

**Novedades comerciales en motores, trilla, separación y limpia y mejoras para el operario**

# Innovaciones tecnológicas y tendencias de desarrollo en las cosechadoras de cereales



Claas Lexion 760.

Revisamos en este artículo los temas en los que ingenieros y científicos están trabajando para aportar innovaciones a la cosecha de cereal. Además se revisa el mercado español y las últimas novedades comerciales presentadas por los fabricantes.

**Adolfo Moya y Constantino Valero.**

LPF\_TAGRALIA, Universidad Politécnica de Madrid.

## Trilla, separación y limpia

Desde un punto de vista práctico, los fabricantes y revistas especializadas dan frecuentemente consejos sobre cómo ajustar de forma óptima los parámetros de funcionamiento de las cosechadoras, con objeto de conseguir las menores pérdidas y fracturas de grano posibles. En cosechadoras de flujo axial, la curva que representa las pérdidas de grano con mayores velocidades de giro del rotor es mucho más aplanada que la correspondiente a las cosechadoras de trilla tangencial (convencionales), lo cual es un punto a su favor a altas revoluciones. Sin embargo, si se busca un valor dado de pérdidas, conseguir un gran flujo de mies en el sistema de trilla axial supone un uso intensivo del motor y un tratamiento más intensivo para la paja. Si el valor objetivo de pérdidas se redujera, en estas máquinas hay que reducir mucho más el flujo de material para conseguirlo, debido al citado efecto del aplanamiento de la curva característica de pérdidas.

Una de las mejores revisiones anuales del estado de los avances en las cosechadoras de cereal es la realizada en el Jahrbuch Agrartechnik promovido por la principal asociación de ingeniería alemana. Vamos a resumir, en una primera parte de este artículo, las novedades más destacadas recopiladas en esta publicación.

Muchas de las investigaciones y desarrollos recientes en la maquinaria de recolección de grano están encaminados a conseguir una mayor eficiencia. A nivel mundial este objetivo se persigue dotando a las máquinas de mayor inteligencia mediante diversas formas de apoyo y ayuda al operador.

En la Universidad de Dresde vienen estudiando desde hace tiempo estos efectos mediante el ensayo de elementos específicos en el interior de la máquina, con diseños renovados. Por ejemplo, la inclusión de un rodillo de púas entre el final del sistema de trilla (cóncavo, batidor) y el principio de los sacudidores permite aumentar el flujo de mies entre un 9 y un 16%, manteniendo constantes las pérdidas de grano, lo cual podría suponer un aumento de la capacidad de trabajo muy importante. Los estudios realizados demuestran que este efecto es constante a lo largo de los años para cosecha en terrenos llanos, con pendiente creciente y decreciente. Otro estudio de este centro analizó la eficacia de un nuevo sistema de trilla con dos

cilindros consecutivos y un cóncavo en forma de S. El recorrido extendido que realiza la mies en este nuevo sistema, y el hecho de que se producen aceleraciones mayores del grano debido a que los rotores giran a diferente velocidad parecen indicar que este nuevo sistema de trilla presenta mejores resultados en la separación del grano.

Otros estudios realizados por la Universidad de Hohenheim y Lituania confirmaron la influencia de la velocidad de giro en la separación del grano y la generación de daños. Especialmente en el caso de la trilla de mazorcas de maíz, se comprobó que es especialmente crítica la posición de la mazorca en relación con el rotor trillador. Si se sitúan transversalmente, las mazorcas son introducidas en el sistema de trilla más fácilmente y sus velocidades aumentan entre un 50 y un 100%. Las mayores fuerzas centrífugas generadas producen mejor separación, y se parten menos granos porque el maíz está menos tiempo en el rotor.

El control del sistema de limpia también es un punto crítico, no sólo por las pérdidas de grano sino para conseguir que las impurezas no entren en la tolva. En las máquinas más innovadoras se están empezando a aplicar sistemas de inteligencia artificial basadas en la lógica difusa (no toda decisión es blanco o negro) o algoritmos genéticos para determinar los parámetros que más influyen en la pureza del grano en la



John Deere serie S.

tolva. Los trabajos de la Universidad de Lovaina en este sentido confirman un hecho bien conocido: la velocidad de giro del ventilador y la carga de material en las cribas son los parámetros más importantes. La carga de las cribas puede ser determinada por la diferencia de presiones estáticas entre la parte superior e inferior de la criba.

Un aspecto importante que no se ha estudiado lo suficiente es la adaptación de los ajus-

tes de la máquina en cuanto a trilla, separación y limpia, para diferentes cultivos en distintas regiones del mundo. Es un hecho sabido que las propiedades físicas de un mismo cultivo difieren de una zona a otra, y hasta de una parcela a la siguiente debido a los factores agronómicos o los inputs usados por el agricultor. Por ejemplo, en el caso de la trilla de sésamo la velocidad del sistema de trilla es crítica, y recientes estudios en Turquía demuestran que para sus condiciones locales el óptimo régimen de giro del cilindro estaría entre 7 y 12 m/s de velocidad tangencial periférica.

## Barras de corte y manejo de la paja

A medida que las capacidades de trabajo de las cosechadoras han ido aumentando, también lo han hecho paralelamente las anchuras de corte de los cabezales de las máquinas. Desde el punto de vista de la eficiencia energética en agricultura es más favorable trabajar a bajas velocidades con grandes anchuras de trabajo que lo contrario. A la par que el aumento de ancho, los requerimientos en relación al manejo y distribución del material distinto a grano (*materials other than grain*, MOG) por parte de los picadores y lanzadores de paja y tamo en la parte posterior de la máquina también aumentan. Dado que el precio de los fertilizantes aumenta, los agricultores se vuelven a plantear el efecto beneficioso de ente-



New Holland CR8070.

Deutz-Fahr 6095.



errar la paja picada tras la cosecha. En lo que respecta a los aportes de fósforo y potasio, la paja puede tener un valor fertilizante equivalente de unos 30 € por tonelada. Adicionalmente el interés por la paja para otros fines (biocombustibles, ganado) sigue en aumento en los últimos años, por lo que los fabricantes de máquinas se esmeran en mejorar en este aspecto.

En diversos centros de investigación se están realizando estudios teóricos sobre los sis-

temas de picado. El proceso de troceado y el flujo de mies en el picador están siendo simulados con detalle en un proyecto de investigación en la Universidad de Dusseldorf, para determinar con exactitud la energía de corte necesaria para segar tallos de arroz y de maíz de diferentes geometrías y características. En Braunschweig se sigue perfeccionando un cilindro picador de cuchillas axiales que giran a contracorriente, para conseguir un picado de preci-

sión similar a las cosechadoras de forraje. Gracias al sistema desarrollado se ha conseguido reducir la energía del proceso en un 30%. Mediante el control de la velocidad de giro de las cuchillas y de la velocidad de alimentación de material (paja desde los sacudidores) se consigue controlar el proceso con precisión y adaptarse a las necesidades específicas de cada agricultor.

Se han perfeccionado últimamente en Suecia novedades específicas en los cabezales de colza que permiten reducir drásticamente las pérdidas sufridas en la siega durante la cosecha. Se ha demostrado que las pérdidas en la bandeja de corte si se varía la distancia entre las cuchillas y el tornillo sinfín de encauzamiento (bandeja extensible) disminuyen hasta en 100 kg/ha. Aumentando la anchura de la bandeja de la plataforma de corte de 63 a 113 cm, las pérdidas en el centro del cabezal disminuyen. Las cuchillas verticales montadas en los laterales del cabezal también tienen un efecto significativo en el caso de que el cultivo haya crecido enredado, como suele ser el caso de la colza. Similares resultados se han obtenido con plataformas dotadas de estas modificaciones en Egipto e Irán, y los fabricantes de todo el mundo se han apresurado a incluirlas en su oferta.

### Accionamiento y chasis

Para la refrigeración de los motores se han multiplicado las soluciones encaminadas a asegurar la refrigeración incluso con aire cargado de polvo. Hace un par de años que aparecieron los primeros ventiladores dobles (uno refrigera y otro quita el polvo del radiador) y ya es habitual ver en las cosechadoras los grandes filtros redondos autolimpiantes.

La transmisión en casi todas las cosechadoras actuales es hidrostática, lo cual permite no sólo resolver problemas de diseño, sino optimizar su funcionamiento mediante ciertos controles inteligentes. Por ejemplo en Alemania se desarrolló un sistema mediante el que se puede optimizar el consumo de gasoil en carretera adaptando continuamente el régimen de giro del motor diésel a la carga real en el eje de accionamiento. También son ya comunes los sistemas de adaptación de velocidad durante la cosecha, que aceleran, frenan, o cambian de marcha cuando los sensores de cantidad de mies procesada detectan variaciones importantes.

Fendt Hybrid 9470X.



## Electrónica, control y tecnologías de la información

En el mercado europeo de maquinaria agrícola, Alemania está considerada como el nicho más avanzado tecnológicamente, y por ello es allí donde muchos fabricantes lanzan sus desarrollos. En los últimos años se han introducido en las cosechadoras numerosos sistemas, hasta el punto de que el paradigma de qué es y qué debe hacer una cosechadora de grano está cambiando. Inicialmente los desarrollos más significativos han sido el uso de sistemas de navegación por satélite y la estandarización de la comunicación, pero actualmente el énfasis se está poniendo en los desarrollos que permiten la comunicación entre todos los integrantes de una cadena de recolección.

El registro de las propiedades de la cosecha según va siendo recogida es un objetivo perseguido por los investigadores desde hace mucho tiempo, y sólo conseguido en parte. Por ejemplo, para la determinación de la cantidad de humedad de la paja se están tratando de aplicar desarrollos provenientes de otras máquinas, como el uso de la espectroscopía infrarroja en picadoras autopropulsadas de forraje.

Otro reto es la separación de lotes de grano dentro de la cosechadora, según su calidad interna y externa. En la Universidad de Humboldt se están optimizando los sensores acústicos de pérdidas de grano para extraer más información que permita evaluar la calidad de los granos individualmente; ya se han obtenido buenos resultados con productos más voluminosos como las nueces.

### CUADRO I.

Cosechadoras de cereal inscritas por marca y año en el periodo 2009-2011 (Fuente: Registro Oficial de Maquinaria Agrícola del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente).

	2009	2010	2011
CLAAS	139	104	120
JOHN DEERE	81	88	108
NEW HOLLAND	123	106	95
DEUTZ-FAHR	14	11	12
FENDT	8	10	11
LAVERDA	14	13	8
CASE IH	3	3	7
OTROS	2	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>384</b>	<b>336</b>	<b>362</b>

Los sensores capacitivos son usados frecuentemente para medir la cantidad de producto que está siendo procesada en el interior de la cosechadora. Sin embargo son muy sensibles a los cambios de humedad del producto, y se está intentando mejorar su funcionamiento mediante la optimización de la electrónica asociada a ellos y el uso de condensadores combinados. También se pueden conseguir valores más ajustados del producto procesado aunando información de diferentes subsistemas de la máquina. Por ejemplo, aprovechando el hecho de que el elevador de grano consume mucha más potencia cuando tiene que actuar en un terreno inclinado, se puede modular el sistema de compensación de pendientes para obtener información sobre la cantidad de grano procesada.

Para el ajuste automático de los parámetros de funcionamiento de los sistemas de trilla y separación durante la marcha es necesario medir las

características del cultivo por delante de la máquina. Algunos fabricantes están obteniendo buenos resultados con sensores láser de barrido situados en la parte delantera de la máquina. También hay muchos equipos haciendo pruebas con pequeños helicópteros teledirigidos que vuelan a baja altura, provistos de sensores de infrarrojo cercano (NIR) para estimar la producción. Sin embargo por ahora sólo se han obtenido buenos resultados con este método en cuanto a la valoración del contenido de proteína de la mies a cosechar.

## El mercado español

El mercado de cosechadoras de cereal en España continua dominado por las tres grandes marcas que acaparan casi un 90% de las máquinas matriculadas. Después del repunte en las ventas durante el año 2008, en estos últimos tres años las matriculaciones se han mantenido por debajo de las 400 unidades (cuadro I).

## Deutz-Fahr Agrottron M La gama más profesional.



**RENDIMIENTO.  
FIABILIDAD.  
EFICIENCIA.**



La Gama Agrottron M, equipados con motores Deutz Common Rail (DCR) con gestión electrónica de la inyección, combinan una potencia constante con la máxima fiabilidad y los menores consumos de combustible.

Infórmese en su concesionario DEUTZ-FAHR oficial o a través del teléfono 901 345 345.

### Gama Agrottron M.

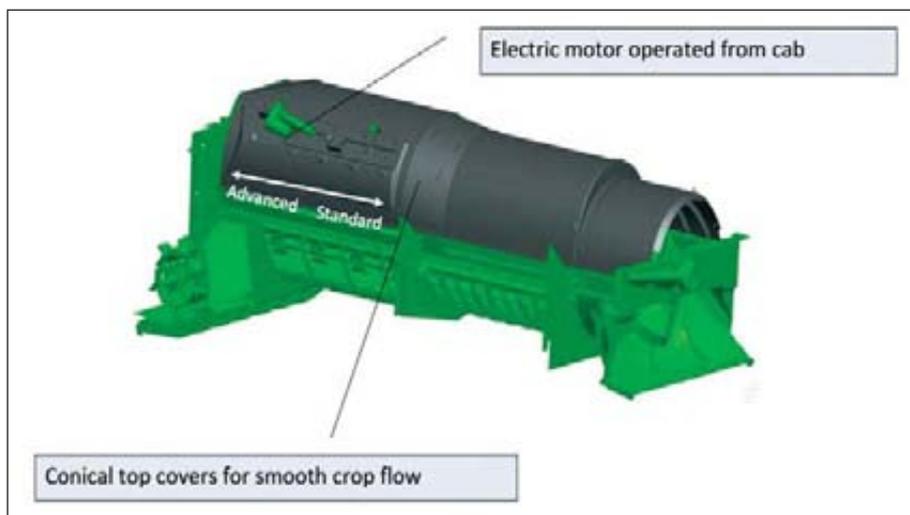
4 cilindros		6 cilindros					
410	420	610	615	620	625	640	650
134 CV	154 CV	146 CV	149 CV	164 CV	168 CV	180 CV	192 CV



PROFESIONALES A TU LADO.

FIGURA 1

Sistema de regulación eléctrica remota del flujo en el rotor de las cosechadoras.



americanos deben cumplir con los requerimientos establecidos en la normativa Tier 4 provisional o fase III B, penúltimo escalón o etapa de la normativa de limitación de emisiones para vehículos todoterreno. En este sentido, la mayoría de las marcas destacan las nuevas motorizaciones de sus cosechadoras en las que emplean distintas tecnologías para lograr la reducción de las emisiones contaminantes. Sin entrar en detalle en los fundamentos y tecnologías que permiten esta reducción de contaminantes emitidos, sí mencionaremos que existen dos orientaciones distintas para alcanzar este propósito.

Por una parte nos encontramos con los sistemas que incrementan la recirculación de los gases de escape (EGR) para reducir la temperatura alcanzada en los cilindros durante su combustión y, con ello, los óxidos de nitrógeno (NOx) producidos. Este procedimiento conlleva sin embargo un incremento en la producción de materia particulada (PM), principalmente carbonilla, por lo que implementan un filtro de partículas en el escape para evitar su emisión al exterior. Este filtro debe a su vez regenerarse mediante el quemado de las partículas retenidas por lo que frecuentemente resulta necesaria la inyección de combustible en el escape, incrementando el consumo.

La otra orientación es la de la reducción catalítica selectiva (SCR), y consiste en no llevar a cabo una recirculación externa de los gases de escape, permitiendo temperaturas superiores durante la combustión en el cilindro con lo que se reduce la formación de materia particulada (PM) pero se incrementa la generación de óxidos de nitrógeno (NOx). Estos óxidos de nitrógeno deben ser eliminados para cumplir con la normati-

FIGURA 2

Sistema de accionamiento centralizado de la barra de corte Synchronknife.



potencia que normalmente accionan estas máquinas, recogen las modificaciones necesarias para cumplir con la normativa de emisiones vigente, Tier 4 provisional o fase III B. Por otra parte, las distintas marcas han presentado recientemente novedades en aspectos muy diversos, relativos a la operación de la máquina, a la seguridad, la ergonomía, la agricultura de precisión o soluciones de gestión para la maquinaria y la explotación.

### Novedades comerciales en los motores

Las últimas novedades presentadas por los fabricantes de cosechadoras comprenden aspectos muy diversos. Los motores de elevada

Todos los vehículos agrícolas (tractores, cosechadoras, picadoras, etc.) fabricados en la actualidad para los mercados europeos o nortea-

FIGURA 3

Sistema de nivelación en pendiente ParaLevel.



# NUEVO | T8

## EL NUEVO CONCEPTO DE AGRICULTURA A GRAN ESCALA.

LA VELOCIDAD Y LA ESTABILIDAD DE UN TRACTOR DE GRAN DISTANCIA ENTRE EJES, CON LA AGILIDAD PROPIA DE UN DISEÑO COMPACTO.



Todo es posible con los nuevos T8 de New Holland: el único tractor de gran distancia entre ejes que ofrece la agilidad y maniobrabilidad de uno con menor distancia entre ejes. Y eso es sólo el principio... Los potentes y eficientes motores garantizan el ahorro en todas las aplicaciones. El tripunjal delantero totalmente integrado y la TDF ofrecen la máxima versatilidad para gran cantidad de aplicaciones, como por ejemplo el trabajo con una segadora frontal triple. Y por si todo eso no fuera suficiente, el galvanizado repotabrazo SideWinder™ II, la nueva suspensión de cabina Comfort Riddo™ y la cabina más silenciosa crean un ambiente de trabajo perfecto durante las prolongadas jornadas de trabajo.

**EL NUEVO CONCEPTO DE AGRICULTURA A GRAN ESCALA**

**COBERTURA DE DOS AÑOS DE GARANTÍA EN TODA LA GAMA DE TRACTORES.**

**NEW HOLLAND TOP SERVICE 00800 64 111 111\*** | [www.newholland.es](http://www.newholland.es)

**Asistencia e información 24/7** - La llamada es gratuita desde teléfono fijo.

Antes de llamar con su teléfono móvil, consulte tarifas con su operador.



TRIPUNJAL DELANTERO Y TDF



REPOTABRAZOS SIDEWINDER™ II



TECNOLOGÍA SCR ECOSIBUE™

**ECOBUE**



ESPECIALISTAS EN TU ÉXITO

va de emisiones, para lo que se emplea un fluido reductor que inyectado en el escape promueve la reducción de éstos a nitrógeno molecular y agua. Este fluido consiste en una solución de urea, denominada con distintos nombres comerciales, como AdBlue, Blue+, u otros. El empleo de esta tecnología permite normalmente un ahorro de combustible respecto a la anterior, pero supone el consumo de un fluido adicional.

El hecho de que grandes fabricantes opten por soluciones diferentes hace pensar en que existirá un cierto equilibrio entre ambas soluciones. De hecho, para cumplir con la fase final de la normativa es muy probable que gran parte de los fabricantes opten por una solución combinada entre las dos opciones actualmente presentes.

### Mejoras en los sistemas de corte, trilla y separación

Las mejoras introducidas en estos sistemas permiten incrementar los rendimientos de las máquinas, facilitando a su vez la adaptación por parte del operador a las condiciones del cultivo a recoger. Algunas de estas mejoras han resultado premiadas en ferias internacionales

FIGURA 4

Llave electrónica inteligente para la gestión de parques de maquinaria Smart Key.



de maquinaria, como Agritechnica en Alemania o FIMA en España, como el sistema de regulación eléctrica remota en el cilindro de las cosechadoras permite influir de forma activa sobre el flujo del material en el rotor por medio de unos deflectores de ángulo variable de ajuste eléctrico remoto en la zona de separación del rotor (figura 1). Otra de las novedades premiadas es el sistema de accionamiento centralizado de la barra de corte Synchroknife, este sistema permite reducir el espacio ocupado por los mecanismos accionadores en los laterales de las barras de corte de grandes dimensiones, que en

algunos casos pueden conducir a mayores pérdidas en los divisores (figura 2). Los sistemas de nivelación también han sido objeto de mejoras, como el sistema de nivelación en pendiente ParaLevel, que consiste en un eje delantero basado en una estructura de paralelogramo articulado para la nivelación del chasis en pendientes de hasta el 20% (figura 3).

### Mejoras en ergonomía

El confort y salud del operador son dos de los aspectos que más se han mejorado a lo largo de los últimos años. El bienestar del operador de la cosechadora no es un lujo sino un requerimiento para que pueda llevar a cabo su trabajo de forma eficaz. Una de las novedades premiadas, el asiento con suspensión activa de accionamiento eléctrico Active Seat II permite la amortiguación de las vibraciones sufridas por el operador mediante un sistema eléctrico controlado electrónicamente. Este sistema posibilita un menor tiempo de respuesta y reduce en un 90% las necesidades de potencia destinadas al mismo fin en los sistemas hidráulicos tradicionales.

### Mejoras en soluciones de gestión agronómica

Tan relevante como el funcionamiento y rendimiento de la cosechadora es la gestión de ésta en coordinación con el resto de máquinas de la explotación para un uso más eficiente. En este sentido, destacamos dos novedades premiadas. La llave electrónica inteligente para la gestión de parques de maquinaria Smart Key (figura 4), basada en tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID), permite la programación de conductores autorizados para distintas máquinas y al ser utilizada por el operador la máquina podrá establecer sus ajustes de forma personalizada. Otra de las novedades premiadas es el sistema de comunicación entre cosechadoras y tractores Machine Sync (figura 5) mediante el cual el tractorista que maneja el remolque puede visualizar el nivel de llenado de la tolva, posición y dirección de las cosechadoras presentes en una zona para optimizar la maniobra de posicionamiento del tractor-remolque para la descarga. ●

### Bibliografía

Jahrbuch Agrartechnik 22ed. Max Eyth Society. Editores: Harm, Meier y Metzner.2010

FIGURA 5

Pantalla de visualización del sistema de comunicación entre cosechadoras y tractores Machine Sync.

