

Ensayo OCDE del tractor **Case IH Magnum 340**

RECOMENDACIONES PARA TRACTORES EXTRAGRANDES



A partir de los resultados obtenidos en los ensayos OCDE realizados al Case IH Magnum 340, se establecen unas recomendaciones para optimizar el funcionamiento de los tractores de muy alta potencia.

LUIS MÁRQUEZ

Cada vez es más frecuente la llegada al mercado español de tractores con muy altas potencias, superando los 300 CV. Cuando se revisan las curvas características de sus motores se observa que la potencia máxima la ofrecen a un régimen de motor muy bajo, así como que la potencia que suministran cuando se alcanza el par máximo es mayor que la que proporcionan a régimen nominal. Como consecuencia, al calcular la reserva de par se detecta que esta supera el 40%.

Si el usuario conduce este tractor con técnicas de manejo similares a las de los tractores cuyos motores ofrecen su potencia máxima próxima al régimen nominal, sus prestaciones serán

inferiores a las previstas por el fabricante, a la vez que aumenta el consumo de combustible.

Es posible optimizar las condiciones de funcionamiento de estos tractores, a partir del conocimiento de las curvas características de sus motores, una información que puede encontrarse en los ensayos que realiza el Laboratorio de Nebraska (USA).

El pasado año 2012, entre los ensayos realizados por este Laboratorio se encuentra el del tractor Case IH Magnum 340 4WD, que además del ensayo convencional que se realiza en USA, dispone de Boletín OCDE con el nº de referencia 2/2688 (http://www2.oecd.org/agr-coddb/index_en.asp). Esto es posible como consecuencia de que el Laboratorio de Nebraska forma parte de la red de laboratorios OCDE.

Seguidamente se utilizan los resultados de este ensayo para establecer unas recomendaciones que sirvan para optimizar el funcionamiento de los tractores de muy altas potencias con motores de última generación.

Ensayo del tractor a la toma de fuerza

El tractor Case IH Magnum 340 dispone de un motor FPT Cursor 9L de inyección directa, con 6 cilindros y una cilindrada de 8.7 litros.

La toma de fuerza utilizada en el ensayo es la de Clase 3, de 44 mm de diámetro y 20 estrías, trabajando a un régimen nominal de 1 000 rev/min cuando el motor lo hace 1 804 rev/min

En el Cuadro 1 se incluyen los valores obtenidos con el acelerador en la posición de régimen

CUADRO 1.- RESUMEN DE RESULTADOS EN EL ENSAYO REALIZADO A LA TOMA DE FUERZA PRINCIPAL

	Potencia TDF (kW / CV)	Régimen		Par equiv. motor (Nm)	Consumo combustible	
		motor (rev/min)	TDF (rev/min)		horario (L/h)	específico (g/kWh)
M	251.6 / 342.1	1 650	915	1 456	63.4	213
N	220.0 / 299.2	2 000	1 110	1 050	58.1	223
T	247.2 / 336.1	1 804	1 000	1 309	62.8	214
Pmax	240.3 / 326.8	1 500	832	1 530	60.9	214

	Consumo		Potencia media	
	horario (L/h)	específico (g/kWh)	(kW)	(%)
6 puntos	39.4	229	146.7	66.7
4 puntos	32.5	229	121.0	55.0

de giro más elevado y en el Gráfico 1 las curvas características del motor relacionando par equivalente en el motor con el régimen de funcionamiento del mismo.

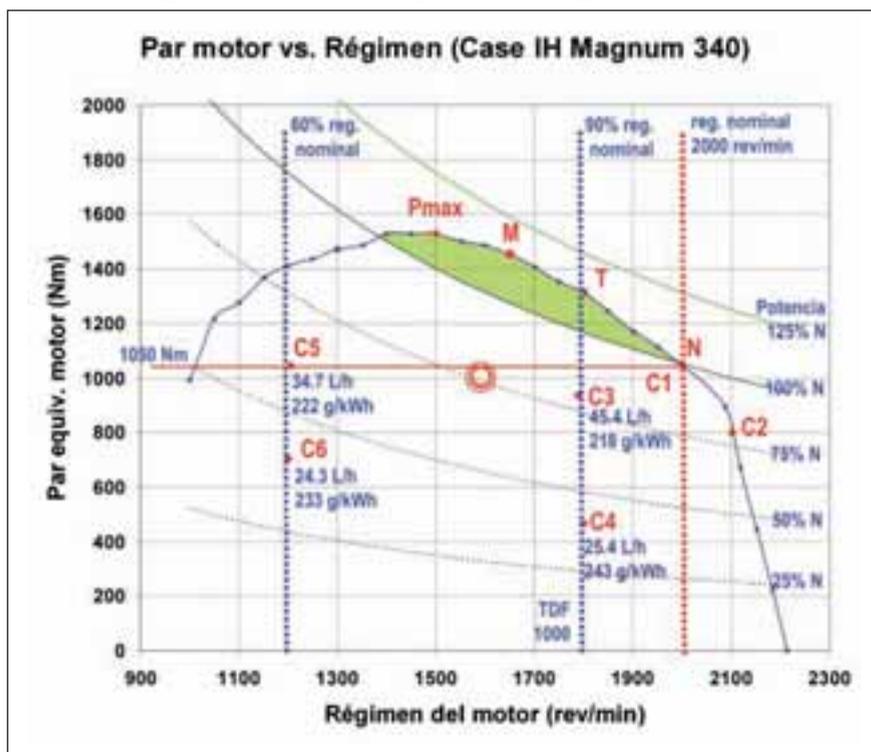
El consumo de combustible de este tractor, según la determinación sobre los 6 puntos de referencia establecidos en el código OCDE (marcados en el Gráfico 1 con las letras C1 a C6), es de 39.4 L/h (229 g/kWh) utilizando el 66.7% de la potencia del motor; solo de 32.5 L/h (229 g/kWh) para los 4 puntos de menor régimen de funcionamiento del motor, como habitualmente lo hace el usuario.

El motor utilizado recurre a la inyección de la solución de urea para reducir las emisiones de los gases de escape, pero en el resumen del Boletín de Ensayo disponible en Internet no se hace ninguna referencia al consumo de esta. Se puede estimar que estaría sobre el 4% del consumo de gasóleo. En cualquier caso, se observa un consumo específico de gasóleo extremadamente bajo, como es el de 229 g/kWh.

En el Gráfico 1 se puede apreciar cómo reduciendo el régimen del motor se gana potencia, incluso por debajo de par máximo, a la vez que se reduce el consumo específico de combustible. Esto significa que es preferible utilizar marchas más

GRÁFICO 1.- RESUMEN DE PRESTACIONES DEL MOTOR DEL TRACTOR CASE IH MAGNUM 340

Se incluyen los puntos de potencia máxima en función del régimen del motor (M = máxima del motor; T = máxima al régimen normalizado de la TDF; y N = máxima al régimen nominal del motor).



- La potencia en cualquier punto de funcionamiento se puede calcular multiplicando el régimen del motor (n) por el par equivalente (par); así, para n = 1 600 rev/min y par = 1 000, la potencia N1 será $1\ 600 \times 1\ 000 / 9\ 550 = 167.5$ kW.
- La zona marcada en verde corresponde al funcionamiento del motor en que se obtiene más del 100% de la potencia a régimen nominal. El par motor al régimen nominal de 2 000 rev/min es de 1 050 Nm.
- Los puntos de referencia marcados en rojo (C3-C6) corresponden a los valores obtenidos con carga reducida y régimen del motor del 60 y del 90% del régimen nominal. En cada uno de ellos se marca el consumo de combustible correspondiente en L/h y g/kWh.
- Con líneas de puntos se marcan las curvas de iso-potencia para el 75, 50 y 25% de la potencia nominal. En trazo lleno las correspondientes al 100 y 125% de la potencia nominal.



Con ruedas simples, que es la forma habitual de utilizar los tractores de altas potencias en Europa, no se podría aprovechar toda la potencia del motor

largas con bajo régimen de funcionamiento para conseguir las mejores prestaciones.

Ensayo de tracción en pista de hormigón

El Código OCDE (reducido) además de la medida de la potencia en la toma de fuerza, exige que se realice un ensayo de tracción en pista con el tractor sin lastrar. Este ensayo podría dar cierta información sobre la eficiencia de la transmisión, aunque está fuertemente influido por las características de la pista y los neumáticos utilizados.

El Laboratorio de Nebraska, siguiendo la tradición de los primeros ensayos de tractores, es frecuente que incluya una información complementaria del ensayo realizado con el tractor lastrado y a un régimen diferente de funcionamiento del motor al establecido por el Código OCDE (acelerador en su punto máximo).

En el caso del ensayo de tractor Case IH Magnum 340 el Boletín ofrece los resultados obtenidos tanto con el motor a régimen nominal, como al de potencia máxima con el tractor lastrado y sin lastrar.

Para poder interpretar correctamente los resultados de tracción en pista de hormigón hay que informar sobre las características del tractor como vehículo, entre las que se incluyen la distribución de peso entre los ejes y las características de los neumáticos utilizados.

En el Cuadro 2 se incluyen los valores correspondientes a los neumáticos, y las masas en vacío y con lastre. En el mismo se puede observar que con tractores de esta potencia se necesita aumentar las dimensiones de los neumáticos. Así, para el ensayo del tractor sin lastre se utilizan ruedas gemelas en el eje trasero, y cuando se lastra para conseguir las mejores prestaciones de tracción en pista se utilizan ruedas triples en el eje trasero y dobles en el delantero, manteniendo las características dimensionales de las mismas.

En consecuencia, se puede señalar que con ruedas simples, que es la forma habitual de utilizar los tractores de altas potencias en Europa (para cumplir las limitaciones establecidas para la circulación vial) no se podría aprovechar toda la potencia que ofrecen sus motores en trabajos de tracción en campo.

Tomando como referencia la potencia nominal máxima medida en la toma de fuerza

CUADRO 2.- MASAS Y DIMENSIONES DEL TRACTOR CASE IH MAGNUM 340 DURANTE LOS ENSAYO DE TRACCIÓN EN PISTA

	Con lastre	Sin lastre
Ruedas traseras	(6), 520/85R42, **, 70 kPa	(4), 520/85R42, **, 60 kPa
Lastres (ruedas triples)	1 052 kg	No
(metálicos)	2 202 kg	No
Ruedas delanteras	(4) 420/90R30, **, 110 kPa	(2) 420/90R30, **, 140 kPa
Lastres (ruedas duales)	517 kg	No
(metálicos)	980 kg	No
Altura de la barra de tracción	520 mm	510 mm
Peso estático (con conductor)		
Trasero	10 042 kg	7 291 kg
Delantero	6 813 kg	4 813 kg
Total	16 855 kg	12 102 kg

CUADRO 3.- RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN EN PISTA CON EL TRACTOR SIN LASTRE

Acelerador para régimen nominal

Relación	Potencia (kW)	Tracción (kN)	Velocidad (km/h)	Reg.mot (rev/min)	Deslizam. (%)	Cons.esp. (g/kWh)
G5 ^a	163.56	116.60	5.05	2 079	10.2	293
G6 ^a	178.20	113.06	5.68	2 002	8.6	277
G7 ^a	190.39	99.23	6.91	2 000	4.6	262
G8 ^a	191.28	85.43	8.06	2 000	2.9	257
G9 ^a	190.31	73.25	9.35	2 000	2.3	258
G10 ^a	188.63	63.00	10.78	1 999	1.9	262
G11 ^a	186.32	54.05	12.42	2 000	1.5	265
G12 ^a	183.11	46.19	14.27	2 000	1.2	270

Acelerador para régimen de potencia máxima

Relación	Potencia (kW)	Tracción (kN)	Velocidad (km/h)	Reg.mot (rev/min)	Deslizam. (%)	Cons.esp. (g/kWh)
G5 ^a	164.26	116.71	5.07	2 079	10	291
G6 ^a	178.75	113.47	5.67	2 004	8.8	280
G7 ^a	195.56	109.25	6.45	1 900	6.7	262
G8 ^a	210.21	107.20	7.07	1 808	5.9	253
G9 ^a	215.08	103.21	7.51	1 650	5.1	252
G10 ^a	218.69	89.76	8.77	1 651	3.2	247
G11 ^a	218.68	77.64	10.14	1 650	2.4	247
G12 ^a	216.93	66.94	11.67	1 649	2.0	248
G13 ^a	212.95	52.39	14.63	1 650	1.4	252

(342 CV) la relación peso/potencia es para el tractor sin lastre de $12\ 102/342 = 35.4$ kg/CV, mientras que para el tractor con lastre sería $16\ 855/342 = 49.3$ kg/CV

En el Cuadro 3 se presentan los valores obtenidos en los ensayos de tracción en pista con el tractor sin lastrear en las dos posiciones del acelerador, y en la Figura 2 se representan los valores de las potencias máximas alcanzadas en cada relación del cambio en función del esfuerzo de tracción realizado.

En la Figura 2 se comparan los resultados de tracción en pista con el tractor sin lastre, realizado según establece el Código OCDE (reducido), tanto con el acelerador en una posición que permite trabajar al régimen nominal, como ajustado para trabajar al régimen de potencia máxima.

En el mismo se observa que, al utilizar la posición del acelerador para alcanzar el ré-

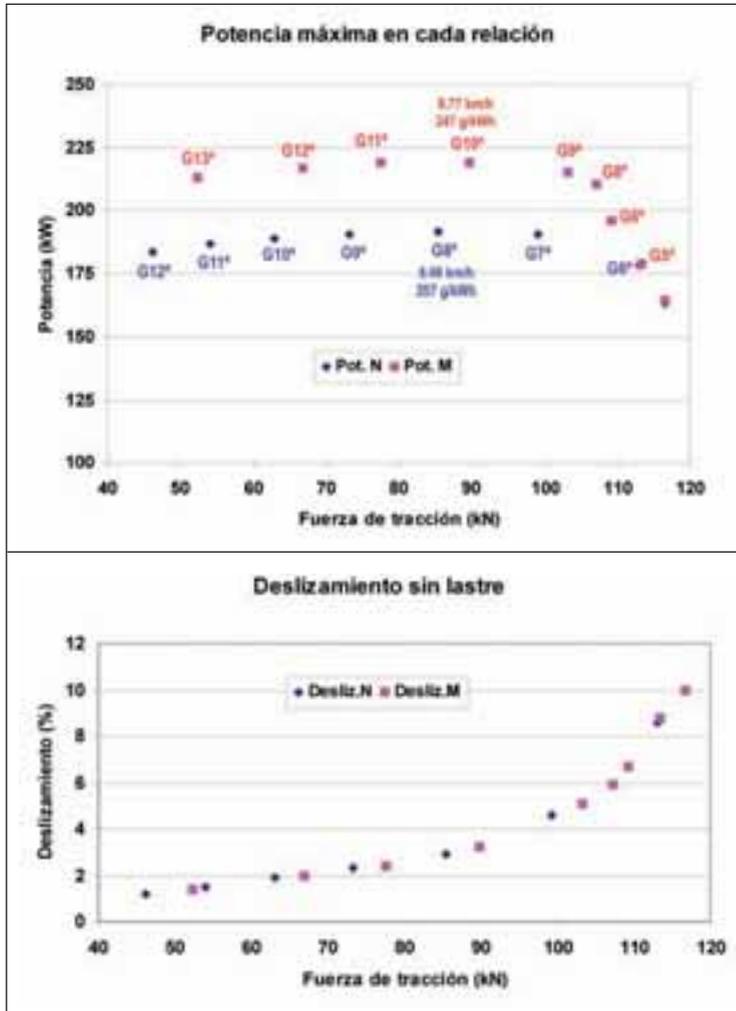


gimen de potencia máxima, la potencia de tracción en pista con el tractor sin lastre aumenta de manera considerable, pasando de 191.28 kW (relación del cambio G8^a) a 268.69 (relación G10^a), valor que se mantiene en la relación G11^a, pasando de una velocidad real de avance de 8.77 km/h a 10.14 km/h, con consumo específico de 247 g/kWh en ambos casos, a la vez que

baja el deslizamiento del 3.2 al 2.4%

En la Figura 2 se observa que, en todas las relaciones del cambio, las potencias máximas de tracción obtenidas, con una posición del acelerador que permite que el motor funcione a un régimen próximo al de potencia máxima, son superiores a las que se obtienen cuando el motor funciona al régimen

FIGURA 2.- ENSAYO DE TRACCIÓN SIN LASTRE
(MOTOR: 2 000 Y 1 650 rev/min)



nominal de 2 000 rev/min (ver valores del Cuadro 3).

Como era de esperar, el patinamiento es similar en cualquiera de los casos considerados, ya que depende de la

relación entre el esfuerzo de tracción y la masa del tractor.

Si se considera que la potencia máxima obtenida en el ensayo a la toma de fuerza, al régimen del motor de 1 650 rev/min, es de

251.6 kW, la eficiencia en tracción respecto a ella será: $218.7/251.6 = 0.87$. Las pérdidas consideradas incluyen las producidas en la propia transmisión, más las que ocasiona la rodadura y el deslizamiento del tractor sobre la pista de ensayo.

El Boletín de Ensayo que ofrece el laboratorio de Nebraska para este tractor también incluye el ensayo de tracción con el tractor lastrado, permitiendo que el motor funcione al régimen de potencia máxima. Los valores obtenidos se presentan en el Cuadro 4.

Se puede observar que al lastrar el tractor su capacidad de tracción aumenta para el mismo deslizamiento. En la Figura 3 se representan gráficamente las potencias máximas obtenidas en cada relación del cambio con lastre y sin lastre, siempre permitiendo que el motor funcione a 1 650 rev/min, que es el régimen de potencia máxima.

Cuando el esfuerzo de tracción aumenta, con el tractor lastrado se consigue mayor potencia de tracción, ya que se reducen las pérdidas por deslizamiento. Por el contrario, cuando la tracción es baja, la potencia de tracción aumenta con el tractor sin lastrar, ya que se minimizan las pérdidas que ocasiona la rodadura del tractor (menor peso sobre las ruedas).



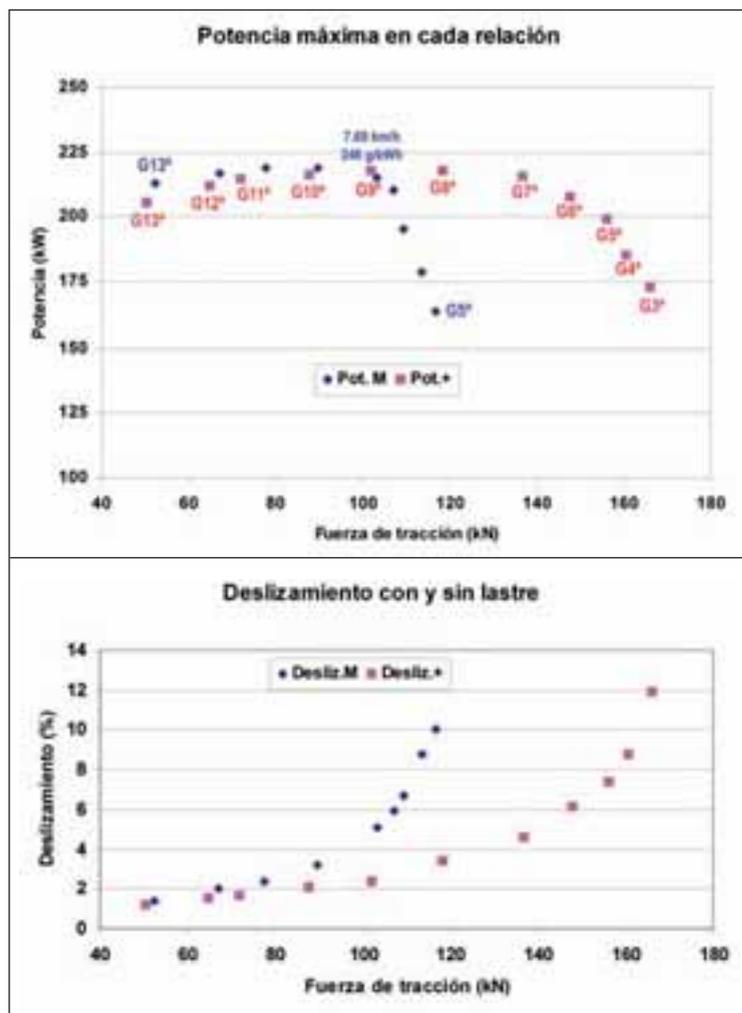
CUADRO 4.- RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN EN PISTA CON EL TRACTOR CON LASTRE. RÉGIMEN DE REFERENCIA EN EL MOTOR DE 1 650 rev/min

relación	Potencia (kW)	Tracción (kN)	Velocidad (km/h)	Reg_mot (rev/min)	Deslizam. (%)	Cons.esp. (g/kWh)
G3 ^a	172.76	165.99	3.75	2 070	11.9	292
G4 ^a	185.12	160.51	4.15	1 932	8.8	273
G5 ^a	199.37	156.28	4.59	1 835	7.4	263
G6 ^a	207.60	147.76	5.05	1 737	6.1	258
G7 ^a	215.68	136.62	5.68	1 650	4.6	251
G8 ^a	217.75	118.41	6.61	1 650	3.4	248
G9 ^a	218.08	101.96	7.69	1 651	2.4	246
G10 ^a	216.03	87.69	8.87	1 651	2.1	249
G11 ^a	214.82	71.82	10.2	1 650	1.7	251
G12 ^a	211.75	64.77	11.77	1 652	1.5	254
G13 ^a	205.75	50.48	14.67	1 649	1.2	264

En el Cuadro 4 se observa que la potencia máxima con el tractor lastrado se obtiene en la relación del cambio G9^a (218.08 kW) con una velocidad real de avance de 7.69 km/h, deslizamiento del 2.4% y consumo específico mínimo de 246 g/kWh. Asimismo, la potencia máxima en las relaciones G7^a -

avanza de 7.69 km/h, deslizamiento del 2.4% y consumo específico mínimo de 246 g/kWh. Asimismo, la potencia máxima en las relaciones G7^a -

FIGURA 3.- ENSAYO DE TRACCIÓN CON Y SIN LASTRE (MOTOR: 1 650 rev/min)



Al lastrar el tractor su capacidad de tracción aumenta para el mismo deslizamiento

G8^a y G10^a - G11^a se mantiene prácticamente al nivel de la G9^a, lo que sucede en el intervalo de velocidades reales de avance de 5.7 a 10.2 km/h, suministrando esfuerzos de tracción entre 71.8 y 136.6 kN.

Hay que destacar que en el ensayo de tracción con lastre se utilizan ruedas triples en cada lado del eje trasero y dobles en el delantero, lo que permite bajas presiones de inflado en los neumáticos (60 kPa en las traseras).

La eficiencia máxima entre la potencia de tracción con el tractor lastrado y la medida en la toma de fuerza será: $218.18/251.6 = 0.87$, igual a la máxima conseguida con el tractor si lastrar, pero en este

caso a una velocidad de 7.69 km/h, inferior a los 8.77 km/h de la calculada para el tractor sin lastrar.

Conclusiones y recomendaciones

La primera conclusión que se deduce del ensayo del tractor es la conveniencia de trabajar a un régimen del motor cercano al de potencia máxima para conseguir las mejores prestaciones. Acelerando de más se pierde potencia y aumenta el consumo de combustible.

Solo cuando se realizan trabajos de tracción ligeros puede ser ventajoso trabajar con el tractor sin lastre. En el Cuadro 5 se establece una relación entre la potencia disponible en el motor y la masa del tractor necesaria para utilizarla en trabajos de tracción en función de la velocidad de avance. Los valores se han calculado para un suelo de rastrojo con 0.6 de coeficiente de adherencia y un

CUADRO 5.- MASA TOTAL NECESARIA EN kg DEL TRACTOR EN FUNCIÓN DE LA POTENCIA UTILIZADA Y LA VELOCIDAD DE AVANCE

Potencia motor		Velocidad teórica (km/h)			
(CV)	(kW)	6.0	8.0	10.0	12.0
250	184	12 234	9 176	7 341	6 117
260	191	12 724	9 543	7 634	6 362
270	199	13 213	9 910	7 928	6 607
280	206	13 703	10 277	8 222	6 851
290	213	14 192	10 644	8 515	7 096
300	221	14 681	11 011	8 809	7 341
310	228	15 171	11 378	9 102	7 585
320	235	15 660	11 745	9 396	7 830
330	243	16 149	12 112	9 690	8 075
340	250	16 639	12 479	9 983	8 319
350	257	17 128	12 846	10 277	8 564
360	265	17 618	13 213	10 571	8 809
370	272	18 107	13 580	10 864	9 053
380	279	18 596	13 947	11 158	9 298
390	287	19 086	14 314	11 451	9 543
400	294	19 575	14 681	11 745	9 788

Masa [kg] = potencia [CV] x 0.75 x ηt x 270 / (velocidad [km/h] x μ)

- Coeficiente de tracción: μ=0.60 (suelo de rastrojo)
- Rendimiento de la transmisión: ηt=0.87
- Potencia utilizada: 0.75 de la nominal

rendimiento en la transmisión del 0.87, considerando que se va a utilizar el 75% de la potencia disponible.

Para la potencia máxima de 250 kW (340 CV), en trabajos de tracción a 6 km/h sobre rastrojo, la masa total del tractor tendría que ser de 16 639 kg, mientras trabajando a 8 km/h, o más, sería suficiente una masa de 12 479 kg (tractor sin lastre). En ambos casos conviene recordar la conveniencia de utilizar al menos ruedas gemelas en el eje trasero del tractor para poder mantener baja la presión de inflado de las mismas, lo que ayuda a reducir la compactación del suelo.

Para conseguir aprovechar la potencia de tractores con 340 CV de potencia máxima, utilizando el 75% de ella, se necesita disponer de aperos de grandes dimensiones. Así, trabajando en suelo llano de consistencia media, este tractor podría arrastrar un arado de vertedera de 3.20 m de anchura con 32 cm de pro-

fundidad a una velocidad de 8 km/h, lo cual proporciona una capacidad de trabajo de 2.24 ha/h. (www.magrama.gob.es/app/mecanizacion/costesAperos.aspx)

En un suelo ondulado y con pendientes podría trabajar con una grada de discos de 6 m de anchura con 20 cm de profundidad a una velocidad de 12 km/h, lo que proporciona una capacidad de trabajo de 6.12 ha/h.

Con un chisel de 6 m trabajando a 22 cm de profundidad con suelos de tipo medio y parcelas onduladas, la velocidad de trabajo podría ser de 11 km/h, lo que proporcionaría una capacidad de trabajo de 5.60 ha/h.

Para utilizar estos tractores en operaciones de movimiento de tierra, las velocidades de trabajo estarían entre 6 y 7 km/h, por lo que es aconsejable lastrar el tractor y cambiar los neumáticos por unos de tipo 'industrial' que admitan mayor carga unitaria, al poder incrementar su presión de inflado.■

