

X Reunión Plenaria del *CLUB BOLOGNA*

INNOVACIONES PARA UNA MECANIZACIÓN AGRÍCOLA SOSTENIBLE: TRACTORES AGRÍCOLAS

El pasado 8 de noviembre tuvo lugar en Hannover (Alemania), coincidiendo con la celebración de Agritechnica, la XX Reunión Plenaria del *CLUB BOLOGNA* que tiene como objetivo estudiar 'Estrategias para el desarrollo de la mecanización'.

Luis Márquez/Ettore Gasparetto

Miembros del Comité de Dirección del *CLUB BOLOGNA*

Estas Reuniones Plenarias, habitualmente se celebran en Bolonia, coincidiendo con EIMA, pero al pasar esta Feria a una periodicidad bienal, se acepta la invitación de la DLG, organizadora de Agritechnica, para celebrar el encuentro en Alemania.

Dos fueron las sesiones fijadas para esta Reunión Plenaria. La primera para analizar un Proyecto de 'Base de Datos' con trabajos de investigación que puede interesar a los fabricantes de maquinaria agrícola. La segunda sesión se dedicó a analizar las innovaciones que permitirían la 'sostenibilidad' de la mecanización agrícola.



El concepto de 'agricultura sostenible' en la que se busca el mantenimiento de los recursos naturales junto a la rentabilidad económica, ha cobrado gran interés en los foros de discusión especia-

lizados. La mecanización forma parte de la agricultura con diferentes niveles de tecnificación, y el análisis de la 'sostenibilidad' relacionada con los tractores, los equipos para la aplicación de los fito-

sanitarios, y los equipos para el laboreo de conservación en áreas tropicales y en países en desarrollo, fueron tratados en la Reunión, a partir de las ponencias presentadas por diferentes miembros del **CLUB BOLOGNA**.

Las ponencias completas las podrán encontrar próximamente en www.clubofbologna.org, y seguidamente se presenta una síntesis de la primera de ellas, que consideramos de gran interés para los lectores de **agrotécnica**.

Innovaciones en los tractores orientadas a la sostenibilidad

Esta síntesis se ha realizado fundamentalmente tomando como base la Ponencia presentada por Prof. K. Renius, de la Universidad Técnica de Munich, aunque se han incluido comentarios de los autores de la síntesis para completarla y para facilitar la comprensión del texto a un amplio espectro de lectores.

Esta primera Ponencia la inició el Prof. K. Renius destacando que en el año se fabrican en el Mundo alrededor de 1.4 millones de tractores del más de 25 CV (18 kW), con un valor aproximado de 30 mil millones de \$US. En cuando a los límites superiores de potencia es frecuente la presencia de modelos de tractores de 250 kW con estructura convencional y de hasta 400 kW con diseños diferentes.

La mecanización agrícola basada en el empleo de tractores demanda:

- El aumento de la productividad.
- La reducción de los costes de producción.
- La 'sostenibilidad', entendida como mantenimiento de los recursos, del ambiente y de los factores humanos.

Esto tiene como consecuencia que los fabricantes modifiquen sus diseños para conseguir:

- Ahorrar materiales, haciendo los



Uno de los tractores Fendt expuestos en Hannover.

tractores más ligeros y que se puedan reciclar.

- Ahorrar energía, mediante la introducción de nuevas tecnologías en sus componentes, y por la integración y control inteligente del conjunto tractor-apero.
- Utilización de combustibles y fluidos alternativos en motores, transmisiones e hidráulicos
- Control preciso y automático de motor, transmisión e hidráulicos.
- Protección del ambiente y de la salud de las personas que manejan los tractores y que se encuentran en su entorno.

Las innovaciones que proporcionan mejoras en la 'sostenibilidad' obligan unos costes adicio-

nales, dándose la circunstancia de que a determinados usuarios no les interesan, tanto en países en vías de desarrollo como en los más desarrollados, y son los reglamentos establecidos por las autoridades gubernamentales las que las imponen.

Ejemplos de innovaciones que han mejorado aspectos relacionados con la sustentabilidad han sido la obligatoriedad de los ROPS (estructuras de protección en el vuelco accidental), la reducción del nivel sonoro en la cabina, para eliminar la pérdida de audición, de las vibraciones de baja frecuencia que soportan los operadores y que generan enfermedades profesionales, y la reducción de las



Landini presentó el nuevo Rex en el certamen alemán.



Los Maxxum reflejan el prestigio de Case IH.

emisiones contaminantes en los gases de escape de los motores.



En este último caso, los elevados costes adicionales que requiere su implantación, a la vez que obliga a rediseñar la estructura del tractor para incorporar nuevos elementos, encuentra fuerte oposición por parte de los usuarios, e incluso de algunos fabricantes.

Ahorrar materiales haciendo los tractores más ligeros y que se puedan reciclar

El tractor para realizar tracción debe ser pesado, pero a veces conviene que tenga capacidad para transportar semillas, agroquímicos, etc. Se puede diseñar más ligero, y añadir lastre si así se necesita. La capacidad de carga (lastrado) de un tractor normalmente se encuentra entre el 30-40% de la masa en vacío, aunque en muchos modelos puede llegar al 80%, y el peso máximo está definido por la capacidad de carga de los neumáticos, aunque muchos clientes demandan un tractor más ligero para reducir la compactación del suelo en operaciones que no demandan elevados esfuerzos de tracción.

Reducir la masa del tractor exige su rediseño y la evaluación en laboratorio y en campo de que esta reducción no va en detrimento de su resistencia, lo que aumenta el periodo necesario para colocar el producto en el mercado, con el correspondiente incremento de los costes. Esto está obligando a establecer sistemas que permitan la evaluación acelerada, mediante sistemas informáticos y pruebas en campo con tractores sin conductor.

Por otra parte, se empieza a exigir un reciclado de los componentes cuando acaba el periodo de vida útil de un tractor. Para los elementos metálicos esto no significa un gran problema, pero hay que tomar en consideración que en los tractores modernos, cada vez más frecuentemente, se incluyen nuevos materiales, como plásticos, electrónica y fluidos de distinto tipo, lo que a largo plazo obligará a considerar en los tractores las condiciones de reciclado que ya se aplican a los automóviles en los países más desarrollados.


MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, LLEGANDO A UN CONSUMO DE 190 g/kWh RESULTA DIFÍCIL (EFICIENCIA DEL 44%), POR LAS LIMITACIONES ESTABLECIDAS PARA LA EMISIÓN DE NO_x


Ahorrar energía mediante la introducción de nuevas tecnologías

La demanda mundial de energía no es sostenible a largo plazo. En consecuencia, el precio del petróleo volverá a subir, por lo que el ahorro de energía con los tractores es prioritario.

La eficiencia en los motores diésel de inyección directa, que son los más utilizados en los tractores, se valoran por su consumo específico en g/kWh (o en g/CVh) en diferentes puntos de funcionamiento. En los motores diésel de más de 50 kW (68 CV) se consiguen valores de 200 g/kWh, lo que

indica una eficiencia en el motor del 42%, lo que se consigue a un régimen de unas 2 000 rev/min. Aumentando el régimen del motor se incrementa el consumo. Mejorar la eficiencia energética, llegando a un consumo de 190 g/kWh, resulta difícil (eficiencia del 44%), como consecuencia de las limitaciones establecidas para la emisión de NO_x.

En el diseño de las transmisiones se siguen dos caminos: las cajas con escalones y las de tipo CVT (con relaciones continuamente variables). En las transmisiones mecánicas la eficiencia entre el motor y las ruedas para el rango de velocidades entre 4 y 12 km/h supera el 85%. Se esta mejorando su eficiencia introduciendo modificaciones en la lubricación de las cajas y en el tallado de los engranajes.

Las transmisiones continuas sin escalones (CVT) han tenido poco éxito durante décadas debido a la baja eficiencia que se conse-



guía con los variadores hidrostáticos, que sólo llegaban al 75% en la mejor condición. Los variadores eléctricos, en alternativa a los hidráulicos, sólo han tenido éxito en tractores de baja potencia. Con la llegada al mercado de las transmisiones Fendt Vario utilizando unidades hidrostáticas de pistones axiales capaces de modificar el ángulo inclinación respecto al eje de 45°, la eficiencia aumentó considerablemente haciéndolas competitivas.

Distintos fabricantes buscan otras alternativas de diseño en las transmisiones mediante sistemas de 'planetario sumador' para obtener mayores eficiencias manteniendo parte de las cajas convencionales. Hay que destacar que muchas transmisiones modernas son mixtas, con parte de la potencia transmitida por vía hidrostática y parte mecánica, con división de potencia mediante engranajes epicicloidales, aprovechando parcialmente transmisiones convencio-

nales; para aumentar la eficiencia, se busca transmitir por vía mecánica la mayor parte de la potencia.

En cuanto a la transmisión a la TDF, se ha simplificado para conseguir la mayor eficiencia, dado que es la potencia medida en la TDF la referencia que se utiliza para fijar el precio de un tractor en muchos países. Las transmisiones continuas en la transmisión a la TDF permitirían accionar máquinas en las condiciones más favorables, pero la limitación más importante es la falta de espacio para incorporarla.

En cuanto al sistema hidráulico, la introducción del sistema 'load sensing' permite notables ahorros de energía, ya que minimizan las pérdidas cuando no se demanda potencia hidráulica con bombas de flujo variable, y sistemas de centro cerrado. Al contrario de lo que muchos piensan, no es la presión del sistema la que determina el estado de la bomba, sino la que se produce en la válvula de

control como consecuencia de la demanda de aceite en el sistema.

La eficiencia del sistema hidráulico derivada de la introducción del 'load sensing' se puede mejorar reduciendo la longitud de las tuberías y el caudal de aceite que circula por las mismas. Como opciones posibles, entre otras, para mejorar la eficiencia se encuentran la recuperación de energía en los finales de carga y el paso de la presión nominal de 200 a 250 bar.

Otra alternativa es la introducción de energía eléctrica de alta potencia, como en el John Deere 7030, para alimentar la bomba de refrigeración, el compresor de aire, la bomba del agua y el motor del aire acondicionado. Además influye en la mejora la gestión automática de estos componentes.

Recientemente han aparecido modelos (Belarus 3023) en los que parte de la transmisión se realiza mediante energía eléctrica; el motor térmico diesel acciona un alternador asíncrono que genera la potencia eléctrica para alimentar motores independientes para la toma de fuerza y la propulsión del vehículo, aunque todavía se mantiene una gran parte de la transmisión mecánica. El sistema permite la variación de la velocidad de avance sin escalones, y teóricamente podría llegar a ser más eficiente que con las transmisiones hidráulicas, aunque pueden aparecer problemas por falta de aislamiento eléctrico en condiciones del trabajo agrícola. Asimismo, en el modelo presentado en Agritechnica 2009, la relación peso potencia con el tractor en vacío es de 42.7 kg/CV, la cual parece excesivamente alta para lo que ofrecen los tractores convencionales.

Otro aspecto muy importante es la carga dinámica del tractor sobre el suelo. El empleo de la doble tracción con ruedas de diferente diámetro (tipo 2+2 RM) mejora la eficiencia en tracción sobre campo en aproximadamente un 15% con respecto a un tractor de simple tracción (2 RM). Esto se puede mejorar modificando



la presión de inflado de los neumáticos en función de las condiciones del suelo. A partir de determinadas potencias, los tractores de tipo 2+2 RM que se utilizan en Europa, carecerían de superficie de apoyo suficiente, y esto se intenta evitar con diseños como el prototipo Trisix de Fendt (6 RM) con el que se podrían conseguir mejoras de la eficiencia del 22% respecto al de simple tracción.

Esto también se puede conseguir con tractores de 4RM con ruedas gemelas, o bien con bandas de goma, pero la anchura del tractor supera lo que está permitido para circular por las carreteras de la UE. Asimismo, el Fendt Trisix reduce su anchura total aumentando su longitud, lo que puede reducir su operatividad en las parcelas normales de la agricultura europea, salvo que se consiga minimizar su radio de giro.

Por último, la introducción de los sistemas de comunicación ISO-BUS, según las normas ISO 11786, permitiría un control de los aperos y máquinas acopladas al tractor, optimizando su funcionamiento. La integración del tractor y el implemento requiere que el fabricante del tractor de acceso a los protocolos de comunicación de su CAN-BUS, lo que dificulta la acción de la máquina sobre el tractor, aunque no la del tractor sobre la máquina.

New Holland NH₂, tractor alimentado por hidrógeno.



Muchos visitantes se sentaron a los mandos de los Massey Ferguson.

Utilización de combustibles y fluidos alternativos en motores, transmisiones e hidráulicos

La utilización de combustibles renovables es necesaria para el futuro de la humanidad. La utilización directa del aceite de colza en motores diesel introducida por Deutz AG ha sido la primera solución práctica para el uso de aceites vegetales en motores diesel modernos. El empleo de un doble depósito y el cambio progresivo de gasóleo a aceite en función de la temperatura del motor y su nivel de carga lo han hecho posible.

Las mezclas del gasóleo con biodiesel, se estaban generalizando en Europa, aunque han sufrido un fuerte retroceso como consecuencia de:

- La introducción de impuestos sobre los biocombustibles.
- La bajada del precio del petróleo en los mercados internacionales.
- La modificación de las prioridades políticas como consecuencia de las bajas reservas mundiales de cereales en el 2008.

La tendencia actual es orientar la política a favor de una segunda generación de combustibles líquidos obtenidos a partir de la biomasa. Estos biocombustibles ayudarían a reducir las emisiones, aunque los costes de producción son todavía demasiado altos, pe-

ro pueden llegar a ser competitivos en la próxima década.

Por otra parte, la utilización de 'células de combustible' con hidrógeno se plantea a muy largo plazo, siguiendo los desarrollos de la industria del automóvil, en las que este sistema de propulsión no se espera que se introduzca en países como Alemania hasta el 2015. Aunque mejorarían la eficiencia, llevando a cero las emisiones de gases y sonoras, y incorporarían las transmisiones CVT eléctricas, todavía hay que resolver problemas importantes, como costes altos y durabilidad escasa. En la información de marketing que se ha utilizado para presentar el prototipo se indica que el hidrógeno se produciría la propia explotación agraria, pero hay gran dificultad para almacenar el hidrógeno, purificarlo y comprimirlo para colocarlo sobre el tractor.

Asimismo, se buscan sustitutos a los fluidos hidráulicos derivados del petróleo, con productos biodegradables y que no reduzcan las prestaciones de los fluidos convencionales, mejorando incluso la estabilidad de la viscosidad con relación a los cambios de temperatura. Se tiende a usar los fluidos activos para detectar el 'estado' de determinados componentes y a desarrollar de sensores que puedan recoger estas características.

Protección ambiental



Los objetivos principales relacionados con los tractores en este ámbito se refieren a la reducción de las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero en los escapes, y el daño que provoca el tránsito de vehículos sobre el suelo. Para reducir la emisión de CO₂ se necesita bajar el consumo de combustible, haciendo óptima la combustión, aunque la emisión de algunos gases como los NO_x van asociados a los motores más eficientes,

La reducción de las emisiones de los motores para ajustarse a la normativa establecida en las áreas geográficas más desarrolladas ha sido uno de los puntos críticos que han tenido que superar los fabricantes en la última década. Las limitaciones establecidas en las primeras fases del control han podido superarse con la tecnología disponible, pero las etapas sucesivas exigen transformaciones importantes de los motores e incluir componentes adicionales a los que hay que buscarle espacio en el tractor, y que tiene un coste elevado y durabilidad limitada. Así, después de las 4 válvulas por cilindro, los sistemas de inyección con presiones que se aproximan a los 2000 bar, los turbos de geometría variables, y los sistemas de reducción catalítica selectiva (SCR) con inyección de urea en el escape para reducir los NO_x, habrá que contar también con los filtros de partículas, siguiendo la línea que se está implantando en los automóviles y camiones.

El aumento del consumo de combustible que se deriva de las limitaciones impuestas a las emisiones del escape hay que tenerlos en cuenta. Por otra parte, al introducir la reducción catalítica selectiva (SCR) con inyección de urea, el volumen del motor aumenta de manera sensible.

Asimismo, para evitar los derrames de fluidos hidráulicos en el enganche y desenganche de los aperos, se han incluido pequeños depósitos que retienen el aceite



 **LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE LOS MOTORES PARA AJUSTARSE A LA NORMATIVA ESTABLECIDA EN LAS ÁREAS GEOGRÁFICAS MÁS DESARROLLADAS HA SIDO UNO DE LOS PUNTOS CRÍTICOS QUE HAN TENIDO QUE SUPERAR LOS FABRICANTES** 

que gotea cuando se procede a la conexión/desconexión de las tomas hidráulicas. Esto va unido al empleo de aceites biodegradables, aunque son más caros que los convencionales. Los aceites sintéticos degradables mejoran la estabilidad química. En general los usuarios prefieren los aceites 'universales'

para simplificar el almacenamiento y los cambios de aceite.

También los metales pesados, como el mercurio, el cadmio o el cromo, están prohibidos en la UE para los automóviles, aunque todavía esto no afecta a los tractores, aunque habrá que tomarlo en consideración para los conjuntos estandarizados y la tornillería.

Otro aspecto muy importante que afecta a los tractores es el que se deriva de la compactación del suelo agrícola durante su trabajo, ya que la reducción de la porosidad del suelo bajo las ruedas dificulta el desarrollo radicular afectando a la producción de los cultivos. La potencia de los tractores se puede vincular a su volumen, que aumenta con el cubo de una longitud, mientras que la superficie de apoyo lo hace según el cuadrado de esta misma longitud, lo que obliga a aumentar el tamaño de los neumáticos en todos los ejes si se desea que la presión sobre el suelo se mantenga en límites aceptables para el estado físico en el que se encuentra el suelo.

Para reducir la compactación se necesita minimizar la presión sobre el suelo bajando la carga sobre las ruedas, aumentando las dimensiones del neumático y reduciendo la presión de inflado. El contenido de humedad del suelo es esencial en lo que se refiere a

JCB es una marca de tractores muy reconocida en importantes mercados europeos.

la compactación. Cada vez es más frecuente el empleo de neumáticos de baja presión, para poder trabajar en campo con presiones de inflado por debajo de 0.6-0.8 bar, aunque en suelos secos son admisibles las presiones de inflado que superan 1.0 bar.

La incorporación de serie en algunos modelos de tractores de dispositivos que permiten modificar la presión de inflado en movimiento, permite ajustar esta presión en función del tipo de trabajo, bajándola en campo y aumentando para los desplazamientos por carretera, lo que mejora la eficiencia en el consumo de combustible.

Salud y seguridad del operador

La normativa impuesta desde hace años en las áreas geográficas con mayor nivel de desarrollo ha estado dirigida a minimizar los efectos sobre la salud y la seguridad de los operadores de los tractores.

Así, la introducción de los ROPS, la limitación del nivel sonoro en el puesto de conducción, las dimensiones de accesos y del propio puesto de conducción, la posición de los controles para facilitar las maniobras, la mejora del campo de visión, la utilización de asientos y otros sistemas para aislar las vibraciones de baja frecuencia que llegan al conductor, etc., son aspectos que incluyen todos los tractores modernos de cualquier nivel de potencia, aunque



Los tractores Lindner son de origen austriaco.

estas mejoras no se aplican en muchos países en desarrollo.

Uno de los aspectos más críticos es la reducción del nivel sonoro en el puesto de conducción para tractores especiales que no utilizan cabina cerrada; en estos casos, hay que reducir el ruido en su fuente, a través de motores con poco ruido: más cilindros, combustión controlada, etc., lo que incrementa los costes de fabricación. En los tractores de alta gama se reducen los niveles sonoros en el puesto de conducción por debajo del que se encuentran en una gran mayoría de automóviles.

La progresiva generalización de la suspensión primaria en el eje delantero y en la cabina en los tractores de gama alta, ayuda a mejorar el confort en el puesto de con-

ducción así como la estabilidad de marcha en campo y en carretera.

Los mercados en los que se demanda alta tecnología, ofrecen un mayor potencial para las mejoras en el diseño relacionadas con la seguridad y la salud de los operadores, con mejoras de los sistemas de comunicación con la máquina y el empleo de la electrónica para automatizar acciones relacionadas con la seguridad.

En resumen, la sostenibilidad relacionada con el tractor es un aspecto importante en los países con mayor nivel de desarrollo. Como muchas de las mejoras producen un encarecimiento del producto, la introducción de las mismas va unida a la reglamentación, aunque posteriormente sean aceptadas por los usuarios. ■

El último vehículo incorporado a la gama de Deutz-Fahr.



FE DE ERRATAS

En el número de Diciembre de 2009, en la página 57 al referirnos al control de la presión de las macroempacadoras New Holland BB9000 se dice: "...y un sistema para el pesado automático de las pacas con una precisión del 2%", cuando lo correcto es: "...y un sistema para el pesado automático de las pacas con una precisión con error máximo del 2%".
Disculpas por el error, que también lo pueden encontrar en el catálogo de New Holland del que se ha tomado la información.