



VALORAR UN TRACTOR POR SUS NEUMÁTICOS

Si se analizan con detenimiento las características esenciales de los tractores que compiten en un segmento de potencia, se puede observar que además de tener motores similares, los neumáticos también ofrecen un gran parecido. Esto indica que los neumáticos pueden ser tan importantes como el propio motor, ya que la potencia de tracción que se puede desarrollar con el tractor depende en gran medida del conjunto rueda/suelo.

Estamos acostumbrados a escuchar, en alta competición automovilista, que el acierto en la elección de los neumáticos puede hacer ganar una carrera. Las condiciones de temperatura y las características de las pistas afectan al comportamiento de los

neumáticos, y a las prestaciones del vehículo. Sin embargo, en los tractores, a los neumáticos se les da una importancia secundaria, como si fueran algo accesorio, aunque la variabilidad del suelo sobre el que trabaja es mucho mayor que el de una pista de carreras.

El adecuado dimensionamiento de los neumáticos puede tener una importancia decisiva, ya que unos neumáticos 'pequeños' impiden convertir la potencia del motor en potencia de tracción, especialmente en operaciones lentas que demandan un elevado esfuerzo de tiro, aun-



que también actúan como dispositivo de seguridad que permite proteger las transmisiones cuando el motor del tractor les suministra un par más elevado del que éstas pueden soportar, sobre todo en la parte final del recorrido del motor a las ruedas.

Tampoco la utilización de neumáticos demasiado grandes es una buena solución, ya que la superficie de apoyo del neumático es una consecuencia de la carga sobre la rueda y la presión de inflado, o lo que es lo mismo, la superficie de apoyo es menor, ya que una parte de la banda de rodadura no toca el suelo.

En diferentes ocasiones, desde las páginas de **agrotécnica**, se han definido los criterios que deben de utilizarse para dimensionar los neumáticos de un tractor agrícola. Ahora se hace desde un punto de vista diferente, con el objetivo de conocer, a partir de 'familias' de neumáticos, las potencias de los tractores que los pueden utilizar, sobre la base que la potencia disponible en el motor se quiera utilizar como potencia de tracción.

Los fundamentos

La capacidad de carga de los neumáticos

La capacidad de carga de un neumático está relacionada con sus dimensiones y con la presión de inflado. En el marca-

do de un neumático, además del que permite conocer sus dimensiones principales, como la anchura del balón y el diámetro de la llanta, aparece una indicación sobre la capacidad de carga, utilizándose un índice (IC) conocido como 'índice de carga'.

Este índice se ha normalizado y se ha fijado a partir de las capacidades de carga acordadas por diferentes instituciones de normalización mediante escalones que aumentan con la capacidad de carga. La relación entre la carga que puede soportar el neumático y el índice correspondiente se presenta en la Figura 1.

Estos valores de capacidad de carga corresponden a la rueda inflada a una presión de refe-

rencia de 1.6 bar, que es la que se ha establecido para los neumáticos de uso agrícola, por entenderse que es un valor límite para las ruedas que han de trabajar en el campo. También se relaciona con la velocidad máxima admitida, que se toma generalmente como 40 km/h (marcado de velocidad A8).

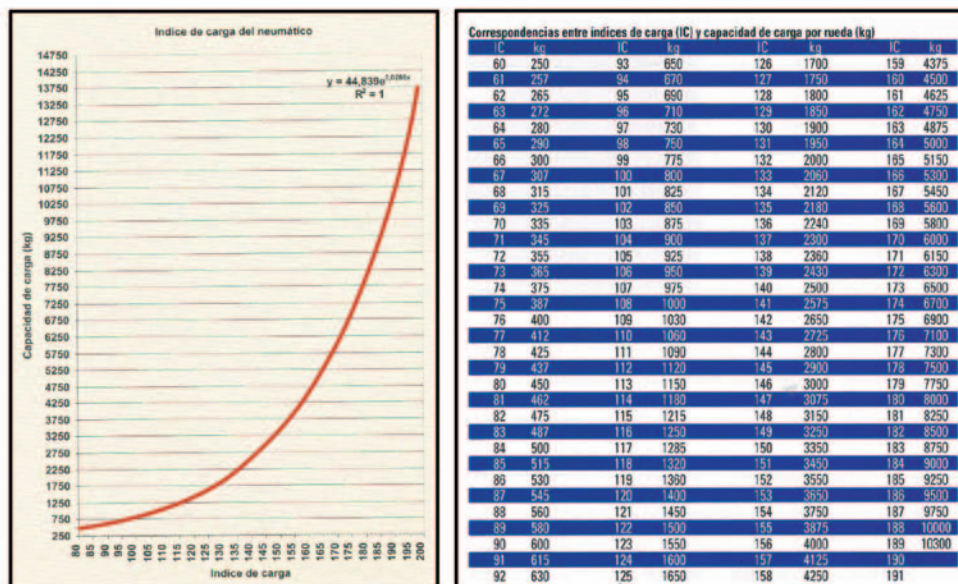
Sin embargo, al trabajar en un suelo agrícola conviene reducir la presión de inflado, limitando así la compactación del suelo; También, una rueda a menor presión de inflado que la de referencia reduce su capacidad de carga.

Si establecemos como presión adecuada para trabajar en el suelo agrícola la de 1.0 bar, la capacidad de carga del neumático se reduce, pudiendo utilizarse, en este caso un factor, de 0.77, por lo que un neumático con 3 000 de capacidad de carga nominal (IC = 146) a 1.0 bar de presión solo debería de soportar $3\ 000 \times 0.77 = 2\ 310$ kg.

Carga del tractor sobre las ruedas traseras

Se estima que un tractor de doble tracción con ruedas desiguales (tipo 2+2 RM) debe de disponer de unos neumáticos con una capacidad de carga igual

FIGURA 1.- ÍNDICES DE CARGA DE LOS NEUMÁTICOS DE USO AGRÍCOLA





al 130% de la masa necesaria para poder convertir un determinado porcentaje de la potencia de su motor en potencia de tracción, para las velocidades de trabajo habituales de las operaciones agrícolas.

De esta masa total, el 80% estaría sobre las ruedas del eje trasero y el 50% sobre las del eje delantero.

En consecuencia, contando con dos ruedas traseras de 3 000 kg de capacidad de carga nominal, que se convierten en 2 310 kg a una presión de inflado de 1.0 bar, la masa del tractor que monte estas ruedas en el eje trasero podría ser:

$$2\ 310 \times 2 / 0.8 = 5\ 775 \text{ kg}$$

Potencia de tracción

Suponiendo que se ha lastrado el tractor hasta conseguir esta masa, bien mediante contrapesos o mediante las fuerzas

que pueden transferir los aperos durante el trabajo, la fuerza de tracción que puede proporcionar el tractor en un suelo agrícola con 0.6 de coeficiente de adherencia (al tratarse de un tractor de doble tracción) será:

$$5\ 775 \times 0.6 = 3\ 465 \text{ kg}$$

Dado que potencia de tracción es igual a la fuerza por la velocidad real de avance, la potencia de tracción será:

$$N \text{ [CV]} = 3\ 465 \text{ [kg]} \times \text{velocidad [km/h]} / 270$$

Siendo 270 el factor para relacionar estas magnitudes utilizando las unidades de medida señaladas.

Si consideramos como velocidad de referencia, para trabajos agrícolas en los que la demanda de potencia de tracción es eleva-

da, la de 6.5 km/h (velocidad real), la potencia de tracción del tractor deberá de ser:

$$N \text{ [CV]} = 3\ 465 \text{ [kg]} \times 6.5 \text{ [km/h]} / 270 = 83 \text{ CV}$$

Potencia en el motor

Para que un tractor con los neumáticos indicados, lastrado de acuerdo con las posibilidades de los mismos y trabajando en las condiciones anteriormente fijadas, pueda suministrar esta potencia neta en tracción, necesita una potencia de motor algo mayor.

Suponiendo que se trabaja e un suelo de rastreo, con un patinamiento entre el 9 y el 12%, la eficiencia en tracción, considerada como relación entre la potencia de tracción y la potencia del motor puede ser del 73%, por lo que, para el ejemplo del apartado anterior, con una potencia de tiro de 83 CV se necesitaría, al menos, $83/0.73 = 114 \text{ CV}$ potencia de motor.

Sin embargo, no es conveniente que el motor del tractor trabaje de manera continua a su potencia máxima, por lo que conviene mayoral el valor calculado de manera que sea el 75-80% de la potencia máxima disponible. De esta manera se aprovecha la inversión realizada, a la vez que se mantiene bajo el consumo de combustible. En consecuencia, estos neumáticos serían apropiados para un tractor entre 140 y 150 CV de potencia en el motor.



Aplicación a neumáticos radiales de serie normal

A partir de la información disponible en el manual de neumáticos de ERTRO (*European Tyre and Rim Technical Organisation*) se han seleccionado los neumáticos radiales de serie normal con radio índice entre 600 y 925 mm, lo que se corresponde con circunferencias de rodadura teóricas (a efectos de cálculo de la velocidad máxima de circulación) entre 3 770 y 5 812 mm.

Se han analizado de manera separada, agrupándolos por la sección del neumático, de manera que el índice de carga correspondiente (manual ERTRO con presión de inflado de 1.6 bar) irá aumentando a medida que lo hace el diámetro de la llanta.

Aplicando la metodología anteriormente desarrollada se llega a calcular la masa adecuada para el tractor (en trabajos de tracción que demandan elevada potencia a velocidad real de 6.5 km/h) que monta dichos neumáticos traseros, y los valores de potencia de tracción y potencia mínima del motor que lo hace posible.

En la Tabla 1 se presentan los valores calculados, que se representan gráficamente en la figura anexa a la tabla, para las distintas secciones de neumático y con cada dimensión de llanta en pulgadas, según aparece en el marcado del neumático radial de serie normal.

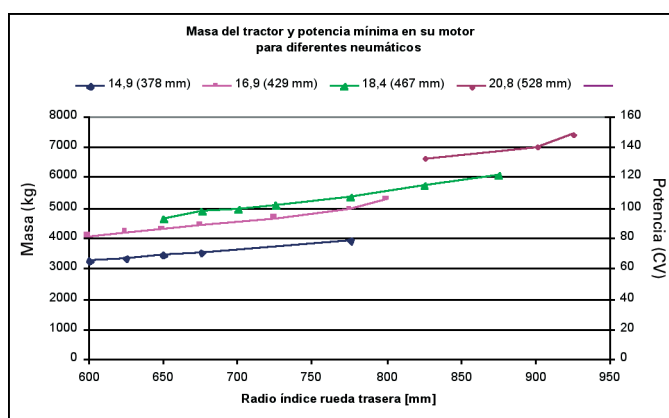
TABLA 1.- MASA DEL TRACTOR Y POTENCIA MÍNIMA DE SU MOTOR EN FUNCIÓN DE LAS DIMENSIONES DE SUS NEUMÁTICOS TRASEROS (RADIALES SERIE NORMAL)

HIPÓTESIS:

PRESIÓN DE INFLADO DE 1.0 BAR / COEFICIENTE REDUCTOR 0.77. CARGA DE REFERENCIA SOBRE EL EJE TRASERO: 0.8 DE LA MASA DEL TRACTOR. COEFICIENTE DE ADHERENCIA: 0.6. VELOCIDAD REAL: 6.5 km/h. EFICIENCIA EN TRACCIÓN: 0.73 (DESPLAZAMIENTO: 9 - 12%)

Radio Índice	14,9 (378 mm)						16,9 (429 mm)					
	Llanta	IC 1,6 bar	Rueda [kg]	Masa [kg]	Pot_Tr [CV]	Pot_min [CV]	Llanta	IC 1,6 bar	Rueda [kg]	Masa [kg]	Pot_Tr [CV]	Pot_min [CV]
600	R24	126	1700	3273	47	65						
625	R26	127	1750	3369	49	67	R24	134	2120	4081	59	81
650	R28	128	1800	3465	50	69	R26	135	2180	4197	61	83
675	R30	129	1850	3561	51	70	R28	136	2240	4312	62	85
700							R30	137	2300	4428	64	88
725												
750							R34	139	2430	4678	68	93
775	R38	133	2060	3966	57	78						
800							R38	141	2575	4957	72	98
825							R42	143	2745	5284	76	105
850												
875												
900												
925												
950												

Radio Índice	18,4 (467 mm)						20,8 (528 mm)					
	Llanta	IC 1,6 bar	Rueda [kg]	Masa [kg]	Pot_Tr [CV]	Pot_min [CV]	Llanta	IC 1,6 bar	Rueda [kg]	Masa [kg]	Pot_Tr [CV]	Pot_min [CV]
600												
625												
650	R24	139	2430	4678	68	93						
675	R26	140	2550	4909	71	97						
700	R28	141	2575	4957	72	98						
725	R30	142	2650	5101	74	101						
750												
775	R34	144	2800	5390	78	107						
800												
825	R38	146	3000	5775	83	114	R34	151	3450	6641	96	131
850												
875	R42	148	3150	6064	88	120						
900							R38	153	3650	7026	101	139
925							R42	155	3875	7459	108	148
950												



Los valores de potencia mínima indicados hay que mejorarlos, como ya se ha indicado, incrementándolos en un 20-25%, pero no más, si se quiere aprovechar adecuadamente la potencia que se compra manteniendo un bajo consumo de combustible.

Por otra parte, conviene revisar el marcado de los neumáticos delanteros, de manera que el índice de carga correspondiente admita al menos el 50% de la masa de referencia calculada para el tractor. En ellos puede admitirse una presión de inflado de 1.6 bar, por lo que no sería necesario aplicar un factor de corrección.

El modelo de cálculo utilizado, que queda reflejado en la Tabla 1 permite llegar a una recomendación de tipo práctico: dividiendo por 36 la capacidad de carga nominal de un neumático trasero para un tractor de doble tracción con ruedas desiguales, se conoce la potencia de tracción (expresada en CV) que podría desarrollar el tractor que las lleva, sobre la base de trabajar a 1.0 bar de presión de inflado y con el adecuado equilibrio del lastre. Para ello, la potencia en CV que se aconseja en el motor puede calcularse dividiendo la capacidad de carga por 21. Esto significa disponer un motor que supere en un 20% la potencia mínima necesaria para trabajar en las condiciones establecidas.

Aplicación a neumáticos con marcado métrico

Cada vez es más frecuente que el mercado de los neumáti-



cos se realice de una forma diferente, cambiando el primer término (anchura de balón en pulgadas) por dos cifras, la primera de las cuales es la anchura del balón en milímetros y la segunda la relación entre la altura y la anchura del perfil.

Así, un marcado 600/65R38 indicaría que se trata de un neumático de construcción radial, con 600 mm de anchura del balón y una relación altura-anchura igual a 0.65 (del 65%), para una llanta de 38 pulgadas de diámetro.

Este marcado, que coexiste con el marcado en pulgadas, utiliza como anchuras de referencia valores de centenas (400, 500,...) y también otros con intervalos más pequeños, como 420, 440, 480,... en relaciones de perfil entre 50 y 95, aunque las series que incluyen más modelos son las de perfil 65, 70 y 85. Esta última incluye los modelos que más se aproximan dimensionalmente a los de marcado tradicional, ya que éstos mantienen una relación de perfil similar.

Es frecuente relacionar los neumáticos con marcado métrico con la 'baja presión'. Esto puede considerarse como válido en algunos casos, ya que se trata de modelos con una gran anchura de balón, pero la presión de inflado es la que marca la presión sobre el suelo, a la vez que se reduce la capacidad de carga; el valor mínimo de presión de inflado que se puede utilizar depende del fabricante considerado, siendo habituales las presio-

nes entre 0.5 y 0.7 bar. En cualquier caso la capacidad de carga de referencia corresponde a 1.6 bar de presión de inflado (aunque en algunos casos se utiliza como referencia la de 1.2 bar).

En consecuencia, si se considera que se van a utilizar neumáticos traseros inflados durante el trabajo a una presión de 1.0 bar, todo lo indicado para los neumáticos con marcado en pulgadas resulta válido para los de marcado métrico. Si se desea trabajar a 0.8 bar, la masa del tractor se reduce en un 10% con respecto a la calculada con presión de inflado de 1.0 bar, y por ello la potencia de tracción a 6.5 km/h de velocidad real de avance sería menor.

El valor de la potencia máxima de tracción (en CV) a 6.5 km/h en este caso se puede calcular dividiendo por 40 la capacidad de carga nominal del neumático, y la potencia del motor (en CV) dividiendo este mismo valor por 23 (en lugar de haber utilizado los valores de 36 y 21, anteriormente indicados)

Lo lógico, si se quiere trabajar con neumáticos inflados a baja presión, sobre la base del tractor con una potencia dada y calculada a partir de neumáticos convencionales, sería actuar al revés, o sea, sobre la base de un neumático con marcado normal de 3 000 kg de capacidad de carga (IC=146), se obtendrán, cuando se infla a 1.0 bar, una potencia de tracción de $3\ 000/36 = 83$ CV, con una potencia de motor recomendada de $3\ 000/21=143$ CV. Si se monta un neumático para trabajar a 0.8 bar de presión de inflado su capacidad de carga (a 1.6 bar) debería de ser de $143 \times 23 = 3\ 290$ kg, o sea IC igual a 149-150.

En uno y otro caso los neumáticos elegidos deben de tener el mismo radio índice para que no modifiquen la velocidad máxima de circulación, o, mejor, estar incluidos en el mismo grupo RCI (clasificación de los neumáticos por sus circunferencias de roda-



dura a efectos de compatibilidad (ver **agrotécnica** de julio de 2005)

■ Conclusión

En consecuencia, la potencia de tracción (en CV) que proporciona un tractor de manera eficiente se calcula, de manera bastante aproximada, dividiendo por 36 la capacidad de carga nominal (a 1.6 bar) de los neumáticos montados en las ruedas traseras.

En estas condiciones, la potencia del motor (en CV) que se necesita se calcula dividiendo por 21 este mismo valor de ca-

pacidad de carga de los neumáticos traseros. Así, se dispone en el motor de una reserva de potencia del 20% con respecto a la mínima necesaria con una adecuada eficiencia de tracción.

La masa del tractor en trabajos de tracción, sobre la base de 6.5 km/h de velocidad real debe de ser igual a la capacidad de carga del neumático trasero multiplicada por 1.925. Así, la relación peso-potencia del tractor será: $1.925 \times 21 = 40 \text{ kg/CV}$. En estas condiciones el deslizamiento se mantendrá entre el 9 y el 12%.

Si se dispone de un motor de más potencia de la que se de-

duce aplicando esta metodología, no se podrá utilizar para transformarla en potencia de tracción de manera eficiente a baja velocidad (6.5 km/h) con los neumáticos disponibles. Podría hacerlo trabajando más deprisa, si esto resulta posible (menor esfuerzo de tracción), o utilizando la toma de fuerza.

En resumen, si se quiera ahorrar combustible hay que utilizar unos neumáticos adecuados, ajustando la presión de inflado y aumentando o retirando el lastre en función del tipo de trabajo que realiza. Esto le ayudará a ganar su 'carrera' frente a los costes de producción.

En España, uno de cada cuatro vehículos circula con una presión de inflado de los neumáticos inadecuada

PRESIÓN, LA JUSTA

Un estudio efectuado por Michelin indica que en España prácticamente uno de cada cuatro vehículos circula con un nivel de bajo inflado al menos en uno de sus neumáticos, lo que les convierte en peligrosos.

Michelin ha realizado una campaña de seguridad en España y Portugal para fomentar entre los conductores el adecuado control de los neumáticos de sus vehículos. Participaron 678 vehículos en España y 114 en Portugal, lo que supone un total de 3 168 neumáticos revisados, en los que consideraron tanto la corrección de sus presiones de aire como la presencia de desgastes y de pinchazos.

Considerando que un vehículo circula en situación de peligro cuando al menos uno de sus neumáticos presenta una presión o estado de conservación que puede ser calificado como peligroso, los resultados del estudio fueron los siguientes:

- 39 muy peligrosos (falta de presión superior a 1 bar).
- 161 peligrosos (entre 0.5 y 0.9 bar menos).
- 119 temporalmente admisibles (entre 0.3 y 0.5 bar menos).
- 314 con la presión correcta (entre 0.1 y 0.3 bar de presión menos).

- 159 sobreinflados (exceso de presión).
- 7 pinchados.

Según los resultados obtenidos en esta campaña, el 25.25% de los neumáticos revisados en España estaban en una situación peligrosa al presentar un nivel de bajo inflado.

Las estadísticas obtenidas en 2006 en España, Portugal y la Unión Europea revelan que Portugal es donde se encuentra una mayor proporción de neumáticos con un nivel de bajo inflado, que los hace peligrosos o muy peligrosos (41,2%), frente al 22.56% de España, que mejora la media de la UE (34%). Ambos países (40.41% España y 35.09% Portugal) superan la media de la UE (33%) en cuanto a neumáticos correctamente inflados.

Considerando conjuntamente la totalidad de los neumáticos que presentan bajo inflado, España (37.45%) se sitúa muy por encima de Portugal (56.99%) y de la media de la UE (57%). ■

