

EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE LOS TRACTORES

EL SISTEMA HIDRÁULICO, LOS NEUMÁTICOS Y OTROS ELEMENTOS AUXILIARES (PARTE 2)

En la primera parte de esta serie de artículos dedicada a la valoración energética de los diferentes elementos de los tractores se pasó revista a motores y transmisiones. Ahora se continúa con otros elementos que resultan más difícilmente cuantificables de manera genérica y que en apariencia no son tan importantes desde la perspectiva energética, lo que sin embargo no es cierto, especialmente en lo que se refiere a los neumáticos.



LUIS MÁRQUEZ

■ Sistema hidráulico

La utilización de sistemas hidráulicos de centro abierto o de centro cerrado condicionan la velocidad de respuesta en el control de aperos y en el accionamiento de las máquinas. La información disponible a partir de los ensayos OCDE se refiere a la potencia hidráulica y presión nominal del fluido hidráulico y a la capacidad de elevación en el enganche tripuntal. Ade-

más, un sistema de centro cerrado con bomba de caudal variable reduce el consumo de energía cuando trabaja en vacío.

La respuesta del enganche tripuntal con respecto a las variaciones de carga (control de carga) permite mejorar la eficiencia y reducir el deslizamiento del tractor trabajando en campo. No hay ningún tipo de ensayo de laboratorio para verificar el comportamiento de los diferentes sistemas que llegan al mercado. En suelos uniformes esta capacidad de ajuste es menos impor-

tante que en aquellos en que la resistencia específica cambia de manera brusca. Puede actuar de manera automática en combinación con la selección de las relaciones del cambio, en función de los niveles de automatización de éste.

Durante los ensayos en toma de fuerza, o de tracción en pista, el sistema hidráulico del tractor se sitúa en condiciones de 'mínimo', por lo que no se dispone de información que permita valorar el sistema hidráulico en una caracterización energética del tractor.

Si intentamos, al igual que se hizo con los motores y transmisiones, hacer una valoración, desde una perspectiva energética, sobre el usuario de tipo medio que necesita un tractor polivalente, se podría utilizar la siguiente:

| Hidráulico | Puntuación |
|---|------------|
| Centro cerrado - bomba caudal variable | 3 |
| Centro cerrado - bomba caudal constante | 2 |
| Centro abierto | 1 |

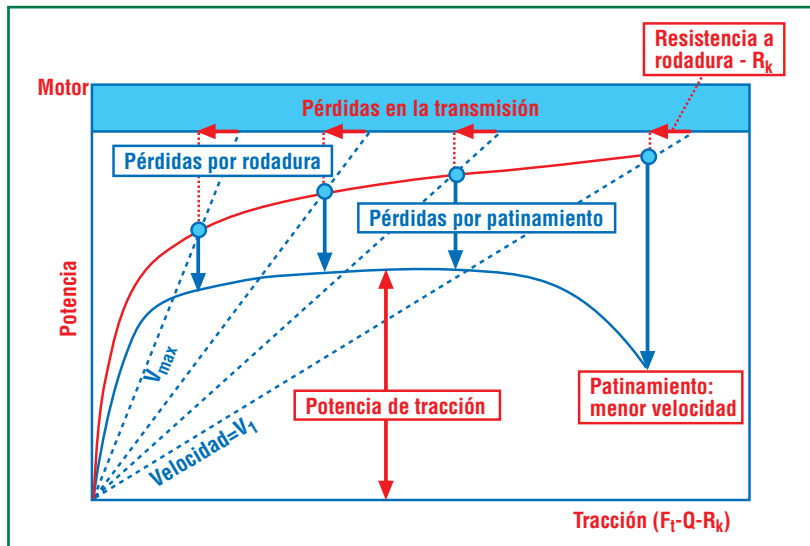
En esta clasificación no se están considerando dos aspectos que pueden ser muy importantes, ya que afectan a la productividad: el caudal máximo del sistema, normalmente sobre la base de una presión de trabajo entre 180 y 200 bar, y la capacidad de elevación en el enganche tripuntal posterior, que permite elevar con rapidez aperos pesados en los cabecero de las parcelas. En consecuencia, el usuario también deberá tenerlos en cuenta en el momento de elegir el tractor que le conviene a su explotación.

Neumáticos y lastre

La masa del tractor está condicionada por el esfuerzo de tracción que tiene que realizar, por lo que el lastrado es una práctica habitual. Cuando la masa del tractor se reduce, aumenta el deslizamiento, con el consiguiente incremento del consumo de combustible. Si se aumenta la masa también lo hace la resistencia a la rodadura.

En cada caso hay que buscar una situación de compromiso en la que también intervienen los neumáticos inflados, no a la presión nominal, sino para lo que admite el tipo de suelo sobre el que se trabaja (1.2 a 0.8 bar como presión de referencia para las ruedas del eje trasero). Esto obliga a contar siempre con lastres amovibles.

FIGURA 1.- VARIACIÓN DE LA EFICIENCIA EN FUNCIÓN DEL ESFUERZO DE TRACCIÓN, EN UNAS CONDICIONES DE LASTRADO



La condición de máxima eficiencia se consigue cuando las pérdidas de potencia por rodadura y patinamiento se hacen aproximadamente iguales (Figura 1).

Se puede establecer una relación entre la masa del tractor y el esfuerzo que se realiza, que a su vez depende de la potencia utilizada y de la velocidad de trabajo. En la Figura 2 se presentan las masas necesarias calculadas para

tractores de simple y doble tracción trabajando en rastrojo con un coeficiente de adherencia de 0.6.

Así, en un tractor de doble tracción con 100 CV de potencia, habría que contar con una masa total de 6 750 kg (velocidad de 4.5 km/h). Si trabaja a mayor velocidad habría que reducir el lastre; en el caso contrario aumentarlo, si los neumáticos y el suelo lo admiten.

FIGURA 2.- MASA RECOMENDADA PARA UN TRACTOR DE DOBLE TRACCIÓN EN FUNCIÓN DE LA POTENCIA DEL MOTOR UTILIZADA, SOBRE SUELO DE RASTROJO

| Velocidad | 4.5 km/h | | 6.5 km/h | | 8.5 km/h | |
|-----------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| | 2 RM | 2+2 RM | 2 RM | 2+2 RM | 2 RM | 2+2 RM |
| Coef.TR | 0.85 | 1.00 | 0.85 | 1.00 | 0.85 | 1.00 |
| Potencia | | | | | | |
| CV | | | | | | |
| 50 | 3 971 | 3 375 | 2 749 | 2 337 | 2 102 | 1 787 |
| 60 | 4 765 | 4 050 | 3 299 | 2 804 | 2 522 | 2 144 |
| 70 | 5 559 | 4 725 | 3 848 | 3 271 | 2 943 | 2 501 |
| 80 | 6 353 | 5 400 | 4 398 | 3 738 | 3 363 | 2 859 |
| 90 | 7 147 | 6 075 | 4 948 | 4 206 | 3 784 | 3 216 |
| 100 | 7 941 | 6 750 | 5 498 | 4 673 | 4 204 | 3 574 |
| 110 | | 7 425 | 6 048 | 5 140 | 4 625 | 3 931 |
| 120 | | 8 100 | 6 597 | 5 608 | 5 045 | 4 288 |
| 130 | | 8 775 | 7 147 | 6 075 | 5 465 | 4 646 |
| 140 | | 9 450 | 7 697 | 6 542 | 5 886 | 5 003 |
| 150 | | 10 125 | | 7 010 | 6 306 | 5 360 |
| 160 | | 10 800 | | 7 477 | 6 727 | 5 718 |
| 170 | | 11 475 | | 7 944 | 7 147 | 6 075 |
| 180 | | 12 150 | | 8 412 | 7 567 | 6 432 |
| 190 | | 12 825 | | 8 879 | 7 988 | 6 790 |
| 200 | | 13 500 | | 9 346 | | 7 147 |

Masa [kg] = potencia x edic. x 270 / (velocidad x coef._{ad} x 1.00)

La capacidad de carga de los neumáticos debería de ser:

| Neumáticos | Total (kg) | Por rueda (kg) |
|------------|--------------------------|-------------------|
| Delanteros | 6 750 x 50 / 100 = 3 375 | 3 375 / 2 = 1 688 |
| Traseros | 6 750 x 80 / 100 = 5 400 | 5 400 / 2 = 2 700 |

Sobre la base de que en las condiciones normales de trabajo, la carga total que soportan los neumáticos podría ser del 130% de la masa de referencia anteriormente calculada, con una distribución entre ejes 50/80.

La capacidad de carga de un neumático en función de la presión de inflado varía de manera lineal, por lo que puede calcularse con la expresión:

$$C_{pi} = C_{max} \times (p_i + 1) / (p_{max} + 1)$$

Siendo:

C_{pi} = carga a la presión de inflado p_i

C_{max} = carga nominal del neumático a una presión de 1.6 bar (indicada por el fabricante)

p_i = presión de inflado

p_{max} = presión nominal del neumático (normalmente 1.6 bar en los de usos agrícolas)

Aplicando este criterio para calcular la capacidad de carga real de un neumático de 3 000 kg de capacidad de carga nominal, cuando trabaja a 1.1 bar de presión de inflado, esta sería:

$$C_{1,1} = 3\,000 \times (1.1 + 1) / (1.6 + 1) = 2\,423 \text{ kg}$$

Por esta razón, si necesitamos un neumático de 2 700 kg de capacidad de carga (tractor de 100 CV del ejemplo) con una presión de inflado de 1.1 bar, la capacidad nominal del neumático elegido deberá de ser, al menos de:

$$C_{max} = C_{pi} \times (p_{max} + 1) / (p_i + 1) = 2\,700 \times (1.6 + 1) / (1.1 + 1) = 3\,343 \text{ kg}$$

El consumo de combustible en trabajos de tracción es fun-

ción de la adecuada elección de los neumáticos, consideran-

do las características de los suelos en los que trabaja el tractor, de la presión de la presión de inflado que se utiliza y del lastrado. Esto puede producir variaciones en el consumo de combustible de hasta un 40%.

Puede darse el caso de utilizar unos neumáticos anchos en suelos secos que hacen al tractor menos eficiente (mayor consumo de combustible) que si se hubiera montado un neumático de menos capacidad de carga inflado a mayor presión. Cuando los suelos están blandos sucedería lo contrario, lo cual indica que valorar energéticamente unos neumáticos de manera general es imposible, ya que depende del uso que se le esté dando al tractor.

Un ejemplo de ello, unido a la clase de tractor (simple o doble tracción) y al tipo de neumático utilizado, se presenta en la Figura 3.

En consecuencia, la valoración de los neumáticos desde una perspectiva energética debe de hacerse para cada caso particular, en función de las condiciones de trabajo.

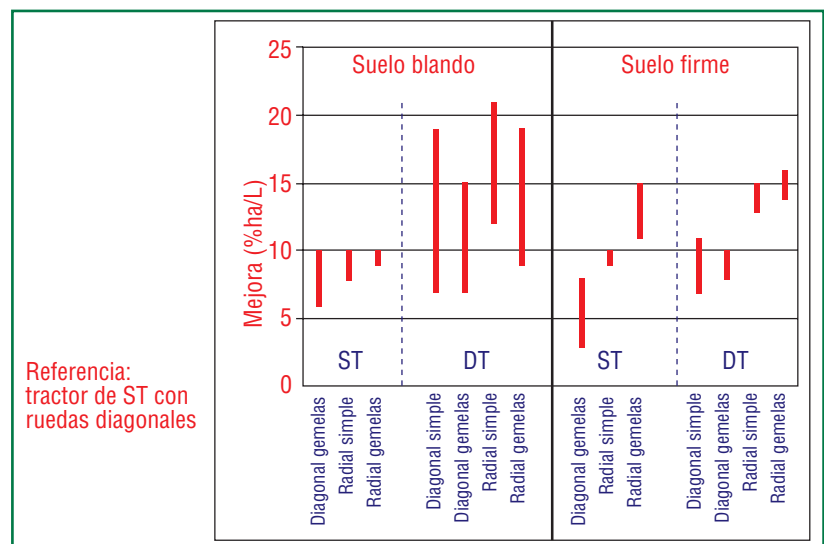
Tomando como referencia los neumáticos que ofrece un modelo de tractor en su versión 'de serie' se puede hacer una valoración para determinar si éstos son 'escasos' o 'sobredimensionados'.

Los neumáticos traseros, en tractores de doble tracción con ruedas desiguales, deben de tener una capacidad de carga, en las condiciones de trabajo, del 80% de la masa del tractor; la masa del tractor debe de ser la adecuada para minimizar las pérdidas que simultáneamente se producen por rodadura y deslizamiento.

Aplicando los valores que permiten conseguir buena eficiencia en operaciones de tracción, utilizando el 75% de la potencia del motor, a una velocidad teórica de 7.0-7.5 km/h, se aconseja, sobre la base de 1.0 bar de presión de inflado en el campo, que entre la capacidad de carga nominal del neumático (a 1.6 bar de presión) y

FIGURA 3.- INFLUENCIA DEL TIPO DE NEUMÁTICO EN LAS PRESTACIONES DEL TRACTOR. MEJORA VALORADA EN FUNCIÓN DEL INCREMENTO DE SUPERFICIE LABRADA POR LITRO DE COMBUSTIBLE

(Fuente: DEERE&CO. mod.)





la potencia nominal se obtenga un valor próximo a 21. (Ver **agrotécnica** de Agosto de 2006: *Valorar un tractor por sus neumáticos*).

Un valor superior indica que los neumáticos están sobredimensionados, lo que permite trabajar con baja presión de inflado (0.8 bar) reduciendo la compactación de suelo y el consumo de combustible. Un valor más bajo indica que se trata de un tractor menos adecuado para operaciones de tracción en campo (más apropiado para trabajar con la toma de fuerza).

En consecuencia se recomienda la siguiente valoración genérica:

| Neumáticos | Puntuación |
|---|------------|
| Sobredimensionado - Relación > 22 [kg/CV] | 3 |
| Relación - 20 a 22 [kg/CV] | 2 |
| Escaso - Relación < 20 [kg/CV] | 1 |

Nota

Capacidad de carga en neumático trasero (1.6 bar) / Potencia nominal (Directiva 97/68/CE).

Otros factores que afectarían a la eficiencia energética

En general, los tractores de doble tracción serían más eficientes energéticamente que los tractores de simple tracción, salvo cuando se trabaja en operaciones ligeras, o de transporte a velocidades de más de 12-15

km/h, condiciones en las que sucedería lo contrario, por lo que esta valoración energética depende del usuario.

También habría que tener en cuenta el bloqueo del diferencial y sus automatismos, así como los sistemas de conexión y desconexión automática de la doble tracción, que pueden mejorar la eficiencia energética, pero que





son muy difícilmente cuantificables de manera genérica (sin tener en cuenta suelo y trabajo).

Entre las opciones que mejoran la eficiencia energética cabe incluir:

- El eje delantero suspendido, ya que permite reducir el deslizamiento en campo y con ello bajar el consumo de combustible.
- La enganche frontal, ya que permite realizar operaciones combinadas, mejorando el aprovechamiento de la potencia del motor y reduciendo su consumo de combustible.
- La gestión electrónica en cabezcos, ya que reduce los tiempos para las vueltas en los cabezcos con la consiguiente reducción del consumo y aumento de la capacidad de trabajo.
- La toma de fuerza normal y económica, que permite trabajar a la velocidad normalizada de la toma de fuerza con un régimen del motor en el que el consumo de combustible es óptimo.

Cada usuario, en función del tipo de trabajo que asigne a su tractor, debe de valorar cada una de estas opciones

■ Conclusiones

No se dispone de información relacionada con la eficiencia energética global del tractor, de manera similar a como sucede en el automóvil, ya que en éstos

las medidas de consumo engloban, en tres situaciones diferentes (autopista, carretera y ciudad), la influencia del motor, de la transmisión, de las ruedas, de la masa del vehículo y de su coeficiente aerodinámico, y esto en el tractor no es posible.

DEBEN SER LOS PROPIOS USUARIOS LOS QUE VALOREN LO QUE OFRECEN LOS DIFERENTES MODELOS DE TRACTORES QUE LLEGAN AL MERCADO PARA SU SITUACIÓN PARTICULAR

La única información relativa a los tractores que resulta, en apariencia, aprovechable para una clasificación energética es la relativa a las curvas de isoconsumo, o, en alternativa, el consumo medido en 6 puntos característicos (Código OCDE), aunque no es suficientemente objetiva, ya que:

- Penaliza, o no valora, a los tractores con cajas de cambio más complejas, que son las más eficientes en campo.
- No tiene en cuenta el tipo de neumático que se ofrece en el

modelo considerado, y su posibilidad de admitir lastre complementario cuando se infla a la presión que conviene en el trabajo de campo. Esto puede dar lugar a variaciones en los consumos específicos de combustible muy superiores a las diferencias entre modelos medidas en las condiciones de ensayo a la toma de fuerza.

- Los ensayos para determinar el consumo en los 6 puntos hay que hacerlos en un laboratorio que pueda garantizar las condiciones atmosféricas de referencia (100 kPa y 25°C), lo que limita las posibilidades de comparar entre sí los resultados obtenidos en diferentes laboratorios
- La información sobre consumos específicos es difícil de relacionar con la potencia 'nominal' del tractor, como consecuencia de lo que está ofreciendo el sector industrial en los motores de los tractores (potencia constante, potencia extra, gestión de potencia, etc.). Todo ello sirve para mejorar la eficiencia del tractor trabajando en campo.

En consecuencia, resulta imposible una caracterización energética de los tractores sencilla y objetiva, ya que los ensayos de laboratorio disponibles no son suficientes, y aumentarlos para hacerla posible harían que los costes de puesta en el mercado de los productos superaran lo que estarían dispuestos a pagar los usuarios para la información del producto que suministran, dadas las cortas series de fabricación de los tractores agrícolas, y deben ser los propios usuarios los que valoren lo que ofrecen los diferentes modelos de tractores que llegan al mercado para su situación particular, entendiéndose que la máxima eficiencia y el menor consumo los conseguirán con una buena compatibilidad del tractor con los aperos que utiliza en su explotación. ■