

## **Revisión teórica sobre cabezales Strippers para cosechadoras**

<sup>(1)(2)</sup>Vazquez, J. M., <sup>(1)(3)</sup>Peiretti, J.

(1) Carrera de maestría en mecanización agrícola. Facultad de ciencias agropecuarias. UNLP.

(2) Universidad Nacional de Lujan. Buenos Aires

(3) INTA PRECOP. EEA Manfredi. Córdoba

### **Introducción**

La cosecha mecánica de cereales a recorrido un largo camino. Los fabricantes de cosechadoras han alcanzado un tremendo progreso en la tecnología de cosecha moderna durante la última década, constantemente compitiendo para producir máquinas más eficientes y ergonómicas, a través de la mejora de los sistemas de trilla, separación y electrónica. Esto ha permitido que en la actualidad se disponga en el mercado de máquinas que pueden llegar a trabajar hasta las 60 tn/hr de material procesado.

La performance de las cosechadoras modernas depende críticamente del pasaje de paja y una reducción de la paja que ingresa, conduciría eventualmente a una mayor capacidad de cosecha de grano (cambia la relación entre material grano y no grano que ingresa a la máquina). En realidad, la capacidad de la cosechadora convencional está limitada por la cantidad de paja que el sistema de trilla y limpieza puede manejar. Una manera de reducir la cantidad de paja que ingresa durante la cosecha es cortar el cultivo lo más alto posible. Con este método, se puede reducir en un 50 a 70% el ingreso de paja, aumentando en un 50 a 90% la capacidad de cosecha. Pero esta técnica solo puede ser usada en cultivos bien establecidos de altura uniforme. En cultivos volteados y pasados con fructificaciones caídas, esta técnica no se puede utilizar sin pérdidas considerables.

En el cultivo de trigo la relación de material grano y no grano es de 1 a 1,8 y de 1 a 1 respecto a lo que entra a la cosechadora. Esto indica que con un trigo de 6 tn/ha de rendimiento entran en la máquina unas 12 tn/ha de material total, unas 6 tn/ha de paja y de granza lo que dificulta la capacidad de separación y limpieza de la cosechadora. En Europa, donde son normales los rendimientos de 8 tn/ha, se difundieron los cabezales "peinadores o strippers". Los cuales separan al grano de la paja directamente en el cabezal.

La cosecha por desgrane es un concepto muy antiguo que los diseñadores fueron cambiando durante centurias.

Un estudio de la literatura muestra que aunque hay mucho desarrollo en la técnica del desgranado, el éxito ha sido algo escaso. Los intentos pasados en desarrollar un mecanismo eficiente de desgrane, fallaron principalmente por altas pérdidas por quebrado y pobre performance en cultivos severamente encamados. A pesar de fallas pasadas, el desgranado continúa atrayendo el interés de investigadores y diseñadores de maquinaria de cosecha. El sistema de desgrane más promisorio hasta el presente es indudablemente el desarrollado por el Silsoe Research Institute, UK y producido comercialmente por el fabricante británico Shelbourne Reynolds Engineering Ltd. Las reacciones iniciales ante este sistema han sido variables bajo las condiciones europeas. Productores e investigadores han encontrado ventajas sobre la barra de corte, mientras que al mismo tiempo señalan limitaciones para algunas condiciones de cosecha.

### **Trabajos previos.**

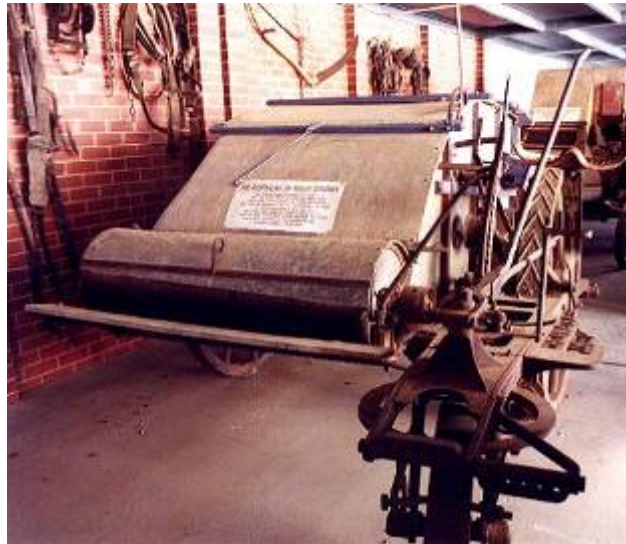
El principio de la separación de granos con los cabezales desgranadores no es nuevo. El primero fue descrito por el historiador romano Plinio alrededor del año 70 DC. Este equipo conocido como Gallic Vallus, era un simple contenedor de madera con un rastrillo proyectándose hacia adelante montado sobre ruedas y empujado dentro del cultivo por un asno. Los granos separados eran juntados dentro del contenedor por un asistente caminando al lado de la máquina (Figura 1).



**Figura 1.** Sistema Gallic Vallus de cabezal desgranador, descrito por primera vez por Plinio alrededor del año 70 DC.

En 1787 en Inglaterra, William Pitt propuso un mecanismo compuesto de un cilindro acanalado con rastrillos de hierros transversales fijados a la parte trasera de un carro. El cilindro era conducido desde una rueda del carro, empujada a través del cultivo por un caballo.

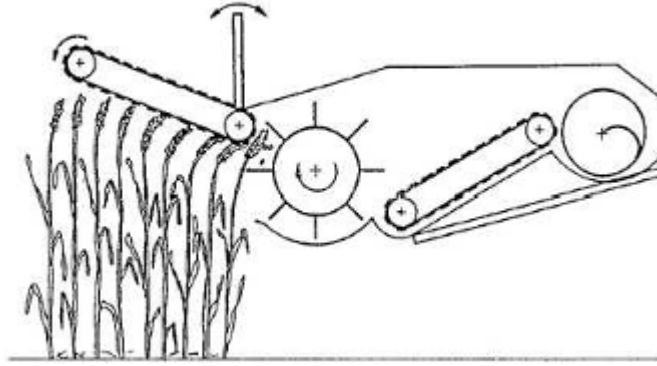
Más adelante John W. Bull en Australia en 1843, empleó el principio del “rastrillo y batidor”, y John Ridley le dio una forma trabajable o “comercial”. El desgranador empujado por animales consistía de un rastrillo de dientes largos proyectado horizontalmente y batidores revolventes de madera conducidos por una correa conectada al eje de las ruedas. El desgranador australiano eventualmente se volvió popular entre los productores de este país, donde las condiciones eran favorables para su uso (Figura 2).



**Figura 2.** Desgranador australiano según diseño de John W. Bull y John Ridley.

En 1913, Headlie Taylor equipó el desgranador australiano con una barra de corte instalada debajo del rastrillo y un rotor controlador del cultivo, el cual facilitaba el corte de las cabezas desde la paja, recogidas por el rotor y el rastrillo. La maquina también fue provista con un elevador de cultivos para cuando estaban volcados. De todos modos la introducción de este tipo de maquina en USA se demostró no satisfactoria lo que frenó el desarrollo de diseños en los que la acción de desgranar es alcanzada por elementos desgranadores de alta velocidad, directamente en contacto con el cultivo.

En USA, C. C. Baldwin construyó y probó un “Standing Grain Thresher” en 1910. La maquina tenía un rotor desgranador horizontal potenciado por un pequeño motor de gasolina y era tirada por caballos. El movimiento del cultivo sobre el rotor era inicialmente ayudado por una ráfaga de aire y subsecuentemente fue reemplazado por una lona en movimiento (Figura 3).



**Figura 3.** Esquema del “Standing Grain thresher” del año 1910 original de C.C. Baldwin.

En los años 40 fueron introducidas en Inglaterra, cosechadoras stripper comerciales de diferente diseño. La Wild Harvest Thresher consistía de un número de platos desgranadores horizontales, de aproximadamente 500 mm de diámetro, montados en un eje horizontal. De todos modos, las altas pérdidas por quebrado y la imposibilidad de recoger cultivos severamente volteados, frustró su uso en el clima húmedo de Europa. Los problemas de las máquinas “Wild” estaban relacionados principalmente a unos elevadores estáticos largos y espaciados relativamente cerca, los cuales precedían el rotor del desgranador.

Más desgranadores de varios diseños fueron desarrollados a mediados del siglo veinte. En 1964, Poynter desarrolló una cosechadora stripper para trigo. El mecanismo desgranador consistió de un rastrillo el cual soportaba y guiaba el cultivo y un set de batidores que traían la planta dentro de la máquina para desgranar. Un cóncavo de trilla detrás del rastrillo terminaba de arrancar el material aparte de los granos. Cuando fue probado en arroz, la máquina arrojó la mayores pérdidas por partido y muchas plantas fueron cortadas por los batidores, convirtiendo a la acción de desgranado en inefectiva.

En el año siguiente, la Michigan State University desarrolló una cosechadora stripper para arroz a pequeña escala, provista con un tambor desgranador cónico, consistente en dos conos coaxiales truncados, situados uno dentro del otro. Se usaba una forma cónica para sujetar las espigas continuamente a una velocidad periférica en aumento a medida que se movían a través del cóncavo. A medida que la parte superior de la planta, inmediatamente por debajo de la panícula, era introducida en el espacio entre los dos conos sin dañar la planta, la trilla era efectuada cuando la panícula es arrastrada a través del espacio entre conos por el movimiento de avance de la máquina.

A mediados de los 60, una cosechadora de cereales de pequeña escala para parcelas experimentales, basada en el principio de rastrillo y batidores, fue desarrollada en el sur de Australia. La máquina usaba el momento ganado por el cultivo desde los batidores para transportarse dentro del área de limpieza y retrilla. La máquina nunca fue utilizada en cultivos húmedos o volteados. A fines de los 60, el International Rice Research Institute (IRRI) en Filipinas desarrolló una cosechadora de arroz stripper. El desgranado era paralelo a la dirección de avance de la máquina. El cultivo era alimentado dentro de la correa por barras recolectoras de plantas. El trabajo de desarrollo fue finalmente parado en 1975 cuando la máquina no fue adoptada debido a las altas pérdidas por partido y la pobre performance particularmente en condiciones de cultivo difíciles.

Otra versión de una cosechadora de arroz stripper fue desarrollada por Burkhardt la cual removía el grano de la planta parada sin cortar los tallos. La máquina consistía de un cabezal de 0,76 m de ancho, conteniendo un cilindro desgranador de 0,46 m de diámetro ajustado con abrazaderas de alambre. Un tambor alimentador con tiras con cerdas introducía las panículas dentro de la máquina y retenía las plantas debajo de modo que permanecieran en contacto con el cilindro desgranador. Una almohadilla desaceleradora fue usada para absorber la energía del grano. La performance del desgranador fue mejor con grano muy húmedo (20-30%), con humedad de la paja en 60-80%. A medida que la planta se secaba, más tallos y hojas eran colectados.

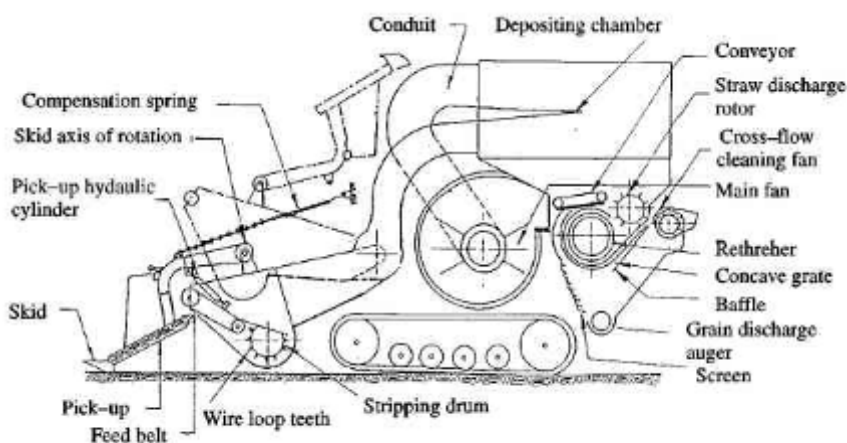
Chowdhury presentó el diseño y los principios operativos de una cosechadora desgranadora montada en un power tiller la cual trilla las espigas in situ dentro de la unidad desgranadora utilizando la técnica de una acción de batido diferencial de clavijas desgranadoras. Durante el desgrane, al cultivo se le permite pasar por una unidad desgranadora compuesta de clavijas anexadas a una serie de lanzas verticales acomodadas en dos hileras. El diseño no fue provisto de un mecanismo para alzar los cultivos volteados y no se reportó ninguna

evaluación a campo. Bining y Wadhawa condujeron estudios de laboratorio sobre una unidad experimental de mecanismo trillador de trigo en campo. La unidad consistía de un cilindro que desgrana-junta-trilla, un cóncavo ciego, una cubierta o caja baja y una de alimentación lateral. Los tallos eran tomados cerca de 150 mm debajo de la base de las espigas por unos flejes de acero chatos y flojos para evitar doblar el cultivo.

## Desarrollos actuales

### El desgranador chino

El trabajo sobre el tipo track, cosechador desgranador TPC (trilla previa a la cosecha) chino autopropulsado está siendo conducido en la Northeast Agricultural University Harbin. El primer prototipo usaba un desgranador tipo lazo montado transversalmente a causa de la amplia variación en la altura de las plantas de arroz en China donde se hace la siembra directa del arroz. La versión actual emplea un desgranador tipo tambor como se muestra en la figura 4. El sistema desgranador es esencialmente compuesto de un sistema de recolección para cosechar cultivos acostados, un trillador tipo tambor para el arroz erguido y un sistema de transporte neumático para proveer de succión para reducir las pérdidas de grano. Las plantas eran deflectadas mediante dedos sobre la cadena del cargador y luego delicadamente presionadas por el lazo alimentador. Las paniculas eran luego introducidas dentro del trillador a través de la acción de los dientes del tambor y la succión de aire desde el sistema de transporte neumático. El grano trillado y la granza conteniendo pequeñas cantidades de paja partida son conducidos a través de un conducto a la cámara de depósito y abajo al rotor de descarga. La mezcla de grano y granza es transportada al retrillador separador de flujo axial. La paja se mueve axialmente hacia atrás y es expulsada fuera por las paletas del cilindro. A medida que el grano y la granza caen a través del cóncavo al sinfín, la granza que es más liviana, es soplada por la corriente de aire que arroja un ventilador de flujo cruzado. El grano limpio es elevado y transportado a un saco.

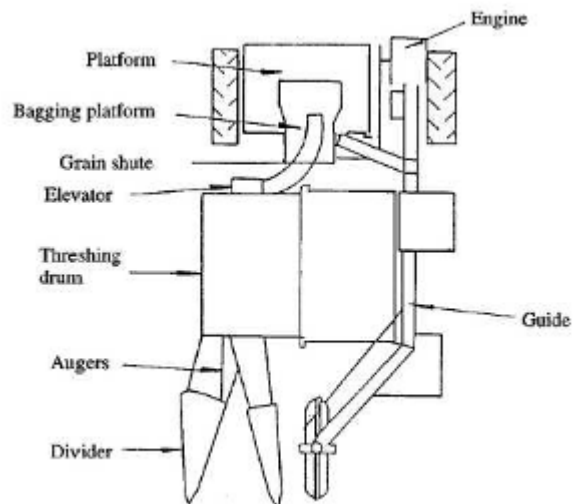


**Figura 4.** Esquema del TPC (trilla previa a la cosecha)

También se ha desarrollado en China un desgranador montado en un tractor. La maquina todavía está en etapa experimental y utiliza un mecanismo que solo trilla la parte superior del cultivo. Transportadores de cadena opuestos toman los tallos de las plantas y los introducen en el cilindro trillador.

### El desgranador francés de cereales EC 60

Es una maquina autopropulsada diseñada por los ingenieros de CEEMAT (ahora CIRADSAR). Fue ideada para cosechar arroz en campos pequeños y medianos en países en desarrollo. El desarrollo comenzó en 1982 y las pruebas a campo sobre el prototipo fueron conducidas en Francia y África. Resultados promisorios condujeron a una colaboración con el CEMAGREFF en 1984 con una mejora de la performance de la maquina. En 1987 la EC 60 fabricada comercialmente por la francesa Rock International, ganó la medalla de oro en el Show Internacional de Maquinaria de Paris (Figura 5).



**Figura 5.** Esquema del desgranador francés del CEEMAT.

La técnica de desgrane de la EC 60 mostrada en la figura 5, está basada en el principio del rotor longitudinal. El mecanismo de desgrane está compuesto de un sistema separador recolector montado en el frente de una maquina, y una cámara de trilla con un tambor trillador. El sistema separador recolector aparta una banda de plantas, eleva los tallos volteados y los trae a la cámara de trilla. Los tallos son presentados sobre paralelos a la línea de avance de la maquina, donde los granos son separados y transportados a una tolva detrás de la maquina. Un separador de grano adyacente al cilindro completa la separación del grano y la paja. La EC 60 tiene un ancho total de 1,70 m pero el máximo ancho de cosecha es solo 0,60 m. Esto hace el diseño inconveniente para usar con anchos mayores a 3 m los cuales son requeridos en países en desarrollo. Esto significa además que solo se puede cosechar en una dirección. Si el cultivo es plantado muy cerca del terraplén, puede ser necesario cosechar las hileras externas manualmente para prevenir que la maquina pisotee el cultivo. Bajo condiciones de suelo firme, se ha reportado que la maquina cosecha a 11 km/h con cultivos erguidos y 5 km/h con cultivos volteados. De todos modos las pruebas conducidas con arroz en Tailandia en 1992 indicaban una performance no satisfactoria del tipo de ruedas de ese diseño sobre campos húmedos.

Investigaciones iniciales sobre el concepto de trilla *in situ* comenzaron en el Silsoe Research Institute (entonces llamado NIAE) en UK en 1984. Dos dispositivos experimentales, un dispositivo de 1,5 m de ancho montado en un tractor a campo y otro dispositivo de laboratorio de 30 mm de ancho, fueron contruidos para estudiar el proceso de desgrane. Las pruebas fueron conducidas sobre trigo, cebada, avena, arroz, legumbres y otros cultivos. Distintas mejoras en el diseño fueron incorporadas como resultado de las pruebas a campo y laboratorio. Pruebas adicionales fueron conducidas sobre un cabezal experimental de 3,6 m de ancho. Mediciones de perdidas en el cabezal fueron realizadas utilizando un numero de cultivos que incluían lino, arvejas y porotos. Un reporte desde Australia muestra su gran potencial para cosechar sorgo. El desgranador también fue probado con arroz en Italia y USA.

En 1986, el Grupo de Tecnología Británico que tiene las patentes mundiales sobre el diseño del desgranador Silsoe, licenció a Shelbourne Reynolds Engineering Ltd. para fabricar el cabezal stripper. Después de dos años de pruebas a campo, Shelbourne Reynolds comenzó la producción comercial del cabezal stripper en 1988. El cabezal que podía ser adaptado a cualquier cosechadora esta siendo exportado a más de 30 países (Judy Farrow, comunicación personal, 6 de marzo de 1996).

Todo el capítulo de revisión histórica del cabezal desgranador fue basado en el trabajo de Tado et al, 1998.

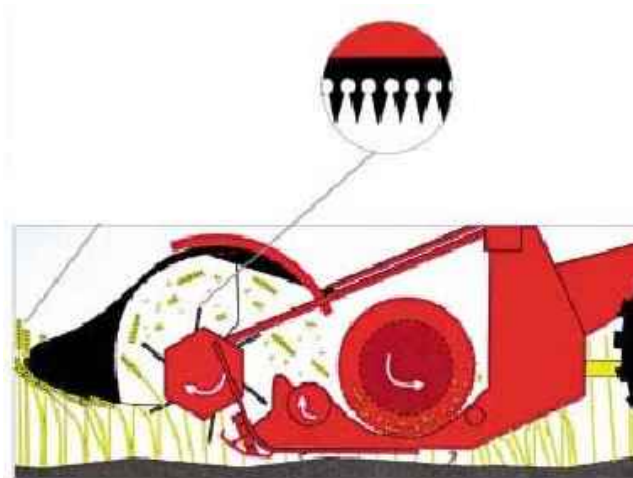
## **Funcionamiento**

### **El desgranador Silsoe**

El sistema de desgranado más promisorio en la actualidad es el del cabezal desarrollado por el Silsoe Research Institute, UK y producido comercialmente por Shelbourne Reynolds Engineering, Ltd. Este último incrementa la capacidad de la cosechadora en un 50 a 100% con menores requerimientos de potencia debido a la reducida cantidad de paja que atraviesa los sistemas de trilla y separación. En realidad, la más alta

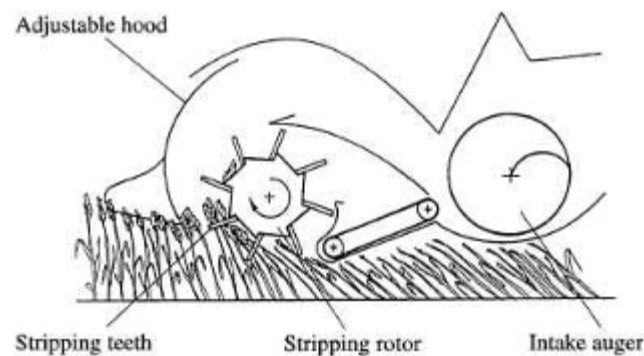
capacidad de cosecha reportada de 59.6 t/h, fue alcanzada en cosecha de arroz en Australia. De todos modos, la mayor capacidad alcanzada con el cabezal stripper, se logra al costo de una mayor cantidad de granos perdidos en el frente, al menos 1% más que con la barra de corte. Altas pérdidas por cabezal en cultivos ralos y enmarañados y su falta de habilidad para cosechar ciertos cultivos como colza y centeno limitan su adopción.

Usa el principio de un rotor transversal en el que el desgrane del cultivo tiene lugar todo a lo largo del rotor dispuesto transversalmente a la dirección de avance de la cosechadora. Consiste de un elemento desgranador con cabeza de flecha flexible montado sobre un rotor horizontal de 540 mm de diámetro y rotando a 600 a 800 rpm resultando en una velocidad periférica de 17 a 22,7 m/s. El elemento desgranador, hecho de poliuretano moldeado, tenía esencialmente forma de "V" pero con una cavidad circular de 20 mm en la base (Figura 6).



**Figura 6.** Esquema del cabezal stripper más difundido comercialmente, basado en un diseño del Silsoe Research Institute (UK).

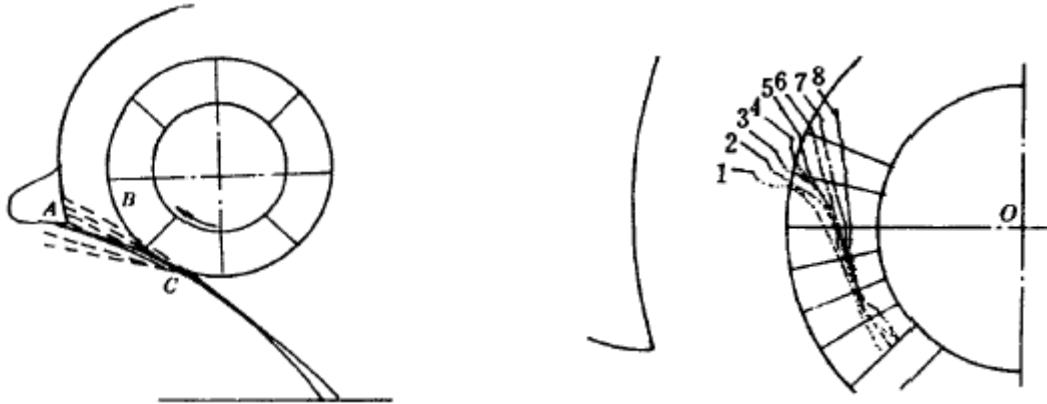
El rotor está equipado con dientes con muescas con forma de agujero de cerradura, gira hacia arriba y su acción va rastrillando el grano aparte de la paja a medida que el rotor es impulsado a través del cultivo (Figura 7). De esta forma la mayoría de la paja es dejada anclada en el suelo.



**Figura 7.** Esquema mostrando el diseño original del Silsoe Research Institute, después comercializado por el NIAE del año 1984.

**Fundamentos físicos de su funcionamiento**

Los tallos del cultivo se elevan al momento de entrar al rotor tomando una postura erguida para inmediatamente adherirse a la superficie del tambor. Yuan et al. ,1998; Jiang 1996 sugerían que el proceso de desgrane ocurría solo donde el cultivo era tangente al rotor (punto C) y asumían que durante este proceso los tallos del cultivo permanecían derechos como en AC (Figura 8 izquierda).



**Figura 8.** (izq) Esquema mostrando los caminos teóricos de un determinado cultivo al momento de ser tomado por el rotor del cabezal stripper. (der) Esquema mostrando los pasos secuencias de la adsorción del cultivo sobre el rotor debido al efecto neumático provocado por el rotor del cabezal stripper.

Sin embargo al filmar el comportamiento del cultivo al momento de ser tomado por el rotor stripper (Figura 8 derecha), se encontró que este rápidamente se adhería al tambor, prolongando el proceso de desgrane desde el punto C al B (Figura 8 izquierda), con la consiguiente reducción en la pérdida de granos. Los investigadores observando esto llegaron a la conclusión que de alguna forma se generaba un efecto de adsorción entre la superficie del tambor y el cultivo.

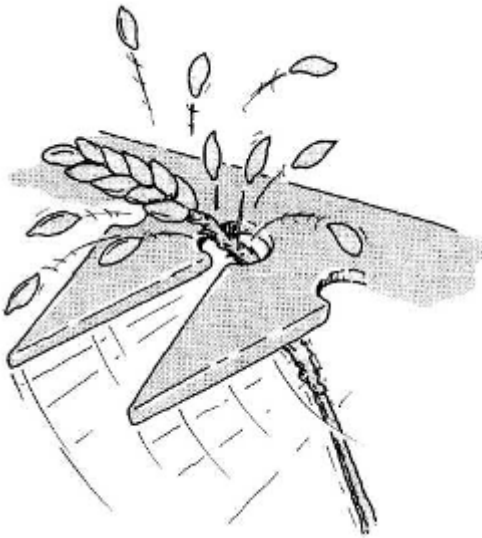
La explicación a este fenómeno reside en que debido al movimiento circular del rotor y a la fricción de los dientes con el aire y a la viscosidad del mismo, se genera un flujo de aire, donde la velocidad disminuye a medida que nos alejamos de los dientes. Al ser la velocidad del aire mayor hacia el interior del espacio anular, se generan valores negativos de presión estática (succión), que provocan la adhesión del cultivo sobre la superficie del tambor.

Al incrementar la velocidad tangencial de los dientes y al disminuir el ángulo de los mismos se favorece el efecto de adsorción. Por eso en los primeros ensayos en el Silsoe al evaluar distintos tipos de dientes se encontró que los que presentaban un menor ángulo producían menores pérdidas por el cabezal (Figura 9).



**Figura 9.** Diferentes diseños de dientes del peine desgranador ensayados por el Silsoe Research Institute del Reino Unido.

Otra característica de los dientes que fue encontrada como ventajosa es la presencia de un espacio anular (Figura 10), ya que cuando las cañas del cultivo llenan este círculo, son peinadas por los dientes en movimiento ascendente hasta toparse con las espigas que no pueden atravesar la reducida sección del círculo y se produce el desgrane.



**Figura 10.** Dibujo mostrando el efecto de trillado del cultivo provocado por los peines del cabezal stripper.

### **Regulación del cabezal**

#### **Regulación del capot**

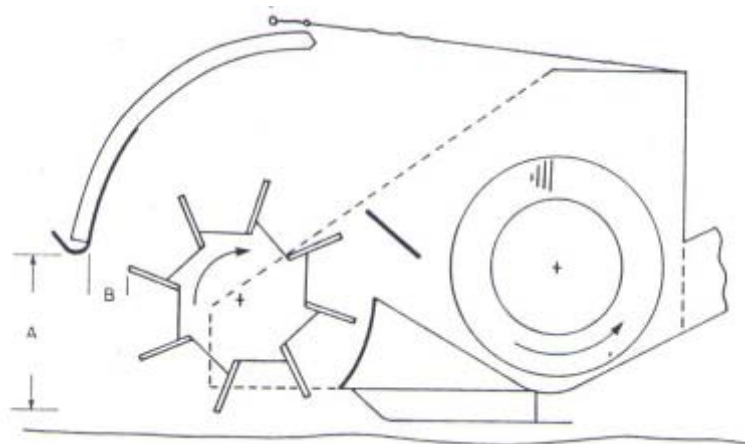
La porción redondeada delante del capot debe entrar en contacto con el cultivo unos 10 cm. Si esta más alto, el rotor expulsa granos por delante y si el capot está más bajo, se incrementa el ingreso de paja.

#### **Despeje vertical**

Se encontró que el despeje vertical del borde delantero del capot del rotor con respecto a la parte más baja del rotor desgranador (A en la figura 11), fue el ajuste más efectivo para reducir las pérdidas por el cabezal. Cuando el despeje era de 300 a 370 mm las pérdidas por cabezal fueron mínimas.

#### **Despeje horizontal**

El despeje horizontal desde la cubierta al rotor (B en figura 11), por lo menos debe ser de 90 mm en la mayoría de las condiciones y cultivos. No superar este despeje se cree es de importancia para generar el efecto de succión en el área inicial del rotor.



**Figura 11.** Esquema con los despejes mínimos a tener en cuenta en los cabezales stripper.

#### **Despeje entre el rotor y el suelo**

Cuanto mayor sea el despeje del rotor con respecto al suelo, menor será el ingreso de paja a la máquina. De todos modos se debe contemplar que el rotor debe tomar hasta las espigas más bajas.

## Regulación para cultivos volcados

En caso de cultivos volcados, al trabajar a baja altura, el cabezal debe contar con un patín para poder trabajar al menor despeje posible del suelo. El cultivo se debe trabajar en contra o al cruce del sentido del vuelco para de esta forma lograr enderezar lo mejor posible los tallos volcados.

## Velocidad y número de vueltas

Existe una relación entre la densidad del cultivo, la velocidad de avance y la del rotor. Si la velocidad de avance es mayor, el ojo del rotor se sobrecarga y pueden aparecer espigas mal trilladas. Si la velocidad del rotor se incrementa el ojo no se llena y se producen pérdidas por desgrane frente al cabezal. Se debe buscar la relación óptima para cada situación antes de comenzar a cosechar.

Elegbeleye, K. et al, 2003, en cosecha de arroz llegó a la conclusión que para un rendimiento de 1410 kg/ha, el régimen del rotor debía estar entre 140 y 260 v/min a 3 a 5 km/h para disminuir las pérdidas por cabezal que ocasionan el deficiente desgrane de la panícula por un lado y las vibraciones del cabezal respectivamente (Figura 12).

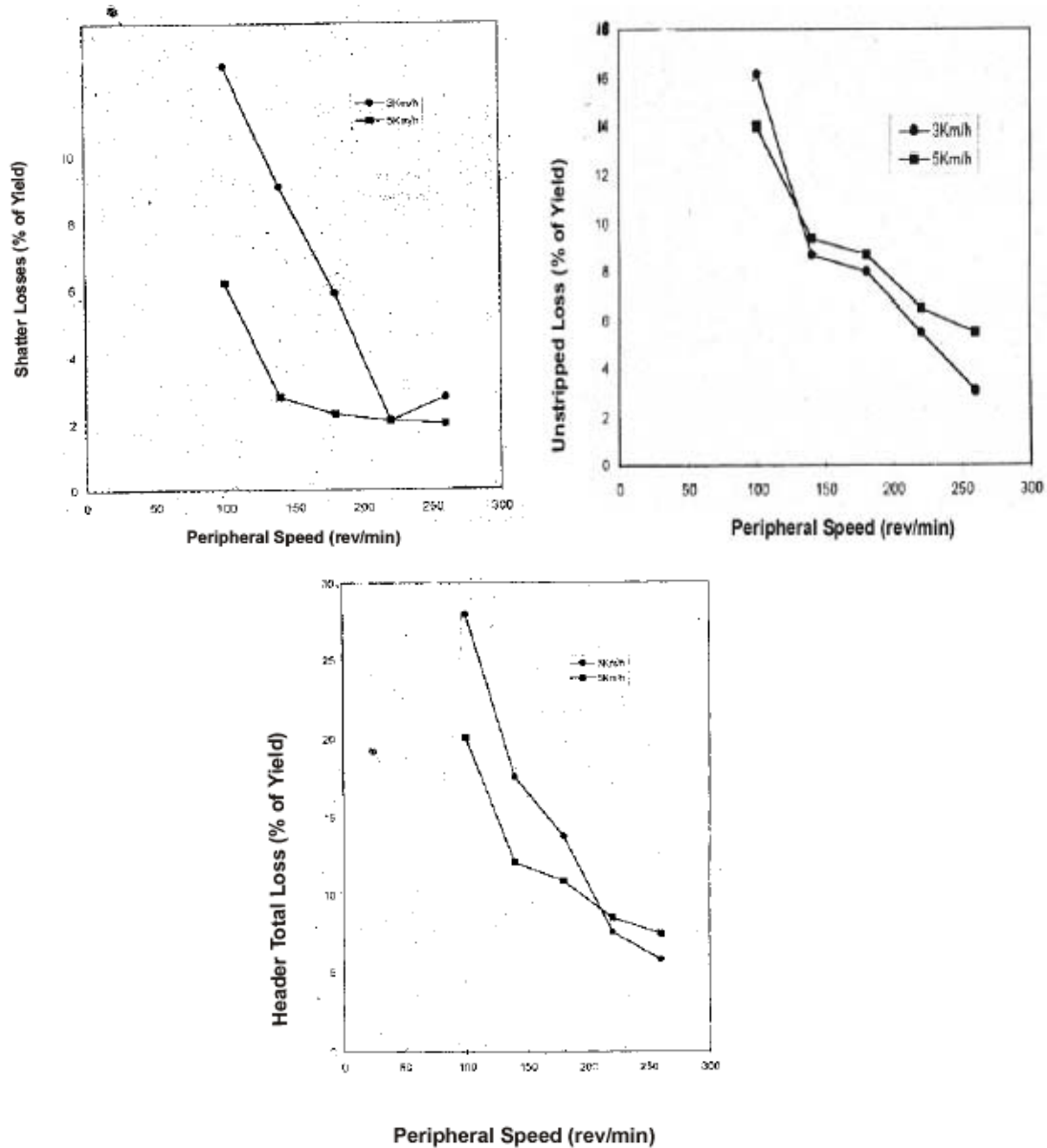


Figura 12. Resultados de experiencia cosechando arroz con un rendimiento de 1410 kg/ha, a velocidades de 3 a 5 km/h. Fuente: Elegbeleye, K. et al, 2003.

### Propiedades del cabezal stripper

- **50 a 100% más de capacidad de cosecha**, con pérdidas comparables a las de una cosechadora convencional, debido a que ingresa menos paja a la combinada.
- **Especialmente adecuado para cosecha de trigo y arroz**, también es apto para cosecha de cereales y varios tipos de semillas forrajeras, semillas de lino y otros cultivos de mediana altura y diámetros de tallo modestos (se ha reportado que el modelo de stripper CX puede ser usado con arvejas y lentejas). Para otros cultivos sigue siendo necesario un cabezal convencional.
- **Tiene la propiedad de cosechar cuando el cultivo esta volcado**. Se debe tener la precaución de tomar el cultivo en contra del vuelco o al cruce y equipar al cabezal con un patín.
- **Mayor velocidad de avance de la cosechadora**. Al ingresar menos paja a los mecanismos de separación y limpieza, queda mayor potencia disponible a la máquina para incrementar su capacidad de trabajo en ha/hr
- **Se requiere una operación extra para cortar la paja** si esta es usada para otro propósito como alimentación animal.
- **Debido a su mayor peso en comparación a un cabezal tradicional, suelen ser de menor ancho de labor**. Pero esto se ve compensado por la mayor velocidad de avance de la máquina
- **La siembra de soja de segunda se ve facilitada luego de la cosecha de trigo con stripper**, ya que con un cabezal convencional queda sobre el suelo un colchón de paja horizontal que dificulta la siembra.
- **Mejora la aplicación de herbicidas** ya que se logra un mejor mojado de las malezas sobre un rastrojo erguido (stripper) que sobre uno horizontal (convencional).
- **Las pérdidas del cabezal stripper son mayores a las del convencional**, especialmente en condiciones de cultivo difíciles. Nuevas técnicas de reducción de pérdidas como la succión de aire, aun deben ser estudiadas
- **Se reduce el consumo de combustible**. Por tonelada de grano procesado. Se debe tener en cuenta que las velocidades de trabajo son mayores por lo tanto puede mantenerse el consumo de combustible.
- **El cabezal puede operar cuando el grano esta maduro aunque las hojas y tallos estén todavía verdes**.

### Bibliografía

1. Elegbeleye, K. E., Ademosun, O. C. and F. Ashaolu. 2003. Effect of Stripper Peripheral Speeds on Header Losses, Field Capacity and Field Efficiency in a Tractor-Driven Combine Harvester. 2003 ASAE Annual International Meeting. Paper Number: 038011.
2. Tado, C. J. M.; Wacker, P; Kutzbach H. D. and D. C. Suministrado. 1998. Development of Stripper Harvesters: A Review. Journal of Agricultural Engineering Research 71, 103-112. Article No. ag980318
3. Xinjun Zhao, Ying Zang and Benhua Zang. 2002. Research on the Airflow Performance of Stripping Harvesting Rotor. Paper number 021176. Written for presentation at the 2002 ASAE Annual International Meeting / CIGR XVth World Congress.
4. Yi-juang Jiang. 2003. Crop Flow on Stripper Harvester Rotor Analysis of the Adsorption Effect with Triangular Teeth. Electronic-only Proceedings of the International Conference on Crop Harvesting and Processing, 9-11 (Louisville, Kentucky USA). ASAE Publication Number 701P1103e, ed. Graeme Quick.