



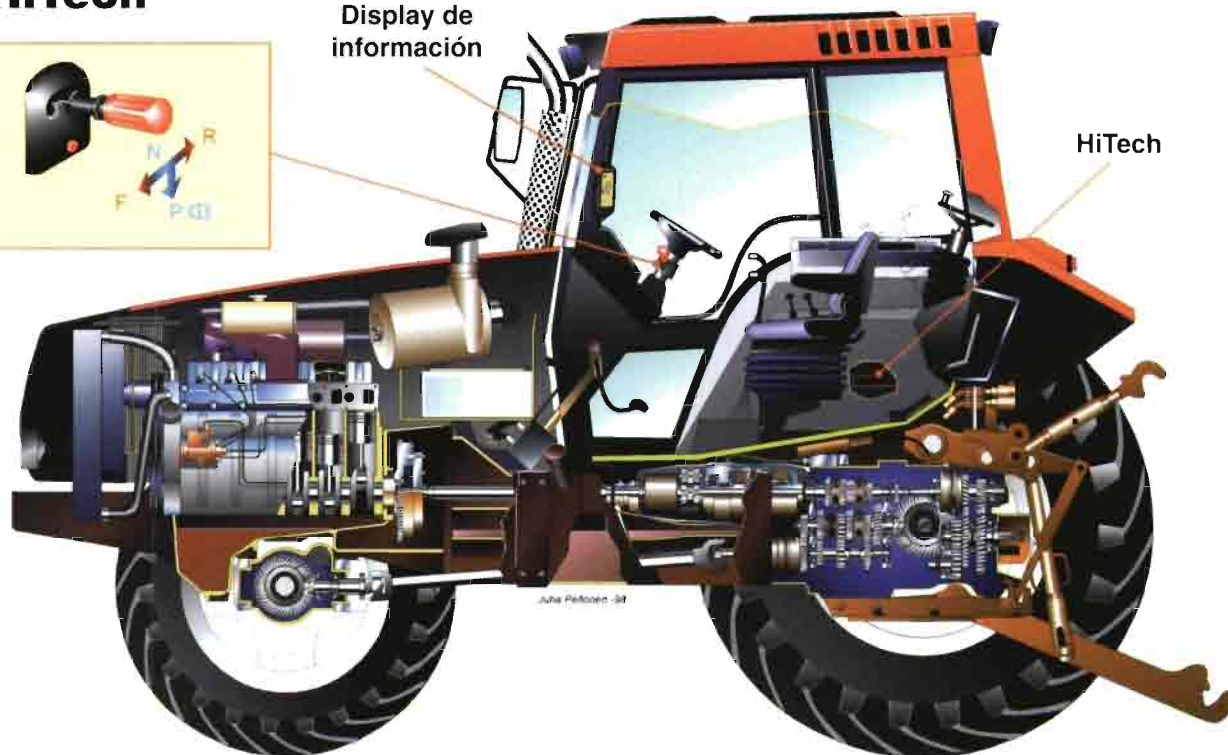
## TRANSMISIONES (I)

**HiTech**



Display de información

HiTech



# COMPRENDERLAS... ¿MISIÓN IMPOSIBLE?

Parece que vamos a necesitar algo más que de la ayuda del cine para entender las últimas transmisiones que incorporan los modernos tractores agrícolas. Sólo con la terminología nos abruma. Si hacemos un repaso a la documentación comercial nos encontramos con un batiburrillo de términos (todos en inglés, por supuesto) cuya misión es destacar uno de los componentes más importantes del tractor actual. Como siempre, las innovaciones técnicas y los términos con los que nos las presentan van más aprisa que los conceptos. Además, cuando la innovación se extiende, se aumenta el problema de la terminología, porque los distintos fabricantes tienen que buscar un término diferenciador con el de la competencia.

**P**or qué tanto lío? La pregunta resulta ingenua, ya que más bien habría que preguntarse: ¿Hay algo que no sea confuso en la maquinaria agrícola? La potencia, los ensayos, las capacidades de trabajo, los rendimientos, la reglamentación... en definitiva, la información, que debería ser clara y transparente, para servir de ayuda a la difusión y selección de la maquinaria, es confusa y de difícil interpretación. Incluso a los técnicos que trabajamos en el sector nos resulta complicado leer la documentación técnica —y no digamos la comercial—, así que los usuarios lo tienen aún peor.

¿A qué se debe esta complicación? Vayamos con los argumentos tantas veces escuchados:

- La 'letra' de los catálogos no interesa, nadie la lee, lo importante son las fotos.
- Traducciones rápidas y duplicadas con distintos términos, que incrementan la confusión.
- Para qué molestarse en explicar las cosas, si no se van a entender.
- Además, al usuario, al final, en la mayoría de los casos, sólo le interesa el precio de la máquina.

Como se dice siempre, cuando el río suena, agua lleva, es decir, que algo de verdad contiene cada argumento, pero el resultado es que se mueve mucho dinero en documentación comercial y técnica para sacarle tan poco provecho.

Lo cierto es que la mayor parte de esa documentación se hace en el extranjero, ya que en España hay muy poca fabricación de maquinaria agrícola y cuando no hay fábrica, predomina la mentalidad vendedora en empresas que, además, están muy ajustadas de plantilla como para sacar el tiempo necesario para revisar las traducciones que llegan desde las oficinas centrales.

Por otra parte, cierto es también que ya puede ser buenísimo un pro-

ducto, que si no se vende, no sirve de nada y para vender hay que recurrir a cosas que 'impacten'. ¿Se acuerdan del anuncio de coches con el *ziritione*?. Lleva el país dos años sin tener ni idea de qué es el *ziritione*, pero nos lo hemos tragado en los anuncios de la televisión y seguro que alguien incluso ha conseguido experimentar la 'sensación' que produce.

**“A medida que se reduce el régimen de giro aumenta el par transmitido”**

Eso es lógico y no se puede uno pasar de purista y pretender utilizar como argumentos de venta exclusivamente tecnicismos. Sin embargo, lo ideal sería encontrar un punto medio en el que, junto con esos necesarios argumentos de venta, se cuidaran las explicaciones técnicas que lo acompañan. Concedamos al agricultor del siglo XXI la oportunidad de leer documentación clara y precisa y ya veremos si la lee o no.

## LOS FUNDAMENTOS DE LA TRANSMISIÓN

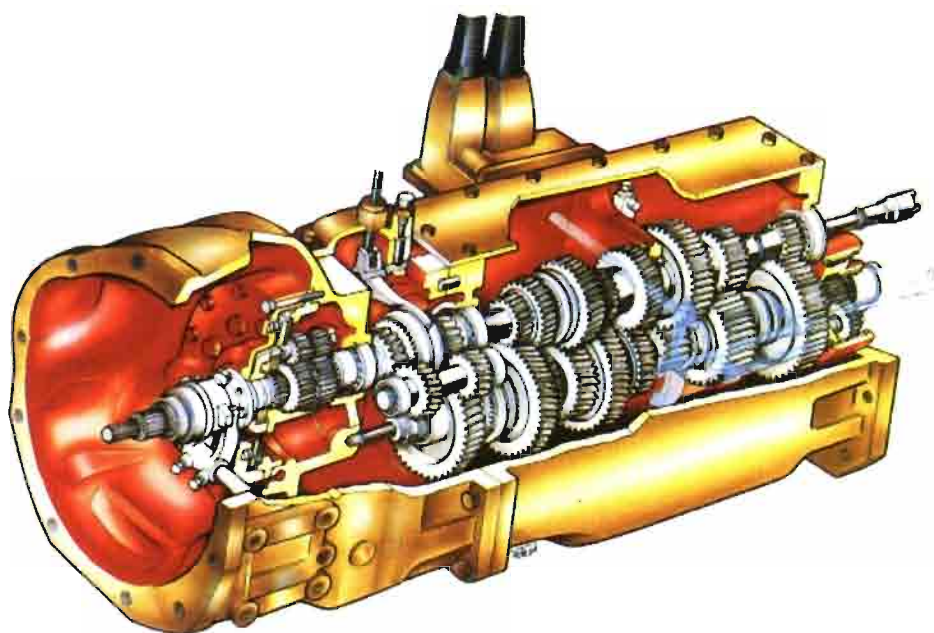
La potencia del motor –cualquiera que sea– se transmite a las ruedas motrices, para ser aprovechada como potencia de tracción y a la toma de fuerza, para accionar los mecanismos operativos de muchas máquinas agrícolas. En ese camino se encuentra con el embrague, la caja de cambios, el diferencial y las reducciones finales.

Durante mucho tiempo el embrague fue mecánico, de disco, y la caja de cambio estaba descompuesta en dos sub-cajas, una con una estructura parecida a las de automoción (con tres ejes: primario, intermediario y secundario), y la otra con dos posibilidades de selección de marcha, al estilo de los vehículos todoterreno (o más bien, que los todoterreno han copiado de los vehículos de campo por excelencia, que son los tractores).

La caja de cambios (así, en plural) permite conseguir distintas relaciones de transmisión entre el motor y las ruedas. La relación de transmisión ( $i$ ) es el cociente entre las vueltas del motor (régimen de funcionamiento) y las vueltas de la rueda. De este modo, si la relación de transmisión vale 100, esto significa que el motor da 100 vueltas cuando las ruedas dan una.

Pero tan importante como la reducción del régimen del motor es el incremento del par motor que se produce en el camino hasta las ruedas. En el ejemplo anterior, el par motor (ese que nos ofrecen formando parte de las curvas del motor) se ha multiplicado por 100 al llegar a las ruedas, convirtiéndose en la fuerza que permite al tractor arrastrar aperos apoyándose, a través de las ruedas, en el suelo.

En esa última transformación intervienen los dos componentes del sistema: la rueda y el suelo. La rueda ofrece unas dimensiones, siendo su radio el valor por el cual hay que dividir el par, que llega a su eje, para obtener la fuerza de tracción que podría desarrollar el tractor si no hubiera pérdidas en el propio sistema suelo-vehículo.



El suelo, por su parte, actúa de dos formas; por un lado, disminuye esa 'posible' fuerza de tracción al oponer una resistencia al avance de la rueda (la resistencia a la rodadura), con lo que la fuerza 'posible' se convierte en 'real': la que llamamos directamente 'fuerza de tracción'. Por otro lado, la limita a un valor que depende de dos circunstancias: el estado del suelo (dureza y contenido de humedad) y la forma en que la rueda lo cargue (el peso sobre la rueda y el área de la huella). Esta limitación tiene una consecuencia: el patinamiento, que hace que la rueda (y el tractor) se desplace a una velocidad menor que la que le correspondería por las vueltas que llegan del motor.

Se podría decir: ¿a cuento de qué viene todo esto? ¿No se iba a escribir de transmisiones? Pues sí, pero recordemos que el tractor es un todo y su concepción unitaria tiene que considerar todos los aspectos que intervienen en su trabajo. El análisis detallado de uno de los 'órganos' del cuerpo del tractor, la transmisión, no puede olvidar el funcionamiento completo de su 'cuerpo', incluido su 'cerebro' que, como veremos, también tiene algo que decir en la gestión de la transmisión, en función del resto de los parámetros que intervienen.

La transmisión es un arma más para conseguir un trabajo eficiente del tractor y no se puede olvidar ningún eslabón de la cadena apero/suelo-vehículo/transmisión/motor para conseguir esa ansiada eficiencia.

## LO QUE OFRECEN LAS TRANSMISIONES

Precisemos los conceptos con un ejemplo que se puede desarrollar a partir de la documentación comercial. En las transmisiones de los tractores modernos nos podemos encontrar, sin asustarnos lo más mínimo, con valores de relaciones de transmisión entre 17 y 3 000. Sí, no es un error tipográfico: ¡3 000!. Esto no quiere decir que tengan capacidad para soportar las sobrecargas que estos valores represen-

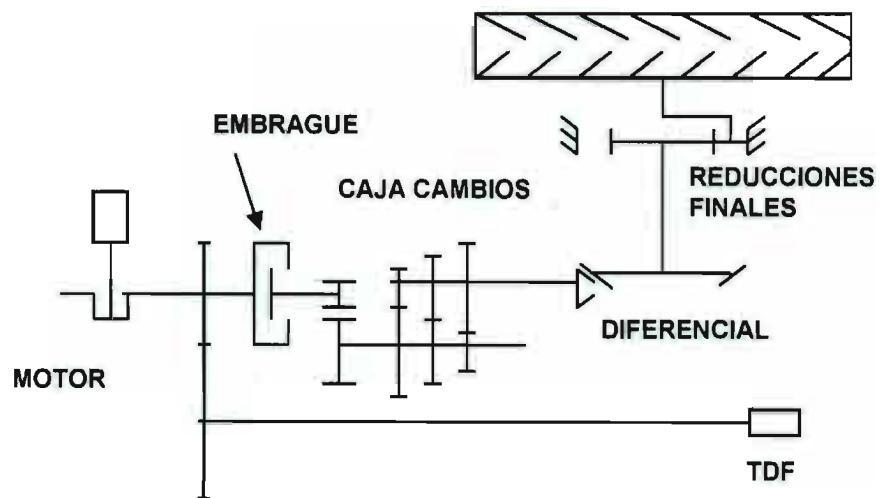


Figura 1.- Esquema general de una transmisión motor-ruedas motrices en una caja sin reductora

tan; veamos el porqué no resulta necesario.

Empecemos analizando, en primer lugar, este valor tan elevado. A nivel de velocidad no asusta tanto. Significa, como hemos dicho, que la velocidad de la rueda es 3 000 veces más lenta que la del motor. Es decir, que si el motor fuera a 2 100 vuel-

tas, eso indica un par nominal de  $[60\ 000 \times 80 / (2 \times \pi \times 2\ 300)] = 332\ \text{N m}$ .

Si consideramos que gira a 2 100 rev/min, algo más lento (menor recorrido de la palanca del acelerador) de lo que corresponde al régimen nominal, el par motor será algo diferente. Suponiendo que en estas condiciones el motor sólo ofrece 64 kW (80% de la potencia nominal), el par motor que entraría en la caja de cambios sería solamente de 291 N m  $[60\ 000 \times 64 / (2 \times \pi \times 2\ 100)]$ .

O sea, con la relación de transmisión de 3 000, nos encontramos con un par en las ruedas de 873 000 N m  $(291 \times 3\ 000 = 873\ 000\ \text{N m})$ . Como el radio de las ruedas es de 0.8 m la fuerza posible, o fuerza tangencial (sin descontar la rodadura), sería de 1 091 250 N  $(873\ 000 / 0.8 = 1\ 091\ 250\ \text{N})$ . Ya sabemos que los newtons no son los kilos. Pongamos la fuerza en kilos y tenemos 111 352 kg  $(1\ 091\ 250 / 9.8 = 111\ 352\ \text{kg})$ .

Ahora ya, visto lo que sale, es cuando salta el fusible. ¿Dónde está el fallo? Porque lo que está claro es que, por muy grande que sea la resistencia a la rodadura, la fuerza de tracción no puede ser de más de 100 000 kg. La respuesta: con esa marcha supercorta **no** es posible transmitir la potencia, ni siquiera los 64 kW; mucho menos la potencia nominal.

**“La capacidad de tracción dependerá del estado del suelo y de la carga dinámica sobre la rueda”**

tas/minuto, la rueda iría a 0.7 rev/min. Con una rueda de 0.8 m de radio, avanzaríamos a 0.23 km/h  $[(3.6 \times 2 \times \pi \times 2\ 100 \times 0.8) / (60 \times 3\ 000)]$ , como corresponde a una marcha puramente supercorta, 'creeper' o como quieran llamarla.

¿Y el par? Supongamos que el tractor tiene 80 kW de potencia a un régimen nominal de 2 300 rev/min.

De acuerdo, pero el tractor no hace cálculos. ¿Dónde está el punto débil? En el suelo, naturalmente, porque el terreno no es capaz de soportar tanta fuerza (al menos con el peso que tiene un tractor de 80 kW, aunque sería interesante calcular el peso necesario en un vehículo que quisiera aplicarle esa fuerza al suelo).

Las ruedas patinarían y la fuerza (y, consiguientemente, el par y la potencia) que se puede desarrollar en esa marcha son reducidas. Las marchas muy cortas son para eso, para ir muy despacio, porque ese tipo de desplazamiento es uno de los muchos condicionantes que tiene un vehículo tan versátil como es el tractor.

Como conclusión del ejemplo anterior se deduce que el tractor no desarrollaría toda la potencia disponible en su motor, ni el 80%, ni el 70 %, ni... ¿Es difícil decir cuánta potencia podría desarrollar en esa marcha? No; haciendo unos números, sobre la base de un tractor de doble tracción que pesa 4 000 kg y que circula sobre un suelo agrícola, que ofrece 0.1 de coeficiente de resistencia a la rodadura y de 0.6 de coeficiente de tracción, se obtiene que la fuerza tangencial máxima que

podría soportar el suelo sería sólo de 2 400 kg, a los que descontando 400 kg de resistencia a la rodadura, permitirá realizar un esfuerzo de tracción de 2 000 kg, equivalentes a 19 600 N.

Considerando, además, que hay una pérdida de velocidad de avance como consecuencia del patinamiento (un 10%) quedaría que a la velocidad

**“Con las marchas ultracortas apenas se aprovecha el 2% de la potencia disponible en el motor”**

de avance de 0.2 km/h (0.055 m/s), con los 19 600 N de esfuerzo de tracción se obtendría una potencia a la barra de un humilde kilovatio (1.36 CV)

En estas condiciones, el motor estaría suministrando solamente un par de 6.27 N m, de los 291 N m que podría suministrar como máximo al régi-

men considerado de 2 100 rev/m (el 2.15% del máximo disponible).

¿Cómo es posible? La bomba inyectora reduciría la alimentación de combustible ya que el motor trabaja prácticamente en vacío, y se limita a suministrar 1.6 kW, de los cuales 0.6 kW se han perdido por el camino.

Gracias a que el suelo actúa como ‘embrague de seguridad’, las reducciones finales no tienen que soportar esfuerzos de una magnitud tal que llevaría a dimensiones de ejes y engranajes incompatibles con el tamaño de los tractores.

En *agrotécnica* 2/1999, se encuentra descrito el procedimiento para realizar el balance de potencias en tracción y los coeficientes de tracción y de resistencia a la rodadura en diversas superficies de trabajo del tractor.

## TRABAJANDO CON UNA MARCHA LARGA

Ahora analicemos el tractor en la marcha más larga, ya que, en las marchas de transporte la situación es distinta.

Aplicando la misma metodología que con la marcha ultracorta, sobre la base de que el motor gire a 2 100 rev/min y esté seleccionada la marcha más larga, cuya relación de transmisión es de 17, la velocidad de avance del tractor será de 37 km/h (0.8 m de radio de las ruedas traseras).

Suponiendo que se desea utilizar el 80% de la potencia nominal disponible en el motor (64 kW), con un rendimiento en la transmisión del 85%, el par que llegará a las ruedas motrices será de 4 250 N m (291 x 0.85 x 17 = 4 205 N m), con una fuerza tangencial de 536 kg.

Descontando de esta fuerza tangencial la resistencia a la rodadura, que para el caso de un tractor de 4 000 kg sobre un suelo firme puede ser de unos 160 kg, quedarían 376 kg (3 678 N) como fuerza de tracción, muy por debajo de la que permite una carretera pavimentada.

Con un patinamiento del 3%, la velocidad real de avance será de 36

**CUADRO 1.- CARACTERÍSTICAS DEL TRACTOR Y DEL TERRENO SOBRE EL QUE CIRCULA**

Tractor		
Peso	kg	4 000
Neumáticos traseros	-	16,9R38
Potencia nominal	kW	80
Régimen nominal	rev/min	2 300
Relación transmisión marcha supercorta	-	3 000
Relación transmisión marcha más larga	-	17
Rendimiento transmisión motor-ruedas	%	85
Terreno y labor		
Coeficiente de tracción (suelo)		0.6
Coeficiente de resistencia a rodadura		
En campo		0,1
En pavimento		0.04
Patinaamiento		
En campo	%	10
En pavimento	%	3

km/h (10 m/s), con lo que la potencia de tracción llegará a 46.2 kW ( $3\ 678 \times 10 / 1\ 000 = 36.78$  kW).

Lo más significativo que se puede deducir de este cálculo es que se está transmitiendo sin dificultad el 80% de la potencia nominal, pero con poco esfuerzo de tracción, lo que indica que el peso del tractor sería muy superior al necesario.

Como conclusión, hay que resaltar que cada relación del cambio permite transmitir un porcentaje de la potencia del motor diferente, por lo que el dimensionamiento de los engranajes que componen la transmisión estará en función de las condiciones en las que deben de trabajar.

Por otra parte, si se representan los puntos de utilización del motor en un diagrama con las curvas características del motor del tractor considerado, aparecen claramente las diferencias en la utilización de la potencia entre la marcha supercorta y la más larga de las disponibles en la caja.

### VARIACIÓN DEL PAR MOTOR SEGÚN SU RÉGIMEN DE GIRO

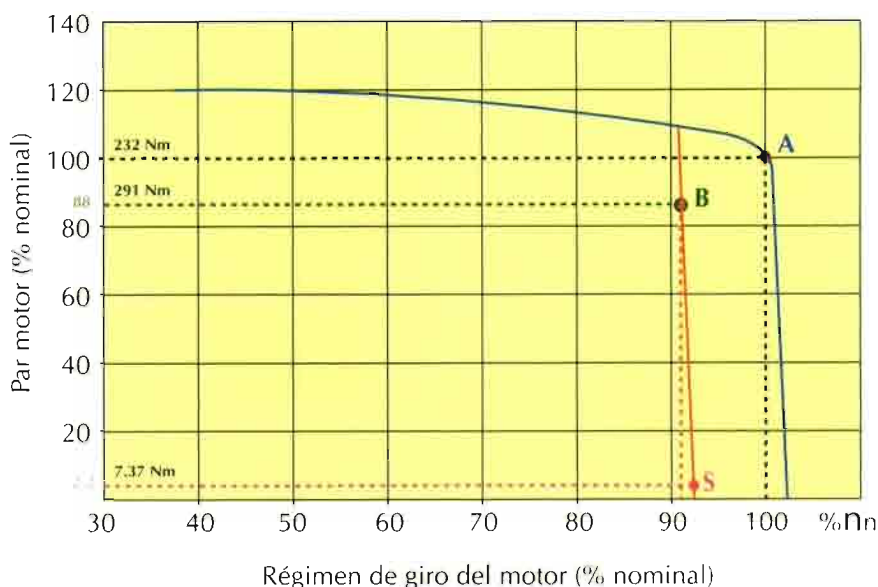


Figura 2.- Ejemplo de representación de los puntos de utilización del motor de un tractor en dos condiciones: Toda la potencia posible en una marcha Super-corta (S) y el 80% de la potencia nominal en la marcha Más Larga (L)

En los cuadros 1 y 2 se hace un resumen de los cálculos utilizados en los ejemplos, en el que se pueden comparar los resultados correspon-

dientes a las dos marchas utilizadas. De igual manera, en los cuadros 3 y 4 se resume la terminología y las fórmulas utilizadas en los cálculos.

### CUADRO 2.- CONDICIONES DE UTILIZACIÓN DEL TRACTOR (RELACIÓN DEL CAMBIO SELECCIONADA)

Parámetro	Supercorta	Más Larga
Relación de transmisión	3 000	17
Fuerza de tracción (kg)	2 000	376
Resistencia a al rodadura (kg)	400	160
Fuerza tangencial (kg)	2 400	536
Radio de la rueda (m)	0.8	0.8
Par en la rueda (N m)	18 816	4 205
Velocidad teórica de avance (km/h)	0.23	37
Patinamiento (%)	10	3
Velocidad real de avance (km/h)	0.2	36
Potencia de tracción (kW)	1	36.78
Par nominal (Nm)	332	332
Par en el motor (Nm)	7.37	291
Régimen de giro del motor (rev/min)	2 100	2 100
Potencia motor (kW)	1.6	64
Grado utilización par nominal (%)	2.2	88
Grado utilización régimen nominal (%)	91	91
Grado de utilización de la potencia nominal (%)	2	80
Rendimiento de tracción (%)	62.5	57
Coefficiente de tracción del tractor	0.5	0.09
Coefficiente de fuerza tangencial	0.6	0.13

### DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSMISIÓN

Por último, y para no caer en lo que se critica, explicaremos por qué decimos que los datos del ejemplo (los relativos al tractor) se pueden sacar de la documentación comercial, en concreto, la relación de transmisión, porque los demás son muy claros.

Alguien habrá pensado: "pues eso yo no lo veo en un catálogo". Sin embargo, insistimos. Sí, está ahí. Si se han fijado en los cálculos, verán que, con la velocidad del motor, la rueda y la velocidad de avance se puede obtener la relación de transmisión.

Si en el catálogo de ese tractor dicen que puede ir de 0.23 a 40 km/h (muchas veces viene, incluso, las velocidades en cada marcha), como la velocidad depende del régimen de giro del motor y del radio de la rueda, y el dato que viene en el catálogo siempre se refiere a velocidad de avance al régimen nominal (2 300

rev/min. en este caso), nos fijamos en la rueda.

Hay dos posibilidades. O tenemos un catálogo del neumático, o calculamos el radio a partir de los datos de la marcación de la rueda.

Si tenemos el catálogo del neumático, el radio se obtendría a partir de la circunferencia de rodadura que, para esta rueda, valdría, por ejemplo, 5 024 mm (5.024 m), con algunas variaciones en función de los fabricantes, pero son diferencias pequeñas. Con este dato, el valor del radio de rodadura es de 0.799 m [ $5.024 / (2 \pi) = 0.799$  m].

Si no tenemos el catálogo del neumático vamos a su marcación:



16.9R38. De un modo aproximado se puede calcular el radio considerando que el diámetro total sin carga sería de

dos veces la altura del balón más la del diámetro de la llanta. La altura del balón en un radial normal (no 'ancho', ni milimétrico) suele ser del 0.75 de la anchura, que, en este caso es de 16.9 pulgadas (43 cm). La llanta es de 38 pulgadas (96.5 cm).

Con estos datos, el diámetro total sin carga de la rueda sería de 1.8 m ( $0.75 \times 43 \times 2 + 96.5 = 182.5$  cm), de manera que el radio sería de 0.9 m. La diferencia con los 0.8 m del catálogo está en que el diámetro así calculado es diámetro **sin carga**, es decir, tumbado en el suelo, sin contar con la deflexión que inevitablemente se produce cuando la rueda está de pie y colocada en un tractor, soportando la parte del peso que le corresponde.

En esas condiciones se produce lo que se conoce como 'deflexión' del neumático, que consiste en que la parte que toca el suelo se deforma y el diámetro disminuye respecto al diámetro total sin carga. ¿Cuánto disminuye? Pues estamos en las mismas, que lo mejor es tener el catálogo del neumático. Pero si no lo tienen, como es lo habitual, pueden utilizar una aproximación suficiente, que es: la deflexión es aproximadamente el 25% de la altura del balón.

Veamos qué pasa con esta recomendación: si la altura del balón era del 75% de la anchura, la altura valdría 32 cm ( $0.75 \times 43 = 32$  cm). Por tanto, la deflexión sería de unos 8 cm ( $0.25 \times 32 = 8$  cm).

Si le restamos al diámetro calculado por marcación (1.8 m), los 8 cm de deflexión nos quedan 1.72 m ( $180 - 8$

### CUADRO 3.- NOMENCLATURA UTILIZADA EN LAS FÓRMULAS

Concepto	Nomenclatura	Unidades
Régimen de giro del motor	n	rev/min
Radio de la rueda	r	m
Relación de transmisión	it	--
Velocidad teórica de avance	Vt	km/h ó m/s
Velocidad real de avance	Vr	km/h ó m/s
Potencia del motor (*)	N	kW
Par motor(*)	M	N m
Par en las ruedas	M1	N m
Fuerza tangencial	Ft	N ó kg
Coefficiente de resistencia a la rodadura	k	---
Peso del tractor	P	N ó kg
Resistencia a la rodadura	Rk	N ó kg
Fuerza de tracción	Q	N ó kg
Patinamiento	d	%
Potencia de tracción	NB	kW
Coefficiente de tracción del suelo	ms	---
Coefficiente de fuerza tangencial	mt	---
Coefficiente de tracción del vehículo	m	---
Rendimiento en la transmisión	ht	%
Eficiencia en tracción	TE	%
Grado de utilización del régimen nominal	% nn	%
Grado de utilización del par nominal	% Mn	%
Grado de utilización de la potencia nominal	% Nn	%
Neumáticos. Anchura del balón	b	m ó mm
Neumáticos. Altura del balón	h	m ó mm
Diámetro de la llanta	dLL	m ó mm
Diámetro total sin carga	d	m ó mm
Deflexión del neumático	D	m ó mm ó % h

(\*) Si viene con el subíndice n, será nominal

#### CUADRO 4.- FÓRMULAS EMPLEADAS EN LOS CÁLCULOS

Concepto	Fórmula
Velocidad teórica de avance	$V_t(\text{km/h}) = 3.6 \times \frac{2\pi \times n(\text{rev/min}) \times r(\text{m})}{60 \times i_t}$
Velocidad teórica de avance	$V_t(\text{km/h}) = 3.6 \times v(\text{m/s})$
Potencia del motor	$N(\text{kW}) = \frac{M(\text{Nm}) \times 2\pi \times n}{60\,000}$
Par motor	$M[\text{Nm}] = \frac{N(\text{kW}) \times 60\,000}{2\pi \times n}$
Par en las ruedas	$M_1(\text{Nm}) = M(\text{Nm}) \times i_t \times \eta_t$
Fuerza tangencial	$F_t(\text{N}) = \frac{M_1}{r}$ $F_t(\text{kg}) = \frac{F_t(\text{N})}{9.81}$
Fuerza tangencial máxima en el suelo	$F_{t\text{max}}(\text{N}) = \mu_s \times P(\text{N})$ $F_{t\text{max}}(\text{kg}) = \mu_s \times P(\text{kg})$
Resistencia a la rodadura	$R_k(\text{N}) = k \times P(\text{N})$ $R_k(\text{kg}) = k \times P(\text{kg})$ (*)
Fuerza de tracción	$Q(\text{N}) = F_t(\text{N}) - R_k(\text{N})$ $Q(\text{kg}) = F_t(\text{kg}) - R_k(\text{kg})$ (*)
Patinamiento	$\delta(\%) = 100 \times \frac{V_r - V_t}{V_t}$ (*)
Velocidad real	$V_r = V_t \times (1 - \frac{\delta(\%)}{100})$ (*)
Potencia de tracción	$N_B(\text{kW}) = \frac{Q(\text{N}) \times V_r(\text{m/s})}{1\,000}$
Par necesario en el motor	$M(\text{Nm}) = \frac{M_1(\text{Nm})}{i_t \times \eta_t}$
Eficiencia en tracción	$TE(\%) = 100 \times \frac{N_B}{N}$ (*)
Grado de utilización del régimen nominal	$\%n_n = 100 \times \frac{n}{n_n}$
Grado de utilización del par nominal	$\%M_n = 100 \times \frac{M}{M_n}$
Grado de utilización de la potencia nominal	$\%N_n = 100 \times \frac{N}{N_n}$
Coefficiente de tracción del tractor	$\mu = \frac{Q}{P}$ (*)
Coefficiente de fuerza tangencial	$\mu_t = \frac{F_t}{P}$ (*)
Neumáticos. Anchura del balón	$b(\text{m}) = b(\text{pulgadas}) \times \frac{2.54}{1\,000}$
Neumáticos. Altura del balón	$h \approx 0.75 \times b$
Diámetro de la llanta	$d_{LL}(\text{m}) = d_{LL}(\text{pulgadas}) \times \frac{2.54}{1\,000}$
Diámetro total sin carga	$d = 2 \times h + d_{LL}$

(\*) Cuando las fórmulas no llevan unidades, pueden usarse las que se quieran, siempre que sean las mismas para iguales magnitudes dentro de la fórmula

= 172 cm). Con este valor, el radio resultaría ser de 0.86 m. Como ven, nos vamos aproximando.

De todas formas, tampoco se crean lo definido como 'bueno', si entendemos como 'bueno' el radio calculado con la circunferencia de rodadura. Este valor corresponde a unas condiciones de la rueda que no se dan casi nunca.

El valor del catálogo del neumático es tan 'aproximado' como el calculado con los datos de marcación. ¿Por qué? Porque es el que tiene la rueda cuando soporta la máxima carga que admite según su índice de carga, a la presión de marcación (que, si lleva una estrella, por ejemplo, será de 1.6 bar). Las ruedas rara vez van a esa presión y, mucho menos, con la carga máxima por rueda.

**“El cálculo de la relación de transmisión puede hacerse a partir de la velocidad de avance en la marcha correspondiente”**

Siguiendo con el ejemplo, si la rueda llevara en el costado 16.9R38 141 A8, el índice de carga sería de 141 y a ese valor le corresponde una carga máxima, por rueda de 2 575 kg (en los catálogos de neumáticos vienen las tablas de índice de carga-peso máximo por rueda). ¿Se imaginan 2 575 kg en cada rueda trasera?. Con eso ya tendríamos 5 150 kg en el eje trasero.

El tractor que venimos considerando pesa, en total, 4 000 kg. En el eje trasero pueden ir 2 400 kg (¿el 60% del peso les parece bien?), con lo que cada rueda llevaría 1 200 kg ¡¡menos de la mitad de la que pueden llevar a 1.6 bar!! (claro que, seguramente, tampoco irá inflada a 1.6 bar, me-

nos para trabajar en campo). Como el radio disminuye con la carga, ya se intuye que, a mayor carga, menor radio, por lo que el radio de la circunferencia de rodadura sale menor que el calculado con los datos de marcación.

Ambos valores se pueden tomar como aproximados, porque, realmente, el que nos gustaría utilizar es el radio índice, que es un 'radio virtual', es decir, inexistente en la realidad. Es un valor 'de papel' o 'de consenso', como les guste más. Es el que se da para el cálculo de las velocidades de avance y otros cálculos, de manera que todo el mundo use el mismo valor. Como siempre, existen unas tablas en las que vienen los radios índice para todas las ruedas. Para este neumático el radio índice vale 0.795 m, así que lo dejamos en 0.8 y seguimos adelante.

Se trataba de justificar de dónde salen las relaciones de transmisión. Bien, si ya admitimos que en el catálogo viene, para la marcha más corta



(super-reducida, la estamos llamando) la velocidad de 0.23 km/h al régimen nominal de 2 300 rev/min y con el radio de 0.8 m el cálculo es inmediato. La relación de transmisión es de 3 000 [3.6 x 2 x π x 2 300 x 0.8 / (60 x 0.23) = 3 015] (los decimales arrastrados producen esta pequeña variación).

Lo mismo sucede con la relación en la marcha más larga, que tendría 40

km/h, con lo que la relación de transmisión resulta de 17 [3.6 x 2 x π x 2 300 x 0.8 / (60 x 40) = 17].

## CONCLUSIONES DE LA PRIMERA PARTE

El tractor está hecho un lío. Unas veces queremos ir muy despacio, aunque el aprovechamiento de la potencia del motor sea muy baja; otras queremos velocidad, aunque el aprovechamiento del peso sea, igualmente, bajísimo. En medio estarían las marchas 'de trabajo', es decir, para desarrollar de la manera más eficiente, potencia y mucha fuerza de tracción.

Para todas estas cosas, junto con un motor elástico, le ponemos una transmisión complicadísima que nos permita 'casi todo'. Continuaremos profundizando en los elementos que componen esta transmisión para llegar a comprenderla. ☺



## VIBRADOR OM-101 Y OM-102

Vibra el olivo. No las raíces. Cae la aceituna. Sube la producción. Permanece intacto el árbol y su corteza. Son la recolección más rentable. Hay otras formas de recoger la aceituna... pero son una vara.



**FÁBRICA DE APEROS AGRÍCOLAS**

Ctra. de Pegalagar, s/n - Apdo de Correos, 15  
Fábrica y oficinas:  
Tel.: 953 35 01 50 / 75 - Fax: 953 35 02 25  
MANCHA REAL (Jaén) ESPAÑA