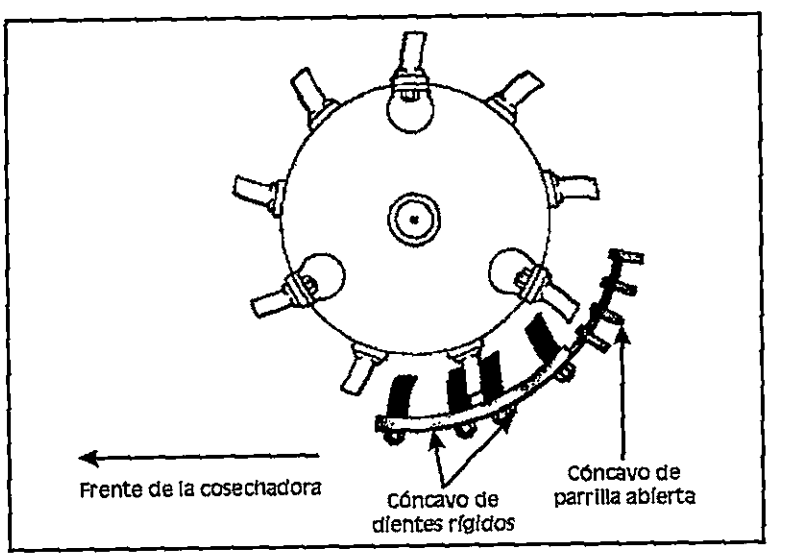


Figura 7. Corte transversal de cilindro y cóncavo de dientes.

La separación entre el cilindro y el cóncavo se mide entre los dientes de uno y otro (Figura 8) y no es el espacio que queda entre los extremos de ellos. Cuando los dientes se desgastan y se reconstruyen con soldadura no es posible tener una separación exacta entre dientes. De la misma forma, cuando se aplica soldadura a las platinas del cilindro o del cóncavo, éstas se pandean haciendo que los dientes no queden exactamente en posición vertical, dificultando así los ajustes de la trilla.

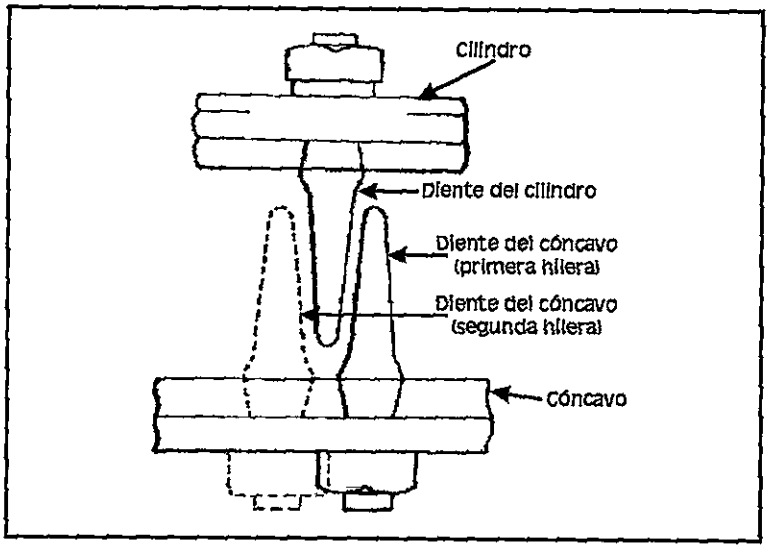


Figura 8. Separación cilindro-cóncavo en una combinada arrocera (con sistema de trilla de dientes).

- **Cilindro y cóncavo de barras raspadoras**

Formado por una serie de barras transversales de acero, paralelas al eje del cilindro con una superficie estriada en forma diagonal y las estrías de una barra y la siguiente tienen sentido opuesto (Figuras 9 y 10). La trilla se produce por la fricción a que se somete la espiga al pasar entre las barras del cilindro y las del cóncavo que permanecen fijas.

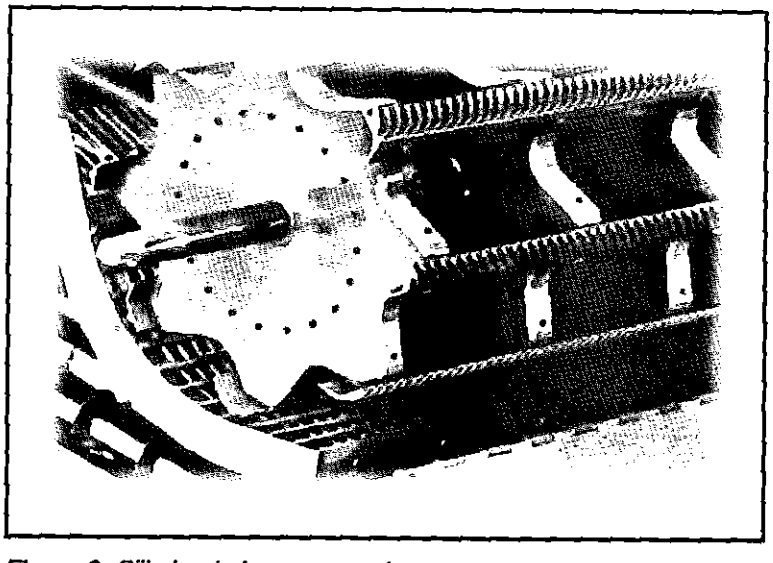


Figura 9. Cilindro de barras raspadoras.

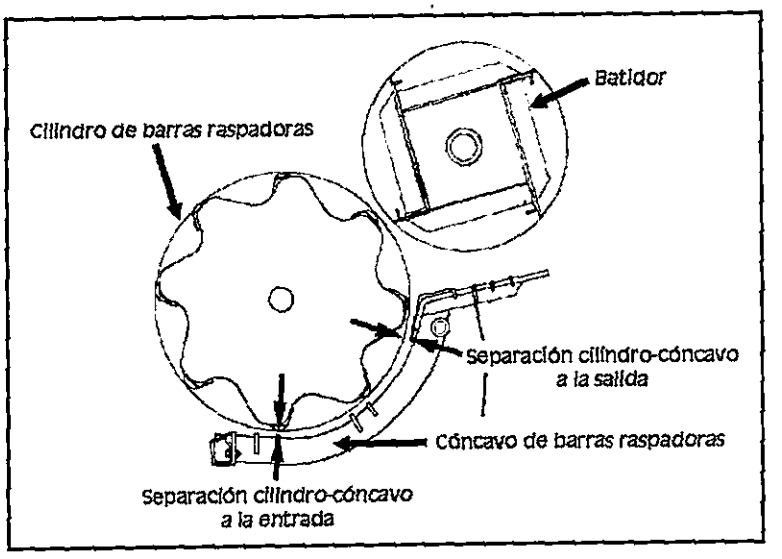


Figura 10. *Sección transversal del sistema de trilla de barras raspadoras.*

Las barras del cilindro se pueden identificar como derechas e izquierdas según la dirección de las estrías y se deben colocar en sentido opuesto, una a continuación de la otra.

El cóncavo está formado por barras paralelas montadas sobre barras curvas y sobre varillas en el área trilladora. El cilindro de barras raspadoras produce menos trituración y el volumen de paja desmenuzada que se debe sacar del sistema es menor.

- **Cilindro y cóncavo de barras angulares**

Conformado por barras angulares montadas en forma helicoidal sobre barras de acero. Las barras tanto del cilindro como del cóncavo están recubiertas con caucho vulcanizado, lo cual hace que se tenga un efecto trillador más suave que en los dos casos anteriores, produciendo en esta forma menos daño mecánico. Se utiliza usualmente para trilla de granos pequeños o cuando se trilla con un contenido de humedad más alto que el normal (Figura 11).

La mayoría de combinadas comerciales vienen con cilindros de 24 pulgadas de diámetro y longitudes que varían entre 22 y 55 pulgadas, aun cuando es posible encontrar combinadas experimentales o de gran tamaño con cilindros más grandes o más pequeños.

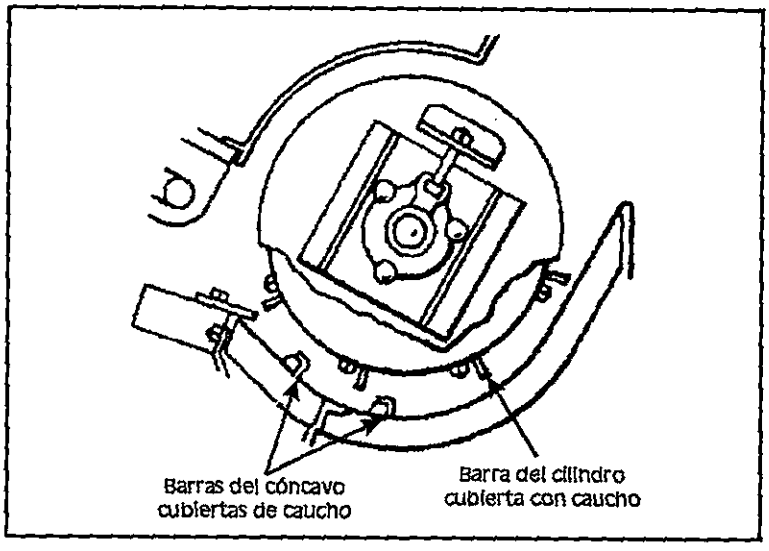


Figura 11. *Cilindro de barras angulares.*

La separación cilindro-cóncavo en las máquinas modernas se controla desde la plataforma del operador y en la mayoría de ellas se logra acercando el cóncavo al cilindro, aun cuando en algunos modelos antiguos se hace acercando el cilindro al cóncavo. Usualmente la separación cilindro-cóncavo es el doble a la entrada, en comparación con la salida. Esta separación tiene que ver directamente con la calidad de la trilla y con la cantidad de grano que pasa a través de la rejilla del cóncavo.

Cuando se tiene una separación cilindro-cóncavo adecuada a la entrada, se logra una buena acción trilladora a lo largo del cóncavo y un alto porcentaje del grano atraviesa la rejilla del mismo; pero cuando la separación es mayor de lo normal, la trilla solo se efectúa en una parte del cóncavo, cae menos grano a través de la rejilla, parte del grano no alcanza a separarse de la espiga y las pérdidas en la trilla se incrementan.

Cuando la separación cilindro-cóncavo es inferior a la normal, se produce un apreciable daño mecánico y cuando ésta es muy grande no se logra la trilla total, y buena parte del grano se pierde en forma de espigas no trilladas o parcialmente trilladas, lo cual recarga el sistema de trilla o se convierte en material que se pierde por la cola de la combinada.

Los elementos del cóncavo, en los tres tipos de sistemas de trilla mencionados, se encuentran montados conformando rejillas a través de las cuales pasa hasta un 90% del grano que alimenta la bandeja de granos. Este porcentaje puede disminuir cuando la humedad del grano no es la adecuada o cuando las condiciones ambientales son adversas.

• **El batidor**

Este elemento no forma parte integral del sistema de trilla, pero actúa como un componente importante en la transición de la trilla a la separación ya que reduce la energía del material que proviene del sistema de trilla y lo orienta hacia el sacapajas. Si no existiera el batidor, el material trillado podría continuar girando con el cilindro, produciendo así una recarga del mismo. Algunas combinadas tienen además una barra despajadora que no permite que la paja continúe girando con el cilindro. Existen diversos tipos de batidores en las combinadas (Figura 12).

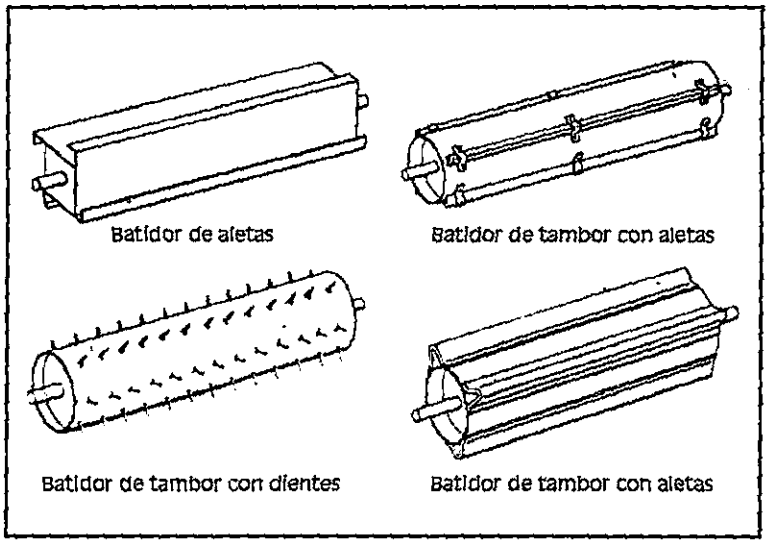


Figura 12. *Tipos de batidores.*

Mecanismo de separación

La separación es el proceso dentro de la combinada que permite que la paja salga de la máquina, mientras que el grano continúa dentro de la misma. Para lograrlo se utilizan los sacapajas.

• **Sacapajas**

Como se mencionó anteriormente, hasta el 90% del grano trillado pasa a través del cóncavo y el resto continúa con la paja, y para ser separado

de ésta usualmente se utiliza el sacapajas. Hay dos tipos de sacapajas : a) El sacapajas de rejilla oscilante de una pieza (Figura 13), poco usado en las combinadas comerciales grandes, y b) El sacapajas múltiple (Figura 14) provisto de tres a seis elementos que son accionados por el cigüeñal del sacapajas que establecen un círculo de rotación para cada uno de ellos.

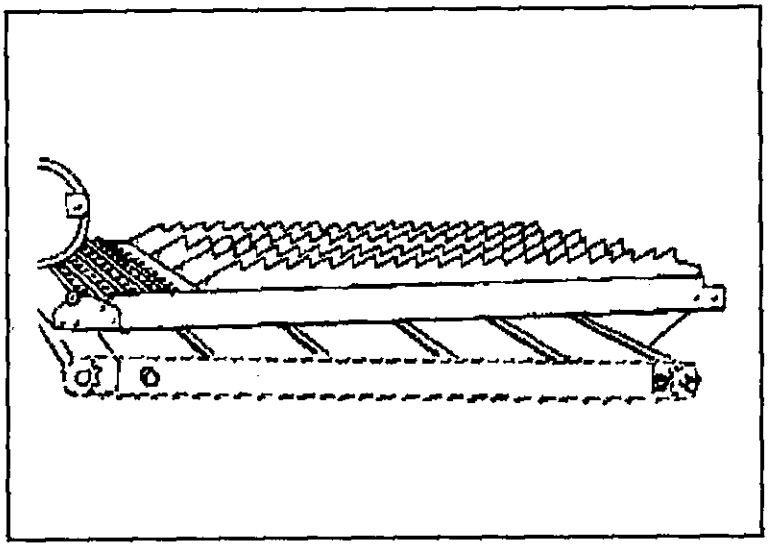


Figura 13. *Sacapajas de rejilla oscilante.*

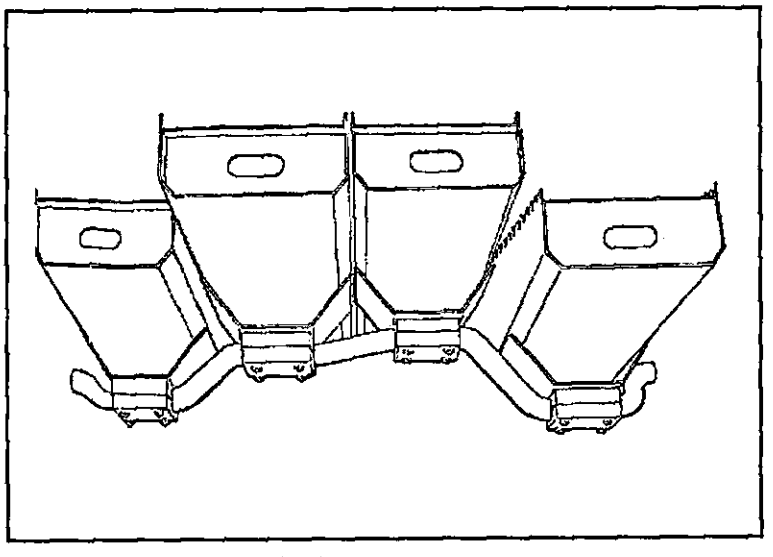


Figura 14. *Sacapajas múltiple.*

Hay dos configuraciones de los sacapajas: a) cerrados, cuando tienen bandejas de retorno debajo de ellos como parte integral de su diseño, y b) abiertos, cuando debajo de los elementos tienen una serie de sinfines que transportan el grano al mecanismo de limpieza.

Los sacapajas tienen orificios de diferentes formas y tamaños, que permiten el paso de los granos, pero no de la paja. Cuando la paja es triturada en el sistema de trilla alcanza a pasar estos orificios, sobrecargando el sistema de limpieza. La abertura tradicional en los sacapajas ha sido de orificios rectangulares, pero puesto que hoy en día también se cosecha maíz, los orificios de las combinadas modernas tienen forma de labio (Figura 15)..

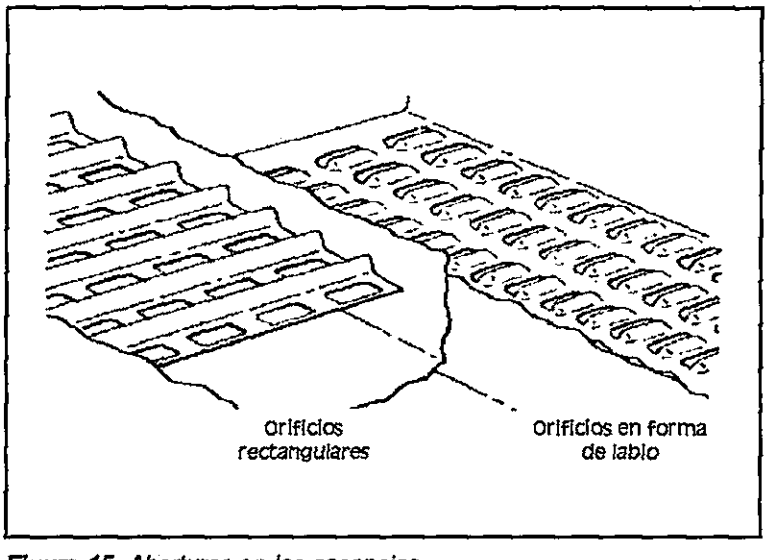


Figura 15. *Aberturas en los sacapajas.*

El impulso de la paja se logra mediante la aceleración que cada ciclo da al material hacia atrás y hacia arriba, lo cual junto con los dientes en forma de espina de pescado llevan la paja hacia la "cola" de la combinada.

Los elementos del sacapajas tienen de 20 a 30 cm de ancho y en algunas cosechas se presentan pérdidas porque la paja atraviesa rápidamente el sistema. Para reducir la velocidad de la paja se colocan dientes de sierra, denominados comúnmente "caimanes", los cuales logran reducir la velocidad del material y aumentar la agitación.

Para disminuir las pérdidas de separación y evitar que el material salga a gran velocidad por la cola de la combinada se ponen *deflectores* o *lonas de retardación.*

Mecanismo de limpieza

Está constituido por : 1) *el zarandón o criba de granzas*, que posee además una *extensión*, 2) la *zaranda* o *criba de grano limpio*, y 3) el *ventilador* (Figura 16).

El sistema lleva a cabo la separación de los granos trillados de los pedazos de tallos, hojas y demás residuos, tratando de que las espigas no trilladas o parcialmente trilladas que llegan al sistema de limpieza regresen al sistema de trilla principal o a un sistema auxiliar, como ocurre en algunos modelos de combinadas.

El grano limpio es transportado directamente al tanque de granos en la cosecha a granel, pero en Colombia la mayor parte de las combinadas han sido modificadas y usan un sistema ensacador que permite la cosecha en bultos.

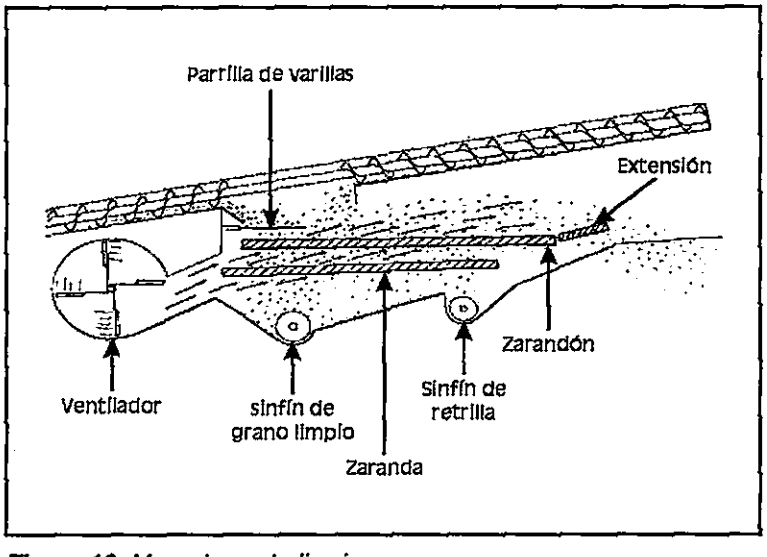


Figura 16. *Mecanismo de limpieza.*

El zarandón puede ser de tipo ajustable o no-ajustable. En el primer caso, el ajuste se logra mediante varillas pivotadas que pueden girar simultáneamente y las pestañas que se encuentran separadas entre sí se convierten en un soporte intermedio (Figura 17).

La zaranda separa los granos de los trozos de paja y otros residuos que han pasado a través del zarandón. La zaranda tiene un sistema de apertura similar al del zarandón, pero con lengüetas ajustables. Las zarandas con orificios redondos no ajustables son preferibles para la cosecha de semillas

pequeñas como las de trébol, alfalfa y pasto, y aquellas de orificios elongados se utilizan para otros cultivos.

El zarandón y la zaranda pueden tener movimientos oscilantes en el mismo sentido o en sentido contrario. El movimiento de las cribas en sentido contrario reduce la tendencia de la paja a pegarse en las aperturas.

Las espigas no trilladas o parcialmente trilladas que caen al zarandón y no salen de la combinada ni alcanzan el sinfín de grano limpio caen al sinfín de retrilla. Esto ocurre usualmente en la extensión del zarandón porque la suspensión de la espiga es más difícil que la de los granos y de los pedazos de tallos y de hojas.

En las cribas existen tres tipos de separaciones : 1) Aerodinámica ; 2) Mecánica (agitación o zarandeo) ; y 3) Una combinación de las dos anteriores.

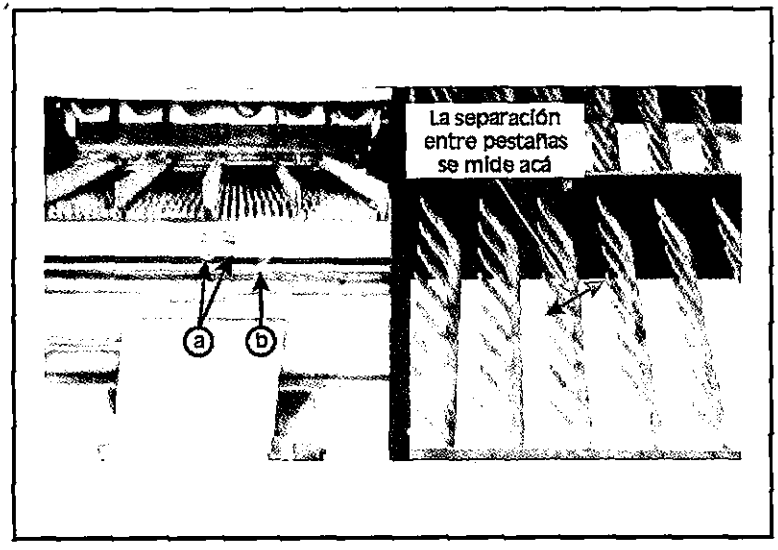


***Figura 17.** Ajustes en el zarandón (a) y la zaranda (b).*

Mecanismo de entrega de grano y material de retrilla

Usualmente el grano limpio es llevado al tanque de granos o al sistema ensacador mediante un elevador de cangilones que tiene una serie de paletas de caucho o de acero adheridas a una cadena que se desplaza a baja velocidad (aproximadamente 1.8 m/s), lo cual evita el daño mecánico del grano.

El elevador de retrilla tiene una composición muy similar a la del elevador de grano limpio, pero es más pequeño, pues solo mueve una pequeña canti-

dad de material. En el sistema existe una pequeña compuerta de inspección para que el operador pueda observar si está regresando mucho material al sistema de trilla, en cuyo caso es necesario hacer los ajustes correspondientes en otros sistemas.

En la Figura 18 podemos observar la distribución típica de los elevadores de grano limpio y de retrilla.

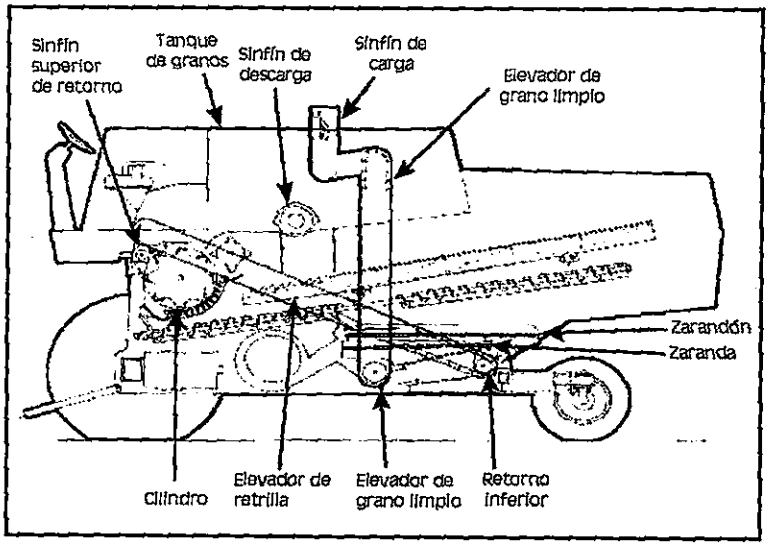


Figura 18. *Sistemas típicos de transporte de grano limpio y material de retrilla.*

CAPÍTULO 2. PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LA COMBINADA

Parámetros de operación del molinete

- Si el molinete es de tabletas, los extremos deben situarse próximos a las espigas más bajas y delante de la barra de corte. En cultivos erectos, el molinete debe estar situado de 15 a 20 cm delante de la barra de corte. En el caso de cultivos caídos, debe aumentarse un poco la distancia mínima y esta puede ser de 22 a 30 cm, mientras que los ganchos del molinete deben pasar a una distancia entre 5 y 8 cm de la barra de corte.
- La velocidad del molinete depende de la velocidad de la combinada. La relación entre la velocidad del molinete y la de la combinada se conoce como Índice del Molinete (I) (ecuación 1) y la mayoría de investigadores han encontrado que debe estar entre 1.25 y 1.75.

$$\text{Índice del Molinete} = \lambda = \frac{\text{Velocidad del molinete (m/min)}}{\text{Velocidad de la combinada (m/min)}} \qquad (1)$$

Parámetros de operación de la barra de corte

- La velocidad de la barra de corte debe oscilar entre 350 y 550 ciclos por minuto. El valor inferior se usa para el corte de leguminosas, donde la alta velocidad puede traducirse en dehiscencia de las vainas.
- En el caso de la mayoría de cereales, la altura de la barra de corte debe ajustarse para que opere a unos 15 cm por debajo de la espiga más baja para evitar una sobrealimentación de material diferente al grano, lo cual recarga el sistema de trilla. La Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas en su Norma ASAE S343.3 recomienda como rangos aceptables de relación de material diferente a granos (mdg) (tallos, hojas, etc.) a granos (g) la dada en la Tabla 1.
- Por lo general, la ranura de la guarda posee una tolerancia próxima a 3/16 de pulgada, mientras que las cuchillas poseen aproximadamente un espesor de 1/8 de pulgada, quedando así una tolerancia de 1/16 de pulgada, la cual debe mantenerse para que se realice un corte limpio del tallo. Si esta tolerancia se incrementa, los tallos se atascan dentro de la

misma y las pérdidas en esta zona se incrementan. Entonces, las guardas deben llevarse a su forma original mediante una herramienta en forma de tubo que cumple esta función.

Tabla 1. Relación entre material diferente a grano (mdg) y grano (g) para algunos cultivos comerciales[1]

CULTIVO	mdg/g	CULTIVO	mdg/g
Trigo	0.6 - 1.2	Sorgo	0.4 – 0.8
Cebada	0.6 - 1.2	Maíz	0.4 – 0.8
Arroz	1.0 – 2.4	Soya	0.5 – 1.5

Parámetros de operación del caracol o sinfín

- El caracol debe permanecer centrado sobre la concavidad de la canoa. Si el caracol queda inclinado, la entrega del material no es uniforme.
- El espacio libre entre el caracol y la superficie de la canoa debe ser aproximadamente 5 a 10 mm para cultivos como el arroz o similares, pero debe ajustarse cuando se trata de mazorcas o panojas de mayor espesor, en cuyo caso puede requerirse un espacio que llegue hasta 40 mm. Si el espacio libre es muy pequeño, se produce el desgrane sobre la plataforma y posiblemente el material desgranado caiga al suelo. Si el espacio libre es muy grande, se produce una alimentación muy irregular.
- En cosechas no muy densas, los dedos retráctiles se extienden hacia fuera; en cosechas densas, hacia dentro.
- Si la velocidad del caracol es ajustable, use la velocidad mínima que produce una alimentación aceptable; el exceso de velocidad puede hacer que el material gire alrededor del caracol.
- El despojador del caracol debe ajustarse para evitar que el material gire alrededor del mismo. Un ajuste inadecuado produce una alimentación deficiente.

[1] *Norma ASAE S343.1*

Parámetros de operación de la cadena alimentadora

- La separación entre el fondo de la caja y la cadena transportadora debe ser de aproximadamente 3 mm para la mayoría de los granos y cuando el tamaño de la mazorca o la panoja se incrementa, puede ser necesario aumentar la separación hasta unos 20 mm para permitir el paso normal del material.

Parámetros de operación de la trilla

- La velocidad del cilindro es variable para cada cultivo. En general, cuando los granos son fácilmente separables la velocidad del cilindro es baja y a medida que se dificulta más la separación, la velocidad debe incrementarse.
- La separación cilindro-cóncavo depende de las características físicas del grano y varía especialmente por el diámetro promedio del mismo.
- Por ser tan crítica la separación cilindro-cóncavo se recomienda hacer con frecuencia la revisión de que el cóncavo esté paralelo con el cilindro en toda su extensión para evitar que se produzca una trilla diferencial en las diferentes zonas del sistema de trilla.

En la Tabla 2 aparecen tanto el rango de velocidad recomendada para algunos cultivos tradicionales, con su equivalente en rpm para cilindros convencionales de 24 pulgadas de diámetro, como la separación cilindro-cóncavo para algunos cultivos tradicionales, así como la humedad del grano recomendada en el momento de la cosecha.

Parámetros de operación del batidor

- El batidor es accionado directamente por el motor de la combinada, lo cual hace que opere aproximadamente a unas 1200 rpm.
- La separación entre las aletas del batidor y las barras del cilindro es de unos 3 mm aproximadamente.
- Si la combinada posee un cóncavo de peine regulable, la distancia entre éste y las aletas del batidor debe ser de 50 mm aproximadamente.

Tabla 2. Rango de las velocidades de operación del cilindro, separación cilindro - cóncavo y humedad adecuada para algunos cultivos

Cultivo	Velocidad del cilindro		Separación cilindro-cóncavo	Humedad del grano
	m/min	rpm	mm	%
Arroz	1370 – 2000	700 – 1050	5 – 10	15 –28
Avena	1200 - 1500	630 – 780	5 – 12	12 - 18
Cebada	1400 - 2400	750 – 1300	6 - 13	10 – 20
Frijol consumo	480 - 960	250 – 500	8 - 19	15 –25
Frijol semilla	300 - 480	160 - 250	8 - 19	15 -25
Maíz	760 - 1200	400 – 630	22 - 38	20 – 30
Sorgo	1200 - 1500	630 - 780	6 - 13	10 – 17
Soya	910 – 1200	480 – 630	9 –13	10 - 15
Trigo	1400 – 2300	750 – 1200	3 – 13	10 - 20

Parámetros de operación de la separación

- El sacapajas es accionado directamente por el motor de la combinada, lo cual implica que su velocidad es constante.
- Se ha establecido que para los sacapajas, se cumple la relación matemática $rw^2 = 2g$ (donde : r = radio de giro, w = velocidad angular, y g = aceleración de gravedad).
- De acuerdo con lo establecido, la velocidad del sacapajas es de 180 a 210 cpm si r = 2 pulgadas, y de 150 a 170 cpm si r = 3 pulgadas.

Parámetros de operación de la limpieza

- El área del zarandón es de aproximadamente 50 pulgadas cuadradas por cada pulgada de longitud del cilindro.

- El área de la zaranda es de aproximadamente 40 pulgadas cuadradas por cada pulgada de longitud del cilindro.
- La frecuencia de oscilación de las cribas es del orden de 250 a 325 ciclos por minuto.
- La cantidad de material diferente a grano que deben manejar las cribas es del orden de 5 a 10% en condiciones normales. Cuando el cultivo está muy seco, este valor puede subir al 50%.
- La separación aerodinámica depende de la existencia de velocidades diferenciales de suspensión de los componentes a separar. Las velocidades de suspensión son del orden de 1000 a 1900 pies/min (305 a 575 m/min) para granos como cebada, trigo y avena, de 400 a 1200 pies/min (172 a 365 m/min) para pequeños pedazos de tallos (de hasta unos 18 cm de longitud), y de 300 a 500 pies/min (90 a 152 m/min) para la paja más pequeña. A medida que los granos son más pequeños, las velocidades de suspensión disminuyen.
- El flujo de aire a través de las cribas se debe hacer con ángulos inferiores a 45 grados sobre un plano horizontal y en esta forma los materiales más livianos son separados por acción aerodinámica. Las partículas con velocidades intermedias de suspensión pueden ser removidas por combinación de las acciones aerodinámica y mecánica.
- Las aperturas del zarandón y su extensión y las de la zaranda dependen de las características del grano que se está limpiando. La Tabla 3 es un indicativo de estas aperturas, pero teniendo en cuenta que las características del grano varían de acuerdo con la variedad, es importante hacer ensayos para cada una de ellas, buscando la optimización de la apertura de acuerdo con la variedad que se está cosechando.

Tabla 3. Apertura del zarandón, su extensión y la zaranda para varios cultivos

Cultivo	Apertura(mm)		
	Zarandón	Extensión	Zaranda
Arroz	12 – 16	14 – 18	9 – 12
Avena	10 - 12	12 - 15	8 - 10
Cebada	9 -13	14	7 - 12
Trigo	15 - 19	14	7 - 12
Fríjol - semilla	19 - 25	—	9 - 13
Fríjol - consumo	19 - 25	—	9 - 13
Maíz	11 - 28	18 - 45	13 - 16
Sorgo	6 - 13	18	6 - 13
Soya	13 - 19		9-13

CAPÍTULO 3. CONTROLES DE OPERACIÓN DE LA COMBINADA

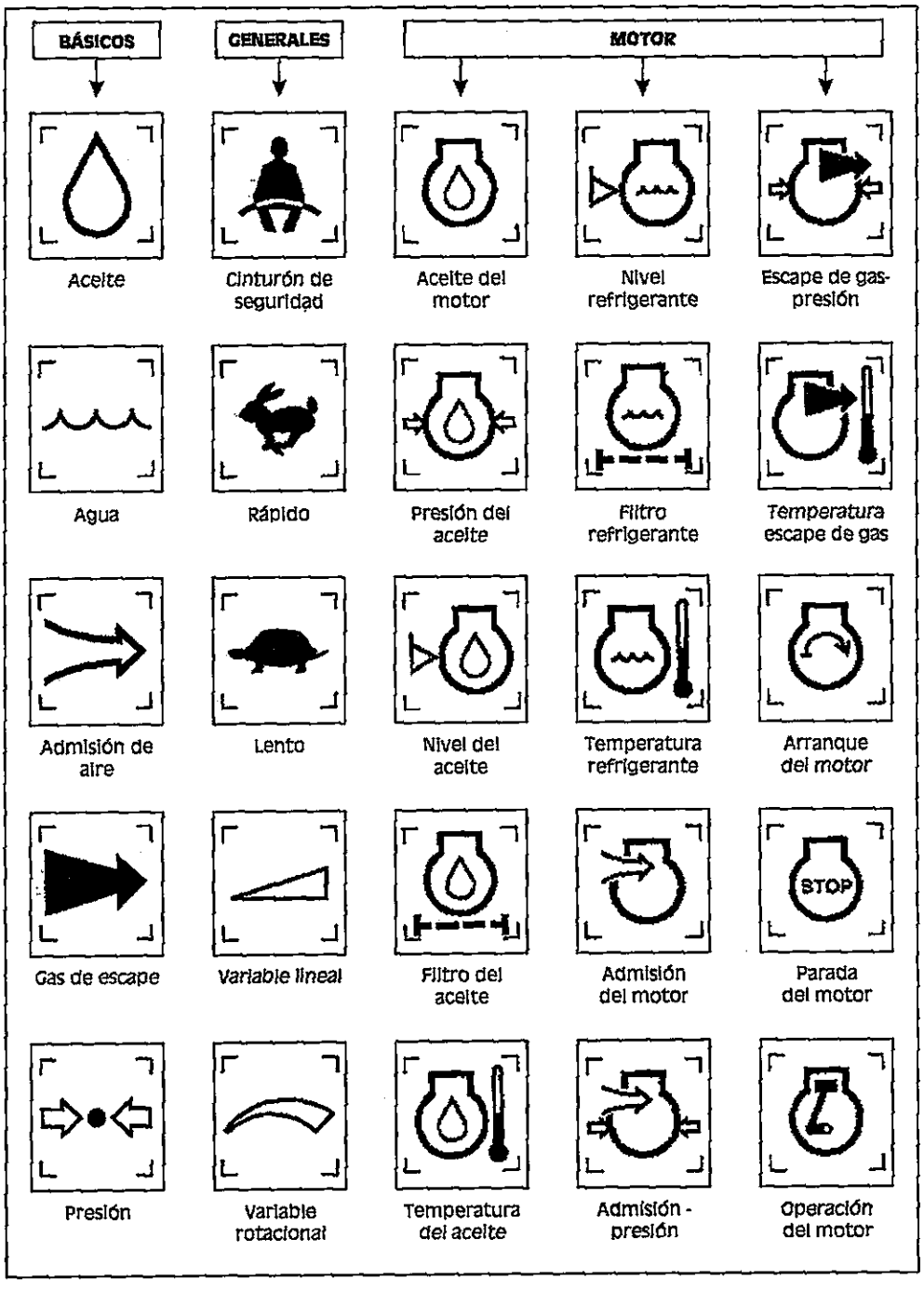
Usualmente las combinadas tienen los mismos controles de operación, aun cuando la ubicación varía de acuerdo con el fabricante y el modelo.

Los símbolos gráficos para representar los controles de operación deben cumplir con la Norma ASAE S304.6 de la Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas (ASAE) y parte por definir el "símbolo" como la figura perceptible que se utiliza para transmitir información sin usar palabras explicativas. Los símbolos vienen generalmente representados en el *Manual del operador* y en la combinada, pero por ser universales bastará tener una idea clara de los mismos para entender la representación que indican. Los símbolos de la Norma ASAE mencionada son:

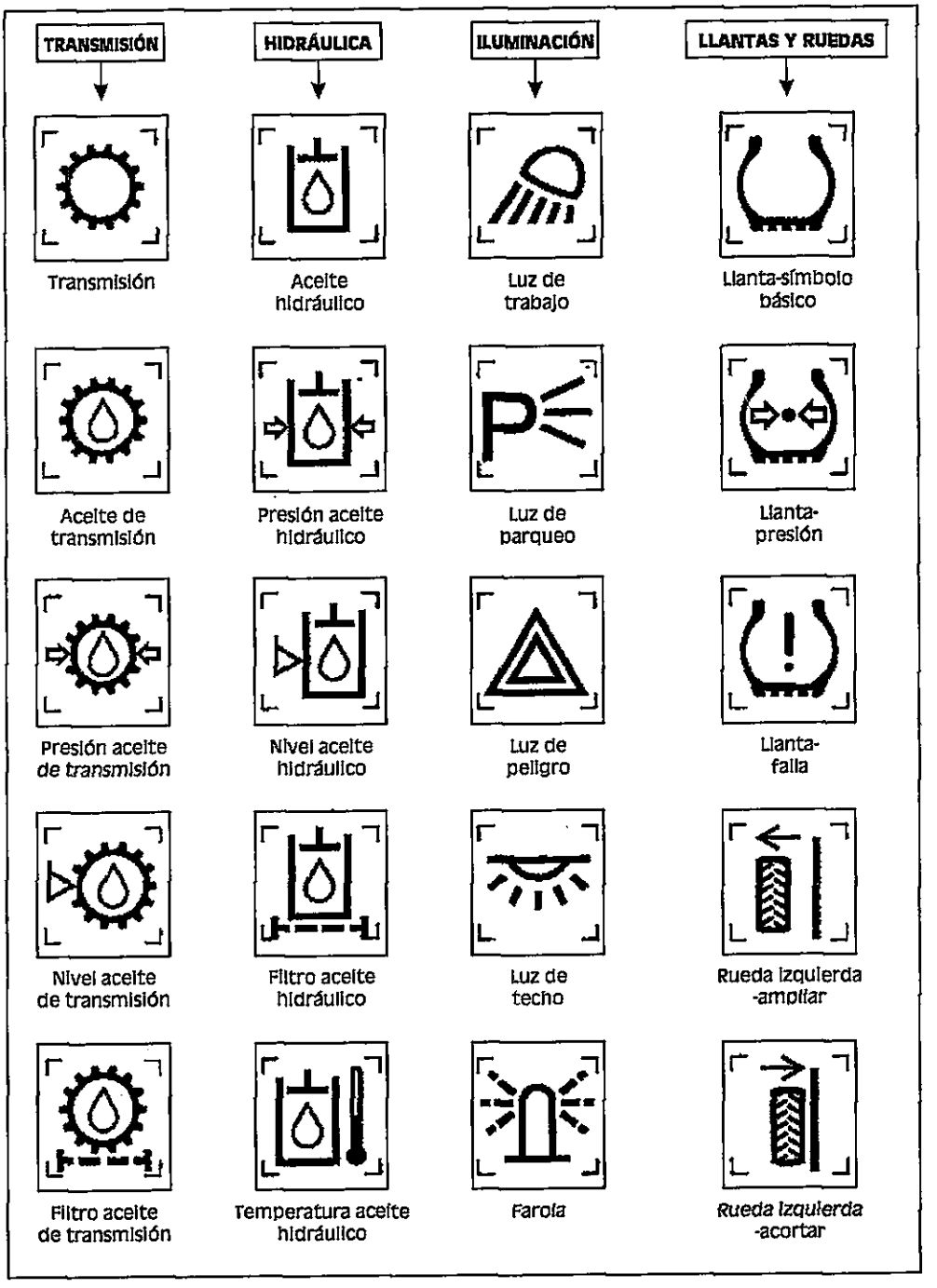
- Símbolos básicos
- Símbolos generales
- Símbolos del motor
- Símbolos de la transmisión
- Símbolos de los sistemas hidráulicos
- Símbolos del sistema de frenado
- Símbolos del sistema de combustible
- Símbolos de iluminación
- Símbolos del panorámico/visibilidad
- Símbolos de control de clima
- Símbolos de los asientos
- Símbolos de llantas y ruedas
- Símbolos de máquinas y equipos de cosecha
- Símbolos de la cosechadora combinada
- Símbolos de la cosechadora de algodón
- Símbolos de la cosechadora de forraje
- Símbolos de la aspersora
- Símbolos de los cargadores

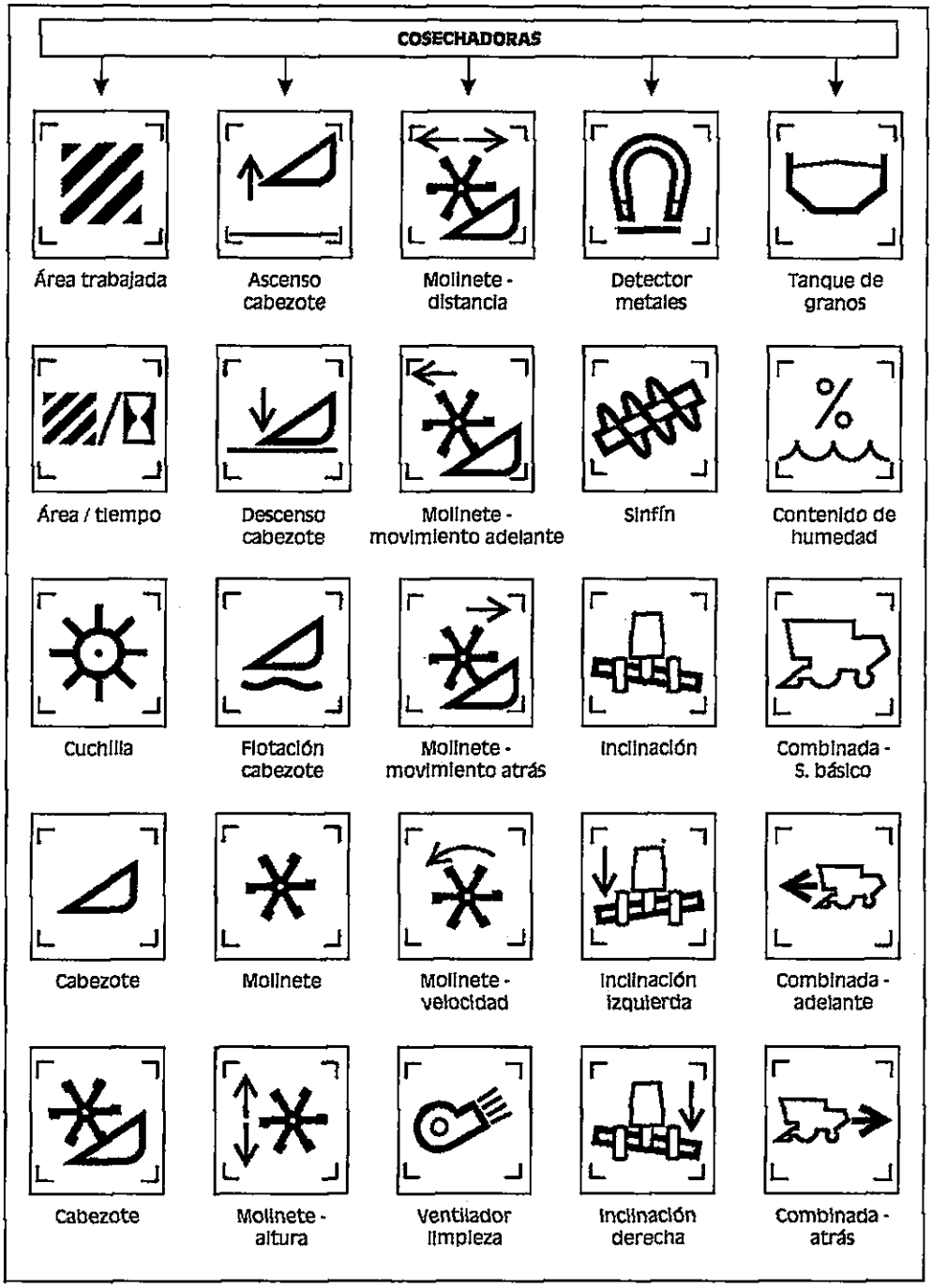
A continuación, se presentan algunos de los símbolos más comunes y la totalidad de símbolos de la cosechadora combinada.

ALGUNOS DE LOS SÍMBOLOS [2]

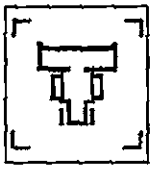


[2] *Norma ASAE 304.6*

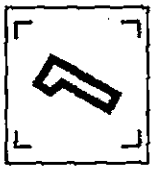

TRANSMISIÓN
HIDRÁULICA
ILUMINACIÓN
LLANTAS Y RUEDAS
Transmisión
Aceite hidráulico
Luz de trabajo
Llanta-símbolo básico
Aceite de transmisión
Presión aceite hidráulico
Luz de parqueo
Llanta-presión
Presión aceite de transmisión
Nivel aceite hidráulico
Luz de peligro
Llanta-falla
Nivel aceite de transmisión
Filtro aceite hidráulico
Luz de techo
Rueda izquierda -ampliar
Filtro aceite de transmisión
Temperatura aceite hidráulico
Farola
Rueda izquierda -acortar

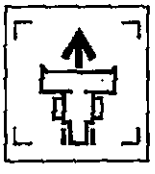

COSECHADORAS
Área trabajada
Ascenso cabezote
Molinete - distancia
Detector metales
Tanque de granos
Área / tiempo
Descenso cabezote
Molinete - movimiento adelante
Sinfín
Contenido de humedad
Cuchilla
Flotación cabezote
Molinete - movimiento atrás
Inclinación
Combinada - S. básico
Cabezote
Molinete
Molinete - velocidad
Inclinación izquierda
Combinada - adelante
Cabezote
Molinete - altura
Ventilador limpieza
Inclinación derecha
Combinada - atrás

COSECHADORAS (CONT.)

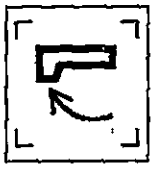

Símbolo de combinada

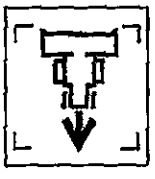
Sistema de separación


Descargador - símbolo básico

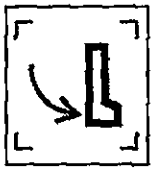

Combinada- *hacia adelante*

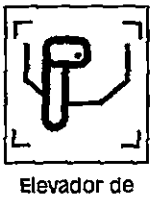
Sacapajas


Descargador - en operación


Combinada - hacia atrás

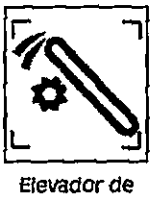
Ajuste del cóncavo


Descargador - en reposo


Elevador de granos

Ajuste de *la criba*

Descargador - descargando


Elevador de retrilla

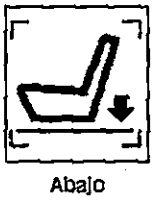
ASIENTOS

Adelante y *atrás*

Ajuste espaldar

Arriba y abajo

Arriba


Abajo

CAPÍTULO 4. MANTENIMIENTO DE LAS COMBINADAS

La mejor fuente para determinar las operaciones de mantenimiento preventivo en una máquina es el *Manual del operador*, que usualmente lo entrega el concesionario en el momento de adquirir el equipo.

Todos los sistemas de la combinada necesitan mantenimiento para evitar que sus componentes sufran un desgaste elevado y se reduzca la vida física de la máquina.

Existen algunas normas generales de mantenimiento, las cuales deben ser de obligatorio cumplimiento. Ellas son:

- Llevar registros de mantenimiento
- Realizar las labores de mantenimiento de la combinada, de acuerdo con los períodos establecidos por el fabricante en el *Manual del operador.*
- Mantener limpia la máquina, retirando las suciedades, el barro, la grasa, etc.
- Comprobar que las láminas de la máquina están ajustadas correctamente y que no se producen ni vibraciones ni fugas.
- Hacer una revisión diaria de la máquina para evitar fallas potenciales.
- No abusar de la combinada con sobrecargas, velocidades elevadas, etc.

Mantenimiento preventivo

Se toma como guía el *Manual del operador* de una combinada cualquiera y de acuerdo con las recomendaciones de mantenimiento se elabora un registro de mantenimiento, a partir de las operaciones periódicas de mantenimiento establecidas en el manual (Tabla 4). La tabla permite observar con claridad las operaciones de mantenimiento que se deben hacer al iniciar el trabajo de la combinada, cuando sea necesario, cada periodo de tiempo (10, 25, 50, 100, 200, 500 horas, etc.).

Tabla 4. Operaciones típicas de mantenimiento de la combinada, según un *manual del operador*

AL CABO DE LAS PRIMERAS HORAS DE TRABAJO			
No.	**Unidad**	**Mecanismo componente**	**Tipo de servicio**
1	Ruedas	Tuercas	Reapretar con un par de 420 N.m (340 lb.ft) después de la primera y décima hora.
2	Ruedas traseras	Pernos	Reapretar con un par de 180 N.m (130 lb.ft) después de la primera y décima hora.
3	Transmsión	Correas trapezoidales de ajuste manual	Retensar según especificaciones durante las primeras 10 horas de trabajo.
4	Transmisión por cadena	Cadenas de propulsión	Retensar según especificaciones durante las primeras 10 horas de trabajo.
CUANDO SEA NECESARIO			
No.	**Unidad**	**Mecanismo componente**	**Tipo de servicio**
5	Elevador de mies	Embrague deslizante	Ajustar los resortes de los embragues deslizantes periódicamente, cuando sea necesario.
6	Elevadores de grano fino y granzas	Embrague deslizante	Idem al anterior.
7	Elevador de mies	Tensión de la cadena	Comprobar de vez en cuando la tensión de la cadena del elevador de mies y tensarla, de forma que la cadena toque ligeramente el fondo de la caja a media distancia entre las ruedas de dientes tensores y la motriz.
8	Transmisión	Cadena y correas trapezoidales	Comprobar a menudo la tensión de las cadenas y correas trapezoidales y si fuere necesario, ajustarlas de nuevo.
9	Sistema de combustible	Llave de paso del combustible	Si hay gran cantidad de agua y suciedades, abrir la llave todos los días.
10	Sistema de refrigeración	Radiador y rejilla giratoria	Limpiarlos desde afuera. La frecuencia depende de la concentración de polvo.
DIARIAMENTE O CADA 10 HORAS			
No.	**Unidad**	**Mecanismo componente**	**Tipo de servicio**
11	Sistema de combustible	Tanque del combustible	Rellenar el tanque de combustible al final del día de trabajo para evitar la condensacion del agua.

12	Motor	Nivel del aceite	Medir el nivel con la varilla de medición, con la cosechadora en posición horizontal. Si es necesario, añadir aceite.
13	Sistema de refrigeración	Radiador	Comprobar el nivel de la mezcla refrigerante.
14	Filtro de combustible	Elemento filtrante	Comprobar diariamente el cuerpo del filtro. Si es necesario, drenar el agua y las suciedades desenroscando el tapón de vaciado y bombeando combustible con la bomba eléctrica de alimentación hasta que el combustible haya arrastrado el agua y las suciedades.
15	Sistema hidráulico	Depósito de aceite	Limpiar el depósito desde afuera para que las posibles acumulaciones de polvo no impidan la disipación del calor. Medir el nivel del aceite.
16	Acondicionador de aire	Condensador y evaporador	Limpiar con aire comprimido.
DESPUÉS DE LAS PRIMERAS 20 A 25 HORAS			
No.	**Unidad**	**Mecanismo componente**	**Tipo de servicio**
17	Todas las transmisiones	Todas las correas trapezoidales	Retensar según especificaciones.
18	Transmisiones por cadena	Todas las cadenas	Retensar según especificaciones
19	Cilindro trillador	Barras estriadas	Si fuere necesario, reapretar las tuercas hasta que las barras queden fijas.
20	Puente trasero	Palanca de *dirección*	Apretar los tornillos de sujeción de la palanca de *dirección con llave dinamométrica* y un par de 180 N.m (130 ft.lb).
21	Puente trasero	Pernos de sujeción de las ruedas traseras	Apretarlos con un par de 180N.m (130 ft.lb).
22	Puente delantero	Tuercas de sujeción de las ruedas delanteras	Apretarlas con llave dinamométrica y un par de 420 N.m (304 ft.lb).
23	Freno de mano	Cable Bowden	Si fuere necesario, retensar el cable Bowden.
CADA 50 HORAS O SEMANALMENTE			
No.	**Unidad**	**Mecanismo componente**	**Tipo de servicio**
24	Cabina	Filtros	Limpiar filtro de papel en seco
25	Acondicionador de aire	Condensador y evaporador	Limpiarlos con aire comprimido. Si fuere necesario, limpiar el condensador con un chorro de agua.

DESPUÉS DE LAS PRIMERAS 100 HORAS			
No.	**Unidad**	**Mecanismo componente**	**Tipo de servicio**
26	Motor	Aceite de motor	Sustituir en el cárter del motor el aceite fino de rodaje por aceite regular.
27	Sistema hidráulico	Aceite	Cambiar el aceite. Los demás cambios de aceite se efectuarán cada 500 horas.
28	Depósito hidráulico	Filtro	Lavar el filtro con cepillo y gasolina. Cambiar el aceite.
29	Mandos finales	Aceite	Comprobar el nivel de aceite y respostar cuando sea necesario.
30	Caja de cambios	Aceite	Comprobar el nivel de aceite y respostar cuando sea necesario.
CADA 100 HORAS			
No.	**Unidad**	**Mecanismo componente**	**Tipo de servicio**
31	Batería	Capacidad	Comprobar la densidad del electrolito. Si es necesario, adicionar agua destilada y cargar la batería.
32	Motor	Aceite	Cambiar el aceite. Usar aceite de la calidad especificada en el manual del operador. Cambiar el filtro cada dos cambios de aceite, o sea cada 200 horas de trabajo.
33	Depósito de líquido de los frenos	Líquido de frenos	Comprobar el nivel del líquido para frenos en el tablero, junto al tablero de instrumentos y si fuere necesario, añadir aceite.
34	Mandos finales	Aceite	Medir el nivel
35	Caja de cambios	Aceite	Comprobar el nivel de aceite y respostar cuando sea necesario.
CADA 200 HORAS O AL FINAL DE LA CAMPAÑA DE RECOLECCIÓN			
No.	**Unidad**	**Mecanismo componente**	**Tipo de servicio**
36	Filtro de combustible	Elemento filtrante	Cambiarlo cada 200 horas o luego de la campaña de recolección.
37	Bomba de alimentación de combustible	Limpieza	Limpiar la parte inferior de la tapa del fondo.
38	Puente trasero	Palanca de dirección	Apretar los tornillos de sujeción de la palanca de dirección con llave dinamométrica con un par de 180 N.m (130 lb.ft)
39	Puente trasero	Pernos de sujeción de ruedas traseras	Apretarlos con un par de 180 N.m (130 lb.ft).

40	Puente delantero	Tuercas de sujeción de las ruedas delanteras	Apretarlas con llave dinamométrica y un par de 420 N.m (304 lb.ft)
41	Embrague	Bombín y palanca de accionamiento	Comprobar que la holgura indicada sea de 5 mm (0.2 in). Hacer las correcciones necesarias.
42	Freno de pie	Reglaje	Si se hace necesario, sincronizar el accionamiento de los frenos.
43	Freno de mano	Cable Bowden	Si se hace necesario, retensar el cable Bowden.
44	Batería	Capacidad	Comprobar la densidad del electrolito. Si es necesario, adicionar agua destilada y cargar la batería.
45	Sistema de refrigeración	Radiador	Comprobar que la mezcla refrigerante tiene la proporción exacta de anticongelante, asegurando la protección contra posibles heladas.
46	Motor	Filtro de aceite	Cambiarlo cada 200 horas, o sea con cada segundo cambio de aceite.
47	Motor	Válvulas	Encargar al Concesionario de la comprobación, y si es necesaria, la corrección de la holgura de las válvulas.

CADA 500 HORAS

No.	Unidad	Mecanismo componente	Tipo de servicio
48	Sistema hidráulico	Aceite	Cambiar el aceite
49	Depósito hidráulico	Filtro	Limpiar el filtro en cada cambio de aceite y antes de cada recolección con gasolina y cepillo.
50	Depósito de aceite del sist. hidrostático	Filtro	Limpiar el filtro de aceite con gasolina y un cepillo. Cambiar el aceite.
51	Mandos finales	Aceite	Cambiar el aceite.
52	Caja de cambios	Aceite	Cambiar el aceite.

AL FINAL DE LA CAMPAÑA DE RECOLECCIÓN

No.	Unidad	Mecanismo componente	Tipo de servicio
53	Sistema de refrigeración	Radiador y rejilla giratoria	Limpiarlos
54	Cosechadora	Conservación	Almacenar la cosechadora, luego de haber terminado los trabajos de la temporada, en un lugar seco y abrigado.
55	Sistema de combustible	Filtro	Después de cada temporada de recolección, renovar el elemento filtrante.

CADA 100 HORAS			
No.	**Unidad**	**Mecanismo componente**	**Tipo de servicio**
56	Sistema de combustible	Bomba de inyección	Hacer comprobar y, si fuere necesario, poner a punto la bomba de inyección, por parte del Concesionario o un mecánico especialista de su taller. NOTA: Toda avería que se produzca en la bomba de inyección, debe ser comprobada en un taller especilizado del Concesionario.

Registros de mantenimiento

Los registros de mantenimiento se elaboran tomando como base la información suministrada en el *Manual del operador*, que nos indica los tipos de servicios que se deben efectuar en la cosechadora. Tomando como base la información suministrada en la Tabla 4, podemos elaborar el registro de mantenimiento para esa combinada en la Tabla 5. Este es solo un modelo y cada dueño de una cosechadora puede elaborar el suyo, teniendo en cuenta el *Manual del operador* de su máquina. Puesto que en el mantenimiento es importante tener en cuenta que las labores se hacen con cierta periodicidad; la función del "horómetro" es de singular importancia. En ocasiones, las actividades de mantenimiento se hacen cada cierto tiempo (semanal, mensual, anual, etc.), cuando el trabajo realizado es extenso o muy pequeño.

Tabla 5. Registro típico de mantenimiento de una combinada

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	PERIODICIDAD EN HORAS								
	Primeras horas			Ocasional	10	50	100	200	500	1000
	10	20	100							
Apretar tuercas ruedas delanteras (300 ft-lb)	•	•								
Apretar tuercas ruedas traseras (130 ft-lb)	•	•								
Retensar correas	•	•		•						
Retensar cadenas	•	•		•						
Ajustar muelles de elevadores				•						
Revisar llave de paso combustible				•						

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	PERIODICIDAD EN HORAS									
	Primeras horas			Ocasional	10	50	100	200	500	1000
	10	20	100							
Revisar radiador				•						
Medir nivel de aceite en el cárter				•						
Verificar filtro de combustible				•						
Limpiar depósito del hidráulico				•						
Limpiar acondiconador con compresor				•						
Retensar todas las correas trapezoidales		•								
Retensar todas las cadenas		•								
Verificar barras del cilindro		•								
Apretar pernos puente delantero y trasero (130 lb.ft)		•								
Retensar cable del freno de mano		•								
Cambiar aceite del motor			•							
Cambiar aceite del sistema hidráulico			•							
Lavar filtro del hidráulico			•							
Verificar nivel aceite en mandos finales			•							
Verificar nivel de aceite en caja de cambios			•							
Tanquear al final de la jornada					•					
Medir nivel de aceite del motor					•					
Comprobar nivel del agua en el radiador					•					
Verificar estado de filtro de combustible					•					
Limpiar desde afuera depósito de aceite del hidráulico					•					
Limpiar acondicionador de aire con compresor					•					
Limpiar el filtro de papel en seco						•				
Limpiar acondicionador con aire a presión						•				
Cambiar aceite del motor							•			
Comprobar nivel de aceite en depósito							•			

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	PERIODICIDAD EN HORAS									
	Primeras horas			Ocasional	10	50	100	200	500	1000
	10	20	100							
Verificar nivel de aceite en mandos finales							•			
Verificar nivel de aceite en caja de cambios							•			
Cambiar filtro de combustible								•		
Limpiar bomba de alimentación de combustible								•		
Apretar tornillos de sujeción de palanca de dirección en puente trasero (130 lb.ft)								•		
Apretar tuercas de sujeción de las ruedas delanteras (130 lb.ft)								•		
Comprobar la holgura entre el bombín y la palanca de acción del embrague (5mm)								•		
Verificar tolerancias en sistema de frenos de pie								•		
Retensar el cable Bowden del freno de mano								•		
Cambiar el filtro de aceite								•		
Verificar holgura de las válvulas								•		
Cambiar el aceite del sistema hidráulico									•	
Limpiar el filtro del depósito hidráulico									•	
Limpiar el filtro del sistema hidrostático									•	
Cambiar aceite de los mandos finales									•	
Cambiar aceite de la caja de cambios									•	
Comprobar estado de la bomba de inyección y ponerla a punto										•

Registros de servicio

Teniendo en cuenta la información suministrada en los registros de mantenimiento, es posible elaborar un registro de servicio. La Figura 17 es un registro de servicio, en donde se consigna el trabajo realizado a nivel del taller de la finca y el trabajo externo que se ordena hacer en talleres especializados. A través de estos registros es posible también establecer el costo de los trabajos de taller para una máquina determinada.

REGISTRO DE SERVICIO PARA COSECHADORAS

FINCA_____ MUNICIPIO_____ PROPIETARIO_____

MARCA_____ MODELO_____ No. INTERNO_____ AÑO_____ MES_____

DÍA	HORÓMETRO	MOTOR					HIDRÁULICO		MANT. Y REP.			MANO DE OBRA EN MANT. Y REP.		DISPONIBILIDAD		
		COMBUSTIBLE		ACEITE		purifi-cador	cuar-tos	filtro	tipo de labor	TURNO NORMAL				horas pla-neadas	tiempo no laborado	
		gal	filtro	cuar-tos	filtro					sí	no	h	labor		rep	mant
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
31																
TOTAL																

Figura 17. *Registro de servicio de una combinada.*

CAPÍTULO V. PÉRDIDAS DURANTE LA COSECHA

Es imposible tener una cosecha perfecta (0% de pérdidas), porque en la cosecha hay un número muy grande de variables que entran en juego, pero si es posible que las pérdidas sean mínimas. Por lo general, se espera que las pérdidas durante la cosecha sean inferiores a un 3%, exceptuando el cultivo de la soya, donde se aceptan pérdidas superiores.

Tipos de pérdidas

Según el origen de las pérdidas, podemos hablar de *pérdidas naturales* y *pérdidas en la cosechadora*. Las primeras son aquellas que se presentan en el cultivo por motivos diferentes al uso de la cosechadora y que se van a presentar de todas maneras. Por tanto, no las podemos atribuir a la máquina cosechadora. Las pérdidas en la cosechadora o combinada son aquellas debidas a la inexperiencia del operador o a la falta de calibración de la máquina. Se clasifican en: pérdidas en el cabezote, pérdidas en la trilla, pérdidas de separación y pérdidas de limpieza. Analizaremos las pérdidas que se presentan:

- **Pérdidas naturales (PN)**

Son aquellas que se presentan por factores ajenos al uso de la maquinaria de cosecha, como las debidas al volcamiento, al control manual de malezas en la época de precosecha, al efecto del viento, al grano muy seco, a la "dehiscencia " de las dicotiledóneas, etc.

- **Pérdidas en el cabezote (PC)**

Usualmente corresponden a grano suelto que cae al suelo por acción del paso del cabezote de la combinada. Entre las causas que producen las pérdidas en el cabezote tenemos:

- La barra de corte está operando a una altura que deja espigas, panojas o vainas en la planta.
- La acción de las cuchillas de la barra de corte produce el desgrane de las espigas.

- La velocidad del molinete es muy alta y desgrana las espigas al golpearlas.
- La velocidad del molinete es muy baja y las plantas cortadas caen fuera de la canoa.
- La velocidad de la combinada es muy alta y los granos caen fuera de la canoa.
- El molinete está muy alto y no alcanza a sostener la planta, en estas condiciones, al cortar la planta cae fuera de la canoa.
- Los tallos no son cortados correctamente, debido al estado de las cuchillas.
- Los dedos retráctiles son cambiados por otros sistemas que no permiten el paso adecuado del material cortado a la cadena transportadora.
- Existe demasiado juego entre la cadena transportadora y la caja, que permite que el material se regrese a la canoa.

• Pérdidas en la trilla (PT)

Son aquellas que se presentan durante el proceso de trilla en la combinada. Usualmente están representadas por espigas sin trillar, espigas, parcialmente trilladas o, en caso contrario, por grano partido debido a una trilla muy agresiva. Cuando por la cola de la combinada salen espigas o pedazos de espigas, en el elevador de retrilla se observa gran cantidad de material de retrilla, o en el tanque de grano se observa grano partido, seguramente tenemos dificultades en la trilla que nos están causando pérdidas. Entre las causas que originan pérdidas en la trilla tenemos:

- Una velocidad excesiva del cilindro.
- Una baja velocidad del cilindro.
- Faltan dientes en el cilindro o en el cóncavo.
- Hay dientes partidos o demasiado gastados en el sistema de trilla.
- Existe una sola hilera de dientes en el cóncavo.
- Hay demasiadas hileras de dientes en el cóncavo (usualmente hay 4 y se usan 2).
- La separación cilindro-cóncavo es muy grande.
- La separación cilindro-cóncavo es muy pequeña.
- El cilindro y el cóncavo no están alineados correctamente.
- Las correas de mando están flojas o gastadas.
- El grano está muy seco o muy húmedo.

• Pérdidas de separación (PS)

Son las que se presentan cuando el grano llega al sacapajas y no alcanza a atravesarlo por alguna causa, saliendo por la "cola" de la combinada. Las causas que producen pérdidas de separación son:

- Existe un exceso de material que impide el paso de los granos a través del mismo y, por tanto, no alcanza a atravesar el sacapajas.
- La velocidad del sacapajas no es la adecuada.
- Se tiene una baja inclinación del sacapajas.
- La humedad relativa es muy alta, razón por la cual se facilita la adherencia de los granos a la paja.
- Faltan deflectores o están rotos.
- No existen los "caimanes" necesarios y la paja recorre con facilidad el sacapajas.
- Las correas de mando están flojas o gastadas.

• Pérdidas de limpieza (PL)

Se presentan pérdidas de limpieza cuando el grano que ha llegado a las cribas de limpieza sale por la cola de la combinada por efecto de un elevado caudal de aire, o cuando el sistema de limpieza no tiene capacidad de hacer adecuadamente su trabajo, haciendo que el grano que llega al tanque (sistema a granel) o a los costales (sistema de ensacado) tiene suciedades. Las principales causas de pérdidas de limpieza son:

- Demasiado caudal de aire.
- Poco caudal de aire.
- Demasiado material sobre las cribas.
- Ajuste inadecuado de las cribas.
- Cribas tapadas o con daños mecánicos.

Además de las anteriores pérdidas, en ocasiones se presentan pérdidas por fugas, en cualquier parte de la combinada. Esta situación es frecuente en arroz, debido a que los granos de arroz son muy abrasivos y especialmente el elevador de grano limpio sufre daños por abrasión.

Es importante tener en cuenta los parámetros de operación de la combinada y hacer los ajustes necesarios en la máquina de acuerdo con los parámetros.

Determinación de pérdidas en el campo

Existen diferentes sistemas y adaptaciones de los mismos para hacer el cálculo de pérdidas de grano en el campo. Haremos el análisis del sistema para determinar *pérdidas en la cosecha de arroz, sistema que es muy similar para otros cultivos de granos finos.* Para realizar el cálculo necesitamos los siguientes elementos:

- Una balanza
- Bolsas de papel
- Un marcador
- Un cuadrado de PVC de 0.50 m x 0.50 m (0.25 m^2)
- Cuatro estacas y una piola

Para el cálculo de pérdidas debemos considerar que la combinada tiene un ancho del cabezote (W_1) que es mayor que el ancho de la cola de la combinada (W_2) por donde sale la paja sobrante, como se muestra en la Figura 19.

Para la determinación de pérdidas de grano, si la combinada no está realizando un trabajo de campo, podemos operar la máquina una distancia de por lo menos 100 m, recorrido suficiente para que todos los mecanismos de la combinada entren en funcionamiento.

A continuación haremos la descripción de la metodología que se usa para hacer el estimativo de las pérdidas que se presentan en cada uno de los sistemas de la combinada.

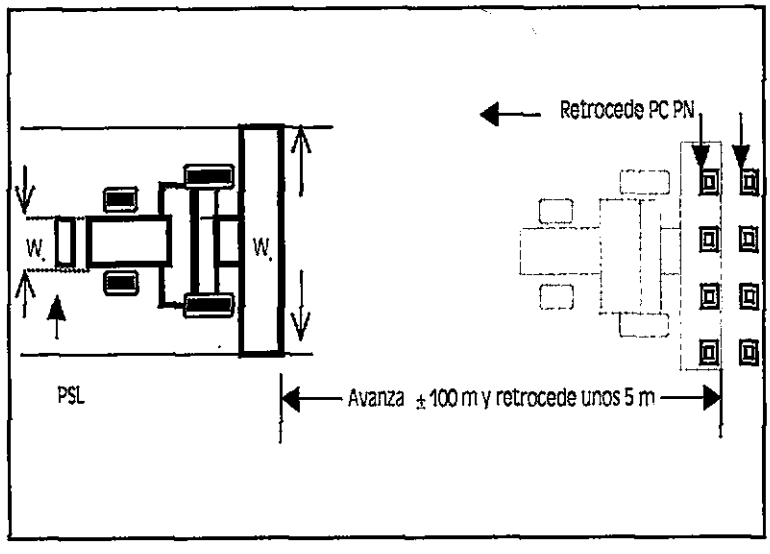


Figura 19. *Proceso para determinar pérdidas en la cosecha.*

• Cálculo de las pérdidas naturales (PN)

Las PN se estiman en una zona donde no ha pasado la combinada. En 4 sitios diferentes se coloca el cuadrado de PVC y se recoge el grano que está en el suelo en cada uno de ellos. Hacemos 4 pesadas y promediamos. Si denominamos "A" el peso promedio obtenido en kilogramos, podemos determinar las PN así:

$$PN\ (kg/ha) = \frac{A\ (kg)}{0.25\ m^2\ ha} \times \frac{10.000\ m^2}{} = 40.000A \qquad (2)$$

Esto nos dice que si el peso promedio del grano recogido en el cuadrado se multiplica por cuarenta mil, obtenemos las pérdidas naturales por hectárea.

• Cálculo de pérdidas en el cabezote (PC)

Las PC se estiman en una zona por donde ha pasado el cabezote de la combinada, pero no ha caído paja. Para ello, operamos la combinada hasta un determinado sitio y la retrocedemos. En esa zona, tomamos 4 muestras siguiendo el procedimiento descrito. Si denominamos "B" el peso promedio obtenido en kilogramos y consideramos que en esa área hay PN, que se deben restar para hallar las pérdidas en el cabezote, las PC se pueden determinar así:

$$PC\ (kg/ha) = \frac{B\ (kg)}{0.25\ m^2\ ha} \times \frac{10.000\ m^2}{} - PN = 40.000\ (B - A) \qquad (3)$$

• Cálculo de pérdidas en la trilla (PT)

Las PT, al igual que las PS y PL, se determinan en el material que sale por la cola de la combinada, pero se debe considerar que ese material proviene de un área original W_1. Para ello, se recogen las espigas y pedazos de espiga en un área de $0.50 \times W_2\ m^2$, pero que proviene de un área original de $0.50 \times W_1\ m^2$, sin importar cual es el ancho de la cola de la combinada. Por tanto, tomamos 4 muestras de espigas y pedazos de espiga, se des-

granan y se pesan. Al promedio de ese peso, lo denominamos "C" y calculamos las PT así:

$$PT\ (kg/ha) = \frac{C\ kg}{0.50\ W_1\ m^2\ ha\ W_1} \times \frac{10.000\ m^2}{} = \frac{20.000C}{} \qquad (4)$$

- **Cálculo de pérdidas de separación y limpieza (PSL)**

Aun cuando las pérdidas de separación y limpieza tienen origen diferente, en el momento de la determinación de las pérdidas se miden como un todo, ya que el grano que sale por la cola de la combinada se recoge en conjunto. Es por lo mismo que utilizamos el término "pérdidas de separación y limpieza (PSL)" para este cálculo. En el caso de que nos interese hacer una determinación independiente de las PS y las PL, es necesario utilizar una lona para recoger el material que cae del sacapajas y el que sale a causa de una mala calibración del sistema de limpieza se deja caer al suelo. En ese caso, es necesario determinar la longitud sobre la cual se recoge el material en la lona. Para determinar las PSL debemos tener en cuenta que el material proviene de un cabezote de ancho W_1 y sale por la cola de la combinada de ancho W_2. Es importante considerar que la paja se recoge en un área de 0.50 x W_2 m^2, pero proviene de un área de 0.50 x W_1 m^2. Por otra parte, en el área de recolección del material hay grano que proviene de las PN y las PC (Figura 20).

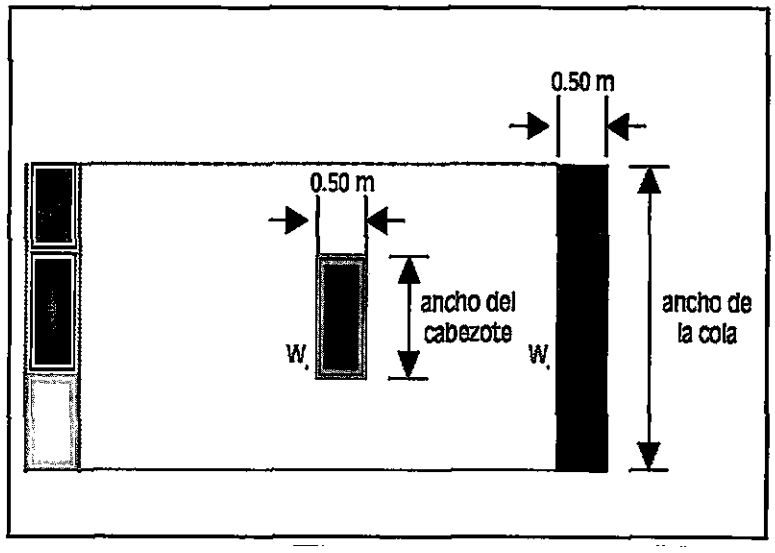


Figura 20. *Determinación de pérdidas de separación y limpieza (PSL).*

Por tanto, en el área de salida de la cola de la combinada se recoge el grano que allí está se encuentra, pero las PSL provienen de ancho de la cola de la combinada y las PN y PC es grano que se encuentra allí. Por ello, si denominamos "D" el promedio de 4 lecturas de grano recogido en el área izquierda de la Figura 16 (zona en color verde y azul), las PSL son las tomadas en esta área (0.50 x W_1 m^2) y puesto que en el área también hay pérdidas naturales y del cabezote, éstas deben ser restadas del total de granos recogidos, lo cual se puede hace mediante la siguiente fórmula:

$$PSL\ (kg/ha) = \frac{D\ kg\ 10.000\ m^2}{0.50\ W_1\ m^2\ ha} \times \frac{20.000D}{W_1} - (PN + PC) = \frac{}{} - (40.000A + 40.000(B-A))$$

$$PSL\ (kg/ha) = 20.000\ (D/W_1) - 40.000B = 20.000\ [(D/W_1) - 2B] \qquad (5)$$

Trabajo de campo

El trabajo de campo comprende el conocimiento de las características de la combinada, las condiciones de operación de la misma, características del cultivo, datos climatológicos, determinación de rendimiento del cultivo, determinación de pérdidas y ajustes para reducir las pérdidas.

- **Características de la máquina**

Marca _____; modelo _____; ancho de operación (m) _____; tipo de molinete _____; diámetro del molinete (m) _____; rango de velocidad del molinete (rpm) _____; tipo de cilindro _____; diámetro del cilindro (m)_____; ancho del cilindro (m) _____; rango de velocidad del cilindro (rpm) _____; tipo de cóncavo _____; número de hileras del cóncavo ____; ¿cuántas hileras del cóncavo se están usando? ___; tipo de sacapajas _____; ángulo de inclinación del sacapajas (grados) _____; número de elementos del sacapajas _____; ancho total del sacapajas (m) _____; longitud del sacapajas (m) _____; tipo de zarandón _____;tipo de extensión _____; área del zarandón (m^2) _____; tipo de zaranda _____; área de la zaranda (m^2) _____; tipo de ventilador _____; rango de velocidad del ventilador (rpm) _____.

- **Condiciones de operación de la máquina**

Velocidad del molinete (rpm)_____; velocidad del molinete (m/min) _____; velocidad de la combinada (m/min) _____; cambio utilizado durante la cosecha _____; índice del molinete (i) ____; cpm de la barra de corte _____; estado de las cuchillas: b ___r ___ m __; altura de la barra de corte con respecto al suelo (m) _____; separación horizontal entre el eje del molinete y la barra de corte (m) _____; separación vertical entre el eje del molinete y la barra de corte (m) _____; si es posible, indicar separación cilindro-cóncavo: a la entrada (mm) _____; a la salida (mm) _____; velocidad del cilindro (rpm) _____; velocidad del cilindro (m/min)_____; velocidad del eje del sacapajas (rpm) _____; apertura del zarandón (mm) _____; apertura de la extensión (mm) _____; apertura de la zaranda (mm) _____ área de la entrada de aire (m^2) _____; caudal de aire a la entrada (m^3/min) _____.

- **Características del cultivo**

Cultivo _____; variedad _____; período vegetativo (días) _____;estado del cultivo, erecto = _____ %; caído = _____ %; humedad del grano (b.h.) _____ %; altura de los tallos (cm) _____; cantidad de malezas (observación personal) _____; malezas predominantes _____; densidad del cultivo _____; rendimiento (kg/ha) _____; condiciones del terreno _____.

- **Determinación de pérdidas y ajustes**

Como ejercicio, se realizará un trabajo de campo en el cual se tomarán todos los datos indicados anteriormente y se calcularán las pérdidas de grano en la cosechadora, de acuerdo con las instrucciones dadas anteriormente

➢ **Cálculo de pérdidas naturales (PN)**

	LECTURAS			
Peso de las muestras en kg	A_1 =	A_2 =	A_3 =	A_4 =
Peso promedio de las muestras en kg	$A = \frac{A_1+A_2+A_3+A_4}{4} =$			

PN (kg/ha) = 40.000A =

➢ Cálculo de pérdidas en el cabezote (PC)

	LECTURAS			
Peso de las muestras en kg	B_1 =	B_2 =	B_3 =	B_4 =
Peso promedio de las muestras en kg	$B = \frac{B_1+B_2+B_3+B_4}{4} =$			

$PC\ (kg/ha) = 40.000\ (B - A) =$

➢ Cálculo de pérdidas en la trilla (PT)

	LECTURAS			
Peso de las muestras en kg	C_1 =	C_2 =	C_3 =	C_4 =
Peso promedio de las muestras en kg	$C = \frac{C_1+C_2+C_3+C_4}{4} =$			

$$PT\ (kg/ha) = \frac{20.000C}{W_1} =$$

➢ Cálculo de pérdidas de separación y limpieza (PSL)

	LECTURAS			
Peso de las muestras en kg	D_1 =	D_2 =	D_3 =	D_4 =
Peso promedio de las muestras en kg	$D = \frac{D_1+D_2+D_3+D_4}{4} =$			

$PSL\ (kg/ha) = 20.000\ [(D/W_1) - 2B]$

$$PSL\ (kg/ha) = 20.000 \times \left[\frac{D}{W_1} - 2B\right] =$$

➢ Pérdidas totales

Con los datos anteriores, se completa el cuadro siguiente de pérdidas:

TIPO DE PÉRDIDAS	SÍMBOLO	PÉRDIDAS		
		EN EL CULTIVO (kg/ha)	EN LA COMBINADA	
			PESO (kg)	%
• Naturales	PN		- 0 -	- 0 -
• En el cabezote	PC			
• De trilla	PT			
• De separación y limpieza	PSL			
Pérdidas totales (suma de las anteriores)	PT			
Rendimiento neto (kg/ha)				
Pérdidas (kg/ha)				
Rendimiento bruto (kg/ha)				

➢ **Ajustes requeridos**

De acuerdo a los datos anteriores, recomiende y haga los ajustes requeridos y un análisis de los resultados obtenidos después de los ajustes.

➢ **Conclusiones y recomendaciones**

Del trabajo realizado, obtenga sus conclusiones y recomendaciones.

Factores que causan las pérdidas y solución de problemas

Para tener una idea bastante aproximada de los problemas típicos que se pueden presentar en la cosecha de cereales, las causas y soluciones, la Tabla 6 es un auxiliar importante, que se debe tener en cuenta junto con el estudio de los parámetros de operación de la cosechadora (Capítulo 2 de esta cartilla). Es importante tener en cuenta que la tabla orienta hacia las soluciones de los problemas, pero es importante identificar las causas y no se debe tratar de solucionar dos problemas simultáneamente, porque si el problema no se soluciona, no es posible identificar con claridad si uno de ellos fue mejorado o no.

Tabla 6. Problemas, causas y soluciones en la cosecha de cereales

PROBLEMA	CAUSA POSIBLE	SOLUCIÓN
Grano perdido antes de pasar la combinada.	Son variables: viento, pájaros, cosecha muy madura, labores mecánicas o manuales antes de la cosecha, volcamiento del cultivo.	No son problema de la combinada.
Grano que cae al suelo al pasar la combinada	Velocidad muy elevada del molinete con respecto a la velocidad de avance.	Disminuir la velocidad del molinete hasta alcanzar que ésta sea un 25% a 75% más elevada que la de avance.
	Velocidad de avance muy alta para las condiciones del cultivo.	Bajar la velocidad de avance y controlar el valor de la velocidad del molinete.
	Cosecha muy madura.	Trabajar con bajas velocidades de avance e índice del molinete (ecuación 1) próximos a 1.25.
Espigas cortadas que caen al frente de la barra de corte.	Altura de corte muy elevada.	Bajar la plataforma de corte hasta alcanzar un tamaño de la paja que permita una alimentación uniforme en el acarreador.
	Espacio incorrecto entre el caracol y la canoa.	Ajustar el espacio correcto de acuerdo con el cultivo.
	Posición incorrecta del moliente.	Ajustar la altura del molinete en una posición tal que transporte todo el material cortado.
	Muy baja velocidad del molinete.	Aumentarla hasta alcanzar un índice del molinete adecuado (ecuación 1).
Los tallos quedan mal cortados y en ocasiones quedan espigas en el cultivo.	Velocidad incorrecta de la barra de corte.	Usar la velocidad adecuada.
	Partes de la barra de corte (cuchillas y protectores) defectuosos.	Cambiar las piezas necesarias.
	Mucha o muy poca tolerancia entre la cuchilla y las guardas.	Ajustar la tolerancia dentro de rangos adecuados (ver *Manual del operador*).
	Dedos protectores no alineados.	Alinearlos dentro del límite de tolerancia.
	Recorrido insuficiente o excéntrico de las cuchillas.	Revisar apriete del brazo de mando y condiciones del sistema. El recorrido de la cuchilla va del centro de una guarda hasta el centro de la guarda adyacente.
El material cortado por la barra de corte cae frente al cabezote luego de ser cortado.	Baja velocidad del molinete.	Aumentar la velocidad del molinete hasta alcanzar que ésta sea un 25% a 75% más elevada que la de avance.

PROBLEMA	CAUSA POSIBLE	SOLUCIÓN
La paja se enreda y gira con el molinete.	Velocidad muy alta del molinete.	Reducir la velocidad del molinete.
	El molinete está operando muy bajo y entrando mucho material.	Bajar el molinete.
	Acción muy agresiva de los ganchos del molinete.	Reducir la inclinación de los ganchos.
Entra una gran cantidad de material a la combinada.	Paja muy larga por baja altura del molinete o volcamiento.	Ajustar altura de corte u orientar correctamente el molinete.
Alimentación no uniforme en el cilindro.	Mucho espacio entre las aletas del sinfín y el fondode la canoa.	Graduarlo a un valor adecuado a la forma y tamaño del grano.
	Se acumula material sobre la barra de corte.	Molinete muy elevado. Bajarlo y ajustarlo a una posición adecuada.
	Correa patina en el canal de alimentación.	Ajustar un punto en la tensión de la correa.
	Embrague deslizante del sinfín no ajustado.	Apretar los resortes del embrague hasta conseguir alimentación constante.
Sobrecarga de material, causando pérdidas de velocidad del sistema.	Velocidad de avance muy alta.	Reducirla a límites adecuados según el cultivo.
	La correa impulsadora del cilindro patina.	Ajustarla de acuerdo con el *Manual del operador.*
	Separación cilindro-cóncavo muy pequeña.	Aumentarla a límites correctos.
	Baja velocidad del cilindro.	Aumentarla a valores adecuados.
	El motor no trabaja correctamente.	Hacer revisar el sistema de inyección y regular la velocidad del motor.
Las espigas sin trillar salen por la cola de la combinada.	Cultivo con un porcentaje de humedad muy alto.	Cosecharlo a la humedad correcta.
	Baja velocidad del cilindro.	Aumentarla hasta un valor correcto.
	Mucha separación cilindro-cóncavo.	Ajustar la separación.
	Poca alimentación en el cilindro.	Aumentar la velocidad de la máquina o bajar la plataforma para aumentar el flujo de material.
	Excesiva alimentación en el cilindro.	Reducir el volumen de material en el cilindro.
	La sección del zarandón está muy cerrada.	Aumentar el espacio libre en el zarandón.
	En los sistemas de trilla con barras, las espigas pasan a través del cóncavo.	Verificar si el cóncavo posee los alambres finos y las placas obturadoras.
Presencia de granos partidos en el tanque de granos.	En el caso de cilindro de dientes, éstos están flojos o mal espaciados recargando, por lo cual el material se puede recargar en un solo lado.	Revisar los dientes del cilindro y espaciarlos o ajustarlos correctamente.

PROBLEMA	CAUSA POSIBLE	SOLUCIÓN
	Alta velocidad del cilindro.	Reducirla.
	Poca separación entre el cilindro y el cóncavo.	Usar la separación correcta.
	Alimentación insuficiente en el sistema de trilla.	Aumentar la velocidad de operación o bajar la plataforma.
	Presencia de mucho grano limpio en la retrilla.	Abrir ligeramente las cribas y disminuir el caudal de aire del ventilador.
Acumulación de paja en el sacapajas.	Velocidad muy baja del sacapajas.	Aumentar la velocidad del sacapajas (ver *Manual del operador*).
	La paja está muy larga.	Levantar la plataforma y cortar a una altura adecuada.
	Sobretrilla en el cilindro.	Reducir la velocidad del cilindro.
	Combinada operada a una velocidad muy elevada.	Reducir la velocidad de operación y comprobar la velocidad del molinete.
El grano sale por el sacapajas.	El cóncavo se encuentra tapado con paja.	Limpiarlo.
	Se presenta una sobretrilla en el cilindro.	Reducir la velocidad del cilindro o aumentar la separación cilindro-cóncavo.
	Bajo caudal de aire y mucha paja en las cribas.	Aumentar el caudal de aire sin causar pérdidas de grano.
	Zarandas muy planas.	En ocasiones es necesario inclinar las zarandas.
	Zaranda de granzas muy cerrada y hay mucha paja picada.	Abrir la zaranda de granzas o revisar la separación cilindro-cóncavo.
	Cereal muy húmedo.	Verificar la humedad del grano antes de la cosecha.
Suciedades en el tanque de granos.	Cribas muy abiertas.	Usar valores adecuados sin producir pérdidas de grano.
	Bajo caudal del ventilador.	Aumentar la velocidad del ventilador.
	Sobretrilla y por lo mismo la trituración de la paja.	Reducir la velocidad del cilindro o aumentar la separación cilindro-cóncavo.

Cosechadoras de maíz

Las cosechadoras de maíz han venido siendo utilizadas en países desarrollados desde 1950 y por las características especiales del grano, que puede ser almacenado en grano o en tusa, este tipo de cosechadoras ha tenido una inves-

tigación especial. El maíz puede ser cosechado con las hojas o capacho (en este caso la máquina es simplemente una recolectora), o la máquina puede retirar el capacho (y tendremos una recolectora descapachadora) o llegar hasta el desgrane de la mazorca (en este caso tendremos una recolectora descapachadora desgranadora).

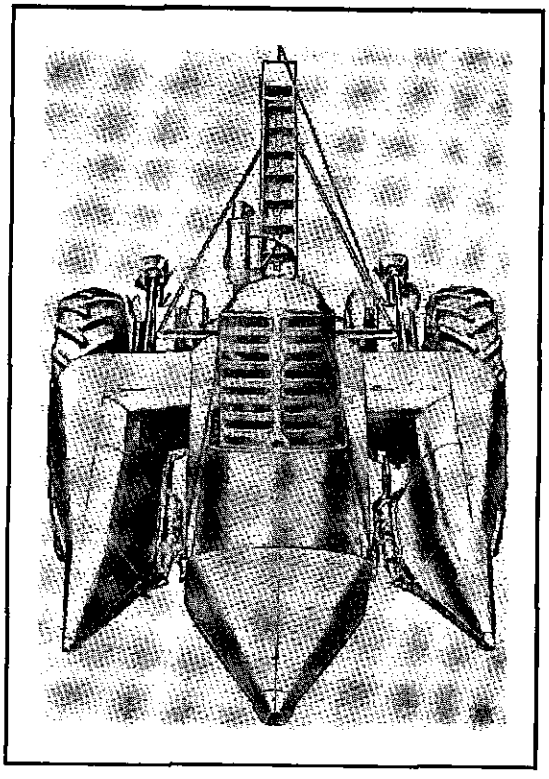


Figura 21. Recolectora de maíz montada en el tractor.

Las cosechadoras de maíz pueden ser: autopropulsadas: tienen su propio motor y sistema de transmisión; montadas en el tractor, en cuyo caso son operadas por el Toma de Fuerza (TDF) del tractor y su peso soportado por el mismo (Figura 21); semimontadas: una parte de la máquina es soportada por el tractor, pero su mecanismo de operación es independiente, y tiradas: accionadas por el TDF del tractor, pero tienen sus propias ruedas para desplazarse.

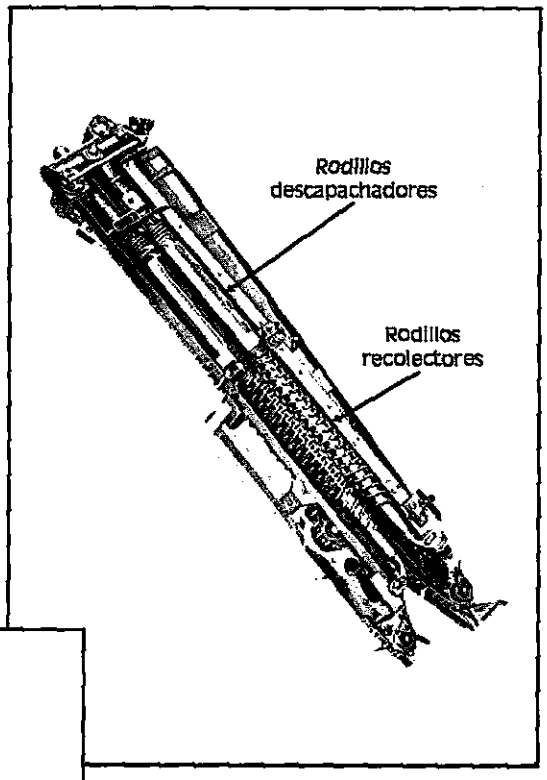
- **Mecanismos de operación**

Los principales mecanismos de operación son:

- ***Rodillos recolectores***: separan las mazorcas del tallo, teniendo en cuenta que la mazorca es de mayor diámetro. Las recolectoras de maíz solo tienen este tipo de rodillos (Figura 22)
- ***Rodillos descapachadores***: separan el capacho del maíz y pueden ser continuos si están colocados a continuación de los rodillos recolectores (Figura 22) o separados si no están a continuación.
- ***Cilindro y cóncavo***: cuando se utilizan los rodillos descapachadores, las mazorcas quedan listas para ser desgranadas en el sistema cilindro-cóncavo, teniendo en cuenta los parámetros que hemos analizados anteriormente. En las combinadas tradicionales se cambia el cabezote y

se hacen los ajustes correspondientes, pero algunas máquinas recolectoras-descapachadoras-desgranadoras, vienen con sistemas de trilla adecuados específicamente para maíz (Figura 23).

Figura 22. Rodillos recolectores y rodillos descapachadores continuos.



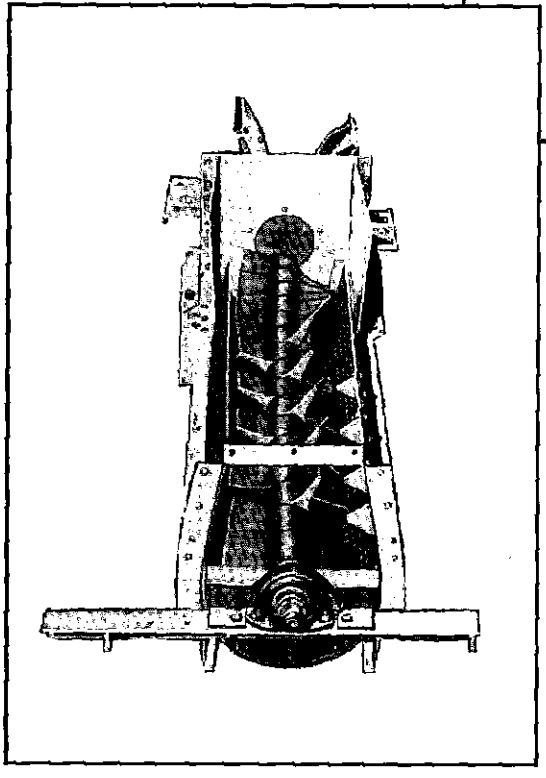


Figura 23. Tipo de cilindro para la trilla de las mazorcas.

• **Tipos de pérdidas en la cosecha de maíz**

En el caso de la cosecha de maíz tenemos los siguientes tipos de pérdidas:

- Naturales: aquellas mazorcas que caen al suelo y no están al alcance de los rodillos recolectores.
- De recolección: aquellas mazorcas que durante la cosecha caen al ser golpeadas por los rodillos recolectores y no se pueden recuperar.
- De maíz: granos que caen al suelo al ser golpeados por los rodillos o salen por la cola de la combinada.

Otros métodos de determinación de pérdidas

Algunas personas que determinan pérdidas de grano en la combinada consideran que es posible utilizar cuadrados más grandes (de 1 m^2 (1mx1m), de 4 m^2 (2mx2m), etc.). Lo importante en este caso es considerar cuántos de estos cuadrados caben en una hectárea.

- Si el cuadrado es de 0.50mx0.50m (0.25 m^2) caben 40.000 cuadrados.
- Si el cuadrado es de 1mx1m (1 m^2), caben 10.000 cuadrados.
- Si el cuadrado es de 2mx2m (4 m^2), caben 2.500 cuadrados.

Otros prefieren utilizar el aro tradicional o ciego de 56 cm de diámetro interno (Figura 24), el cual equivale a un área de 0.25 m^2, es decir al cuadro de de 0.50mx0.50m, que igualmente tiene un área de 0.25 m^2 (un cuarto de metro cuadrado). Algunos de estos aros no tienen fondo, mientras que otros tienen una lona o un plástico y para hacer la determinación de pérdidas de separación y limpieza (PSL) se lanza debajo de la cola de la combinada, cuando ésta avanza en su recorrido.

Determinación de pérdidas en cultivos en hilera

En un cultivo sembrado en hilera como es el caso del cultivo de maíz, los tipos de pérdidas son idénticos a los que se presentan en los cultivos de grano pequeño (naturales, en el cabezote, en la trilla, de separación y limpieza), pero dadas las circunstancias no podemos utilizar pequeños cuadrados, por lo cual se recomienda utilizar un cuadrado (o estaacas y piola) que cubra

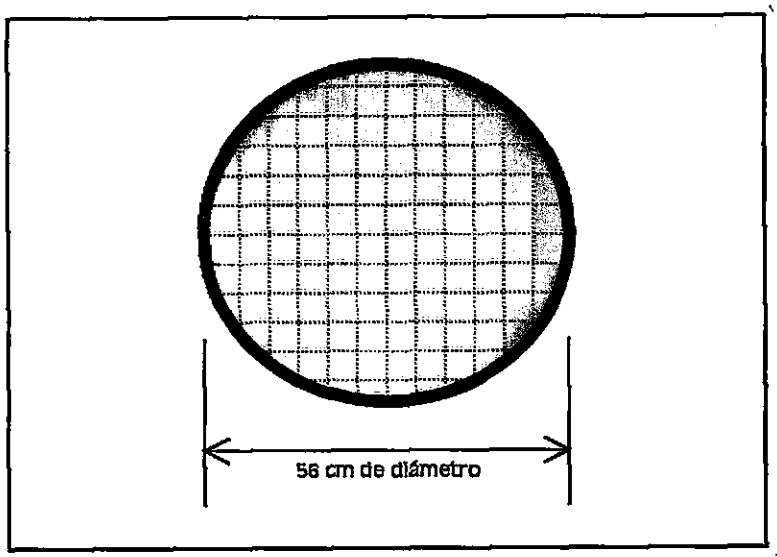


Figura 24. Aro ciego de 56 cm de diámetro.

el ancho de la máquina cosechadora. Para el caso de la Figura 25, consideramos que tenemos un cultivo sembrado a una distancia de 1 metro entre surcos y se pasa una cosechadora que cosecha tres hileras. Con un cuadrado de 4mx4m (16 m^2) podemos determinar las pérdidas dentro del cuadrado y los valores encontrados los multiplicamos por 625 para hallar las pérdidas en kilogramos por hectárea (kg/ha), ya que en 10.000 m^2 caben 625 cuadros.

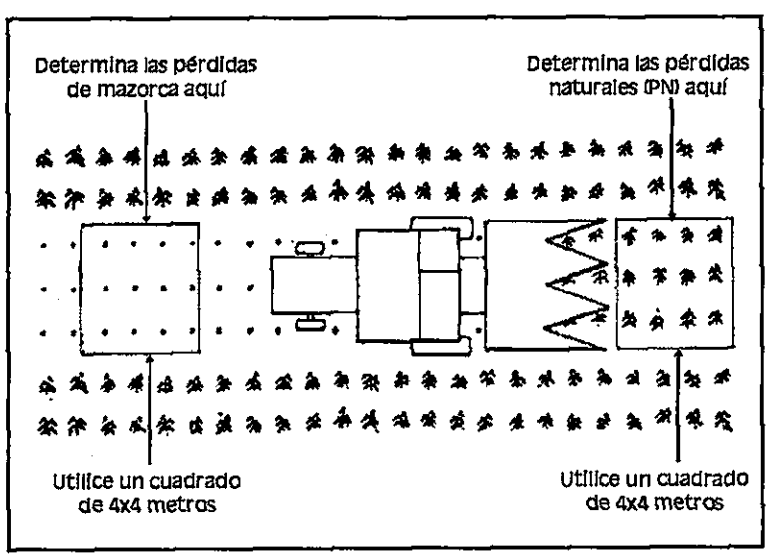


Figura 25. Determinación de pérdidas en un cultivo sembrado en hilera.

Conclusiones

El número de combinadas en Colombia no ha aumentado significativamente en los últimos años y en consecuencia se ha venido presentado la situación de que las máquinas cosechadoras en uso son cada día más viejas y menos confiables. Aun cuando en el presente texto se ha hecho un análisis de las características, parámetros de operación, determinación de pérdidas, etc. de las cosechadoras, lo cierto es que muchas de las máquinas que existen en el país no se pueden calibrar, porque por el costo de los repuestos, los propietarios prefieren dejar las máquinas en los talleres que las modifican a su gusto o hacerlo personalmente y las cosechadoras alcanzan un grado tal de modificación que si se tratara de trabajar con el *Manual del operador*, no sería posible trabajarlas porque " se han cambiado los sistemas de transmisión de potencia", "se ha modificado el sistema de alimentación", "las barras de los cilindros están pandeadas por recalentamiento", "el espacio de las pestañas en los sistemas de limpieza no se puede ajustar", etc. De todas maneras, tenemos que acomodarnos a una situación que puede mejorarse con el uso de este manual. Todo lo que hagamos para mejorar las condiciones de la cosecha y reducir las pérdidas de cosecha está bien porque "no podemos dejar en la cosecha los logros que se alcanzan en el cultivo".