



## EVALUACIÓN DEL TRACTOR

# MASSEY FERGUSON 5475

## CON RECOMENDACIONES PRÁCTICAS PARA LOS USUARIOS

Seguidamente se realiza la evaluación del tractor Massey Ferguson 5475, un modelo importante en el mercado español dentro del segmento de los 150 CV, utilizando como referencia el ensayo oficial efectuado en un laboratorio de la OCDE

**LUIS MÁRQUEZ**

DR. ING. AGRÓNOMO

Cada año, los laboratorios oficiales integrados en la OCDE, como la Estación de Mecánica Agrícola de España, realizan ensayos para determinar las 'Características de funcionamiento' de los tractores agrícolas, utilizando las reglas que establece el Código II,

En la web de la OCDE ([http://www2.oecd.org/agr-coddb/index\\_en.asp](http://www2.oecd.org/agr-coddb/index_en.asp)) se presentan unos resúmenes, elaborados a partir de los Boletines de cada tractor ensayado, que

incluyen las curvas características del motor, y la información sobre sus prestaciones más significativas. Estos boletines pueden proporcionarlos los fabricantes que encargan los ensayos, y se publican generalmente en inglés.

Utilizando la información completa del ensayo del tractor Massey Ferguson 5475 Dyna-4, aprobado por la OCDE el 31 de agosto de 2011 con el nº 2/2 627, seguidamente se realiza la evaluación práctica del mismo.

De este modelo de tractor se vendieron en España 33 unidades en el año 2010, siendo el mayor de la serie 5400

(con un motor de 6 cilindros), de la que se vendieron un total de 110 unidades. En este segmento de mercado con potencias comprendidas entre 110 y 160 CV, las ventas totales en el año 2010 fueron de 2 195 unidades.

### Identificación

Es importante establecer el modelo de tractor al que corresponde el ensayo. En este caso, el Massey Ferguson ensayado corresponde al modelo 5475 Dyna-4, que utiliza un motor Sisu Power con gestión de potencia, frente a la versión anterior que incorporaba motores Perkins. Su número

de serie de fabricación es el B 108 031, y corresponde a la versión que se comercializa en Europa, cumpliendo el nivel de emisiones Tier 3, EPA y Directiva 2000/25/EC.

El motor es el Sisu AGCO Power 66.632 CTA-4V; el número de serie en el tractor ensayado X08529, y dispone

de inyección directa, sobrealimentación y cuatro válvulas por cilindro.

La homologación de tipo CE certifica para el motor del tractor (Directiva 97/68/CE) una potencia al régimen nominal (sin ventilador) de 132 CV (98 kW) y una potencia máxima de 144 CV (106 kW).

El régimen nominal es de 2200 rev/min, mientras que la potencia máxima se consigue a 2 000 rev/min. La transmisión corresponde a la Dyna-4 para 40 km/h con 16 relaciones hacia delante y 16 hacia atrás. La potencia máxima con gestión 'power boost' es de 156 CV (115 kW).

## PARTE 1.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Las características técnicas de los elementos esenciales son las siguientes:

### Motor

Fabricado por Sisu AGCO Power, es del tipo 6 cilindros en línea, con 4 válvulas por cilindro, 108 mm de diámetro y 120 mm de carrera (cilindrada total de 6 596 cm<sup>3</sup>), sobrealimentado y post-enfriado con un turbocompresor Borg Warner, para una presión máxima de 130 kPa,

El sistema de inyección common rail es de la marca Bosch, con gestión inteligente de potencia en relaciones del cambio superiores a la 3A, o al transmitir potencia por la toma de fuerza. Los inyectores, de la misma marca, disponen de 6 orificios de salida con una presión de inyección de 140 ± 5 MPa.

Utiliza regulador electrónico EEM3 con rango de ajuste entre 800 y 2 250 rev/min. El prefiltro y el filtro de aire son de la marca Mann&Hummelflex Picoflex 12, del tipo papel seco con doble etapa, y dispone de indicador de colmatado. La refrigeración es por líquido y utiliza un ventilador de 9 palas con 570 mm de diámetro. La capacidad de fluido refrigerante es de 28 litros. Para el control de la temperatura del motor se utiliza termostato y accionamiento a velocidad variable del ventilador (transmisión visco estática) en función de la temperatura del aire.

El equipo eléctrico lo componen un motor de arranque de 3 kW de potencia, un alternador de 1.68 kW y una batería de 12 voltios con 80 Ah en 20 horas.

### Transmisión

El embrague es Valeo, del tipo multidisco en baño de aceite, con 4 platos de 230 mm de diámetro cada uno en la marcha hacia delante y 3 del mismo diámetro en la marcha hacia atrás, que se controla por pedal con asistencia hidráulica y también de forma electro-hidráulica sin utilizar el pedal de embrague.

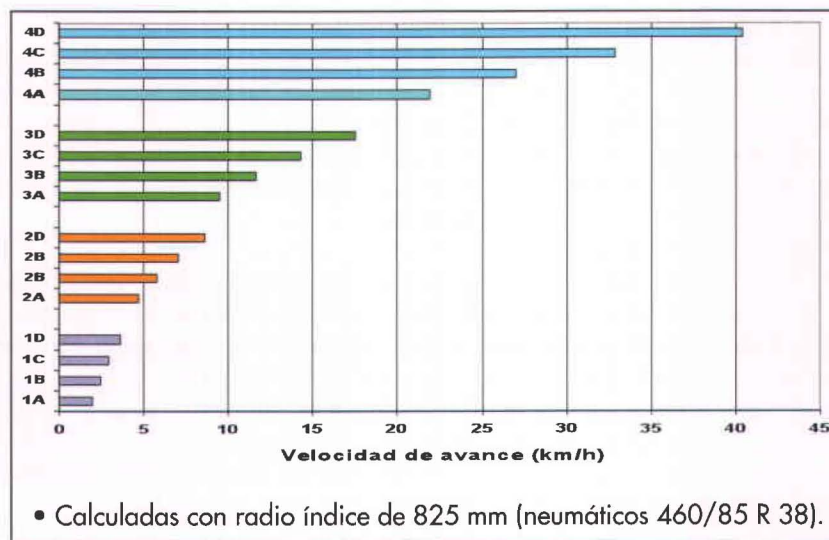
La transmisión Dyna-4 utilizada en el modelo de ensayo es la Gima, modelo GBA 25, con cua-

tro relaciones y 4 posiciones e inversor que permite tantas relaciones hacia delante como hacia atrás. Las cuatro relaciones de paso en carga (PowerShift) están marcadas con las letras A, B, C, D, junto con 4 grupos (1, 2, 3, 4) sincronizados. Está lubricada por aceite a presión.

El escalonamiento del cambio se indica en el Gráfico 1. Dispone de inversor hidráulico con mando por palanca situada a la izquierda del volante, que permite también el cambio entre las relaciones bajo carga de cada grupo sincronizado.

El eje trasero Gima, modelo GPA 2523, incluye el diferencial y reducción final por engranajes planetarios. El bloqueo del dife-

GRÁFICO 1.- VELOCIDADES DE AVANCE EN LAS DIFERENTES RELACIONES DEL CAMBIO



rencial se consigue mediante la unión de los dos semiejes de los árboles intermediarios con control eléctrico.

El eje delantero en el tractor ensayado es Dana 735/525 del tipo 'no suspendido', y se ofrece como opción el 735/661 con suspensión primaria; reducción final por engranajes planetarios. Embrague electro-hidráulico de la transmisión al eje delantero y bloqueo de diferencial multidisco de conexión y desconexión automática. Vueltas de las ruedas delanteras por vuelta de las traseras: 1.326.

**Tomas de fuerza**

Ofrece tomas de fuerza, normalizadas según ISO 500, de 6 estrías para 540 rev/min y 21 estrías para 1 000 rev/min (cambio de eje). La altura del eje es de 776.9 mm respecto al suelo, se encuentra situado en el plano medio del tractor y a 475 mm del eje trasero.

Las relaciones de transmisión entre el motor y la toma de fuerza son:

- Salida 540: 3.66
- Salida 1000: 2.03

Como opción se ofrece, además de las relaciones 540 y 1 000, la 540E.

**Sistema hidráulico y enganche tripuntal**

El sistema hidráulico utilizado es marca AGCO. Es de centro cerrado con controles electrónicos de posición, de esfuerzo y mixto. El enganche en tres puntos es de categoría 2 (ISO 730). El control de tracción electrónico se realiza por los brazos inferiores.

Dispone de dos cilindros hidráulicos externos de simple efecto, con 75 mm de diámetro. Válvula limitadora de presión que actúa entre 20.5±1.5 y 23 MPa. Las bombas del sistema hidráulico son de pistones. Su accionamiento se realiza por engranajes desde la transmisión. El aceite hidráulico utilizado es el mismo de la transmisión.

Ofrece de serie dos tomas hidráulicas de doble efecto con control electrónico. Para servicios externos se admite la salida de un volumen de aceite de 25 L.

**Sistema de dirección y frenos**

La dirección es hidrostática Danfos OSPF en las ruedas del eje delantero, con una bomba propia de 160 cm<sup>3</sup> de cilindrada y cilindros de doble efecto compensados; presión de funcionamiento de 15 MPa.

Los frenos de servicio AGCO son del tipo bidisco en baño de aceite y están situados en los semiejes traseros a la salida del diferencial. El freno de estacionamiento es de 5 discos en baño de aceite.

**Dimensiones de referencia y puesto de conducción**

La distancia entre ejes es de 2 874 mm; la anchura de vía se puede ajustar entre 1 619 y 2 174 para las ruedas del eje delantero y entre 1 700 y 2 144 en las del eje trasero, mediante cambios en la posición de la llanta.

La cabina es de la marca AGCO (tipo 5003 E2) con número de aprobación OCDE 4/1169. El asiento es Grammer MSG 95 AL/731 con suspensión neumática. Los sistemas de iluminación exterior cumplen las especificaciones de la legislación comunitaria.

**PARTE 2.- ENSAYO OCDE REALIZADO EN EL LABORATORIO DEL CEMAGREF (FRANCIA)**

**Condiciones de tractor ensayado**

La longitud total del tractor en las condiciones de ensayo fue de 4 496 mm, con una anchura de 2 000 a 2 550 mm. La altura total de la cabina es de 2 802 mm y el despeje sobre el suelo de 420 mm.

Como capacidades de aceite en los diferentes elementos del tractor, el fabricante indica las siguientes:

- Motor: 14.5 litros; cambio cada 400 horas (también el filtro)
- Conjunto transmisión: 71 litros; cambio cada 1 200 horas

**MASAS DEL TRACTOR EN LAS CONDICIONES DE ENSAYO (SIN LASTRE Y CON CABINA)**

	Sin conductor (kg)	Con conductor (kg)
Delantera	2 495	2 510
Trasera	3 205	3 265
Total	5 700	5 775

**CARACTERÍSTICAS DE LOS NEUMÁTICOS UTILIZADOS**

	Delanteros	Trasero
Marca y modelo	Kleber Traker	Kleber Traker
Dimensiones	380/85R28	480/85R38
Índice de carga / velocidad	133 A8	149 A8
Radio índice	650	825

Anchura de vía elegida: 1 750 mm en el eje delantero y 1 760 en el trasero.  
Densidad del gasóleo utilizado: 0.853 g/L.

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

	Potencia	Velocidad			Consumo de combustible		
	kW	Motor	TDF rev/min	Ventilador	Horario kg/h	Específico L/h	g/kWh
M	98.6	2 000	985	1 868	25.08	29.40	254
N	86.3	2 200	1 084	1 816	23.66	27.73	274
T	97.8	2 030	1 000	1 895	25.16	29.48	275
Zona de corte del regulador al régimen nominal del motor							
1	86.3	2 200	1 084	1 816	23.66	27.73	274
2	73.7	2 205	1 086	1 841	21.43	25.12	291
3	55.5	2 217	1 092	1 841	18.08	21.19	326
4	37.1	2 225	1 096	1 797	14.57	17.07	393
5	18.7	2 234	1 100	1 742	10.90	12.78	583
6	-	2 243	1 105	1 624	7.19	8.42	-
Zona de corte del regulador al régimen nominal de la toma de fuerza							
1T	97.8	2 030	1 000	1 895	25.16	29.48	257
2T	83.6	2 045	1 007	1 741	22.03	25.82	263
3T	63.1	2 054	1 012	1 742	18.79	22.02	298
4T	42.2	2 061	1 015	1 719	14.41	16.88	341
5T	21.2	2 068	1 019	1 681	10.08	11.82	475
6T	-	2 076	1 023	1 612	6.27	7.35	-
Consumo de combustible a cargas parciales y régimen reducido							
1C	86.3	2 200	1 084	1 816	23.66	27.73	274
2C	69.0	2 214	1 091	1 614	20.26	23.74	294
3C	69.6	1 978	974	1 674	1917	22.47	275
4C	34.6	1 979	975	1 675	12.26	14.37	355
5C	51.8	1 319	650	1 380	13.57	15.90	262
6C	34.5	1 319	650	1 388	9.82	11.52	285

Par máximo a 1100 rev/min: 611.3 Nm

(cambio del filtro cada 1 200 horas).

- Eje delantero 6 litros; cambio cada 800 horas.
- Número de puntos de engrase: 15.

Capacidad del depósito de combustible: 145 litros.

### Resultado de los ensayos a la toma de fuerza

El ensayo fue realizado en el Centro oficial del CEMAGREF en Francia. En el Cuadro 1 se presentan los valores obtenidos en los diferentes puntos de funcionamiento del motor. El motor funcionó durante los ensayos a la toma de fuerza con el sistema de gestión de potencia ('power boost') conectado. En el ensayo de tracción en pista, que se comenta más adelante, se puede observar la influencia de este sistema en las prestaciones del tractor.

En el primer bloque de ensayos a la TDF se incluyen los valores obtenidos con el acelerador en la posición de régimen de giro más elevado, lo que permite determinar la potencia al régimen nominal (N), que alcanza los 86.3 kW (117.4 CV) a un régimen del motor de 2 200 rev/min; la potencia máxima (M) de 98.6 kW (134.1 CV) a 2 000 rev/min del motor; y la potencia al régimen nominal de la toma de fuerza (T) que es de 97.8 kW (133.0 CV), y corresponde a un régimen del motor de 2 030 rev/min. Esto indica que el motor ofrece una sobre potencia de 16.7 CV cuando trabaja a 2 000 rev/min en comparación el régimen nominal (2 200 rev/min).

El consumo horario a plena potencia es de 29.48 L/h, frente a los 27.73 L/h al régimen nominal, pero dado que ofrece 16.7

CV más de potencia, el consumo específico baja (el motor es más eficiente) pasando de 274 a 254 g/kWh. Esto indica que se ahorran 20 g por cada kWh de trabajo producido.

El par máximo equivalente en el motor (medido en la toma de fuerza) es de 611.3 Nm a 1 100 rev/min (se mantiene prácticamente constante en el intervalo de 1 100 a 1 400 rev/min), mientras que el par a régimen nominal (2 000 rev/min) es de 374.6 Nm, lo que indica que la reserva de par es de de 63.1% (611.3-374.6/374.6). El par obtenido a régimen de potencia máxima (2 000 rev/min) es de 471 Nm.

Comparando la potencia máxima en la toma de fuerza con la obtenida para el motor realizada conforme a la norma ISO (156 CV) utilizando el



**El consumo medio en los 6 puntos de referencia es de 19.2 L/h, lo que equivale a 214 g/CVh con una potencia media desarrollada de 78.4 CV**

'power boost', se observa que las pérdidas producidas en la transmisión son 22 CV, equivalentes a un 14%, pero estas no solo incluyen la transmisión con sus elementos en movimiento y el sistema hidráulico en vacío, sino que también hay que considerar que en el ensayo del motor no se incorpora el ventilador. Esto significa que las pérdidas de potencia en la transmisión desde el motor a la toma de

fuerza se puede estimar que estarían entre el 6 y 8%.

En el segundo bloque (1T-6T) de datos incluidos en el Cuadro 1 se encuentran los valores con el acelerador ajustado para obtener el régimen nominal de la toma de fuerza, que corresponden a los de corte del regulador hasta el nivel de carga cero en el que el régimen del motor es de 2 076 rev/min. A 1 000 rev/min de la toma de

fuerza se obtiene una potencia máxima de 97.8 kW (133 CV).

El tercer bloque (1C-6C) corresponde al ensayo con cargas parciales y régimen del motor reducido, que es como habitualmente lo utiliza el usuario. Los consumos obtenidos se presentan de manera detallada en el Cuadro 2.

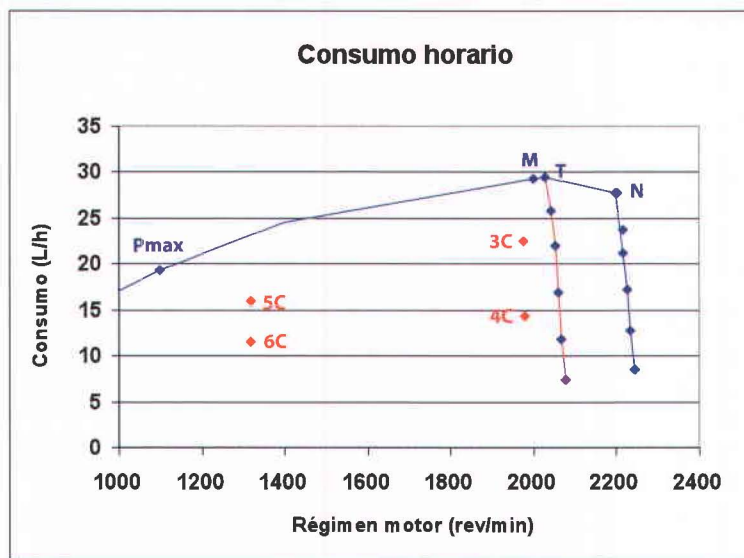
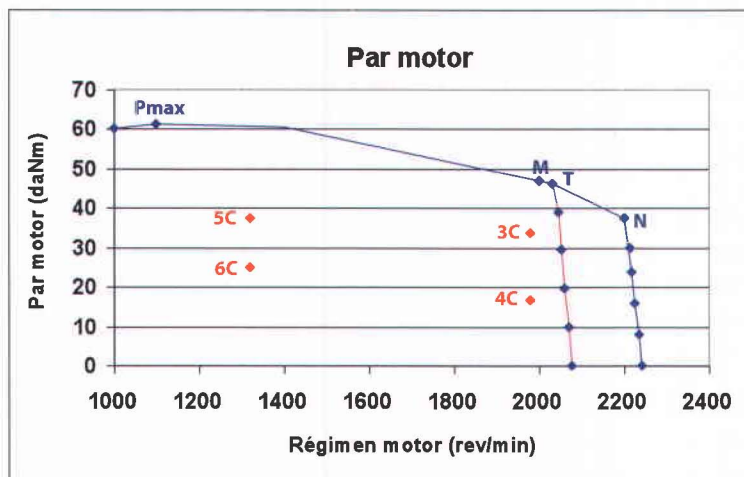
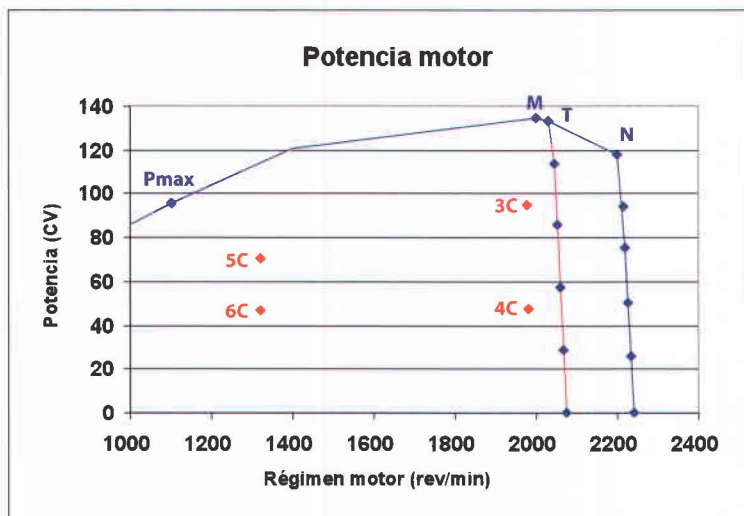
La temperatura ambiente durante los ensayos fue de 23°C, con una humedad relativa

**CUADRO 2.- CONSUMOS DE COMBUSTIBLE CON DIFERENTES NIVELES DE CARGA Y RÉGIMEN DEL MOTOR**

Referencia	Condiciones	Tipo de trabajo	Consumo de combustible (L/h)
Punto 2C	Potencia elevada a régimen nominal del motor	Trabajo de tracción pesado	23.74
Punto 3C	Potencia elevada al 90% del régimen nominal del motor	Trabajo pesado de tracción o a la toma de fuerza	22.47
Punto 4C	Potencia baja al 90% al régimen nominal del motor	Trabajo ligero de tracción o a la toma de fuerza	14.37
Punto 5C	Potencia elevada al 60% del régimen nominal del motor	Trabajo pesado de tracción o a la toma de fuerza, para conseguir mínimo consumo de combustible	15.90
Punto 6C	Potencia baja al 60% del régimen nominal del motor	Trabajo ligero de tracción a la toma de fuerza con bajas velocidades del motor	11.52

El consumo medio en los 6 puntos de referencia (1C-6C) es de 19.2 L/h, lo que equivale a 290 g/kWh (214 g/CVh) con una potencia media desarrollada de 57.6 kW (78.4 CV), que es el 58.5% de la potencia máxima que puede desarrollar el motor. Considerando solamente los 4 puntos de régimen reducido, el consumo medio es de 16 L/h, para una potencia media utilizada de 64.8 CV (48.3% de la potencia máxima del motor) y un consumo específico de 216 g/CVh.

GRÁFICO 2.- CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR



Marcados en rojo los puntos realizados a cargas parciales con el régimen del motor reducido.

del 42% y una presión atmosférica de 102.6 kPa. Las temperaturas máximas alcanzadas en los fluidos del motor fueron de 86°C para el refrigerante, 109°C para el aceite, 48 °C para el combustible y 31°C del aire en la aspiración.

En el Gráfico 2 se presentan las curvas características del motor (valores del Cuadro 1) correspondientes a la potencia, par motor y consumo horario. En rojo se marcan los valores correspondientes a los ensayos realizados con cargas parciales a bajo régimen del motor.

El consumo medio en los 6 puntos de referencia (1C-6C) es de 19.2 L/h, lo que equivale a 290 g/kWh (214 g/CVh) con una potencia media desarrollada de 57.6 kW (78.4 CV), que es el 58.5% de la potencia máxima que puede desarrollar el motor.

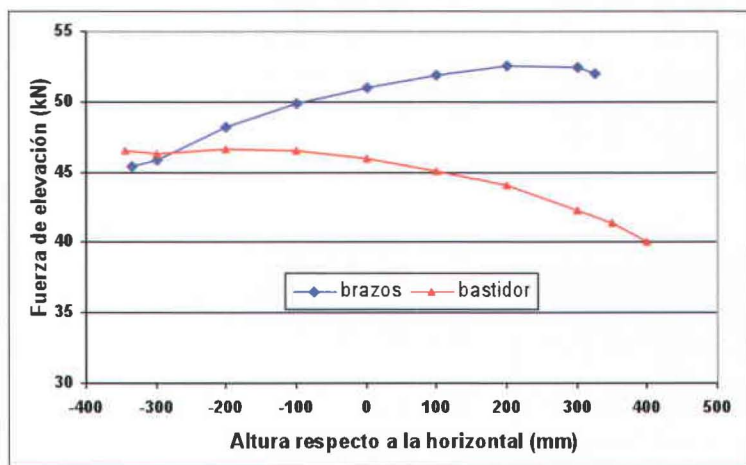
Considerando solamente los 4 puntos de régimen reducido, el consumo medio es de 16 L/h, para una potencia media utilizada de 64.8 CV (48.3% de la potencia máxima del motor) y un consumo específico de 216 g/CVh.

### Resultados de los ensayos en el sistema hidráulico y capacidad de elevación

En el ensayo realizado sobre el sistema hidráulico, aplicando la metodología establecida por el Código OCDE, se obtiene que el caudal máximo que puede suministrar la bomba utilizando una toma hidráulica doble es de 53.3 L/min, con una presión de 171 bar, lo que proporciona una potencia hidráulica de 15.2 kW (20.7 CV).

Utilizando dos o más salidas hidráulicas dobles se llega a un caudal de 98.5 L/min, con una presión de 153 bar, lo que representa una potencia hidráulica de 21.5 kW. El sistema de dirección dispone de bomba hidráulica independiente.

GRÁFICO 3.- CAPACIDAD DE ELEVACIÓN



En el ensayo de la capacidad de elevación en el enganche tripuntal, la fuerza mantenida en todo el recorrido es de 45.4 kN (unos 4 500 kg) si se ejerce sobre los brazos inferiores, y de 40.0 kN (unos 4 000 kg) con el bastidor normalizado.

La fuerza que puede ejercer el tripuntal en función de su posición respecto a la horizontal se representa en el Gráfico 3.

**Potencia de tracción a la barra y consumo de combustible**

El tercer bloque de ensayos incluido como 'obligatorios' corresponde a los de tracción en pista de hormigón con el tractor sin lastre. Un resumen simplificado de los mismos se presenta en el Cuadro 3.

Durante los ensayos de tracción en pista las condiciones de temperatura ambiente se mantienen entre 16 y 18°C, con una humedad relativa entre el 44 y el 52% y una presión atmosférica de 102 kPa, condiciones que se consideran normales y permiten obtener las máximas prestaciones del motor.

La temperatura del combustible se mantiene entre 34 y 52°C, la del líquido refrigerante entre 78 y 84°C y la del aceite del motor entre 51 y 102°C, que están dentro de los límites establecido por el fabricante.

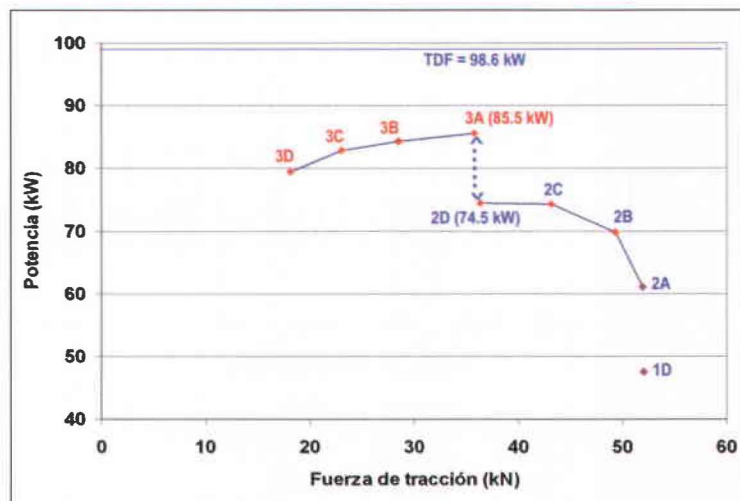
El máximo esfuerzo de tracción con el tractor sin lastre (5 775 kg de masa total, equivalentes a una fuerza de 56.59 kN) fue (relación 1A) de 52.3 kN a una velocidad real de avance de 1.74 km/h (14.7% de patinamiento). En estas condiciones el coeficiente de adherencia de la pista utilizada se observa que se hace igual al 92% (esfuerzo de tracción igual al 92% de la masa del tractor).

En las relaciones del cambio 1A a 2C se aprecia que la máxima potencia de tracción se alcanza sin que el régimen de funcionamiento del motor llegue a las 2 000 rev/min en el

que desarrolla su potencia máxima. Esto indica que la potencia de tracción está limitada por el patinamiento; como el ensayo se realiza sin lastrar el tractor, un lastrado complementario haría aumentar la potencia de tracción disponible en estas relaciones.

La potencia máxima alcanzada (relación 3A+, en la que actúa el 'power boost') fue de 85.5 kW a la velocidad de 8.6 km/h, con un patinamiento del 4.0%. Para este patinamiento el coeficiente de adherencia es del 63.2%, y la eficiencia total entre potencia de tracción y la medida en la toma de fuerza (98.6 kW) es del 86.7%. En la relación 2D en la que la el régimen del motor llega a las 2 000 rev/min (régimen de máxima potencia) solo se obtiene una potencia de tracción de 74.5 kW, lo que indica que no está actuando el 'power boost'. El esfuerzo de tracción, y por tanto el patinamiento, es similar en ambos casos, lo que demuestra que al entrar en funcionamiento el sistema de gestión de potencia, se puede realizar el mismo esfuerzo de tracción a mayor velocidad (pasar de 7.45 km/h en la 2D a 8.60 km/h en la 3A+)

GRÁFICO 4.- POTENCIA MÁXIMA DE TRACCIÓN EN LAS DIFERENTES RELACIONES DEL CAMBIO



CUADRO 3.- PRESTACIONES DEL TRACTOR MF 5475 EN EL ENSAYO DE TRACCIÓN EN PISTA DE HORMIGÓN.

Altura gancho: 500 mm; presiones inflado de neumáticos: delanteros 100 kPa, traseros 100 kPa

Cambio	Potencia kW	Tracción kN	Velocidad km/h	Régimen motor rev/min	Desliz. %	Consumo espec. g/kWh
Potencia máxima en las relaciones del cambio ensayadas (tractor sin lastre)						
1A	25.3	52.3	1.74	2221	14.7	511
1B	30.4	51.7	2.12	2222	14.7	485
1C	37.2	52.1	2.57	2217	15.2	430
1D	47.5	52.1	3.28	2208	13.0	390
2A	61.0	51.9	4.23	2201	11.1	345
2B	69.9	49.3	5.11	2143	8.8	331
2C	74.2	43.2	6.18	2068	7.0	319
2D	74.5	36.4	7.45	2002	6.6	319
3A+	85.5	35.8	8.60	2009	4.0	296
3B+	84.3	28.5	10.65	2002	3.2	296
3C+	82.9	23.1	12.92	1991	3.0	302
3D+	79.5	18.2	15.72	2004	4.0	312
<b>Consumo de combustible</b>						
(1) relación del cambio elegida que permita 7.5 km/h, a potencia máxima con el régimen nominal del motor						
2C	67.8	37.3	6.55	2199	7.6	333
(2) al 75% del esfuerzo a potencia máxima con régimen nominal del motor						
2C	51.6	28.1	6.63	2204	7.2	362
(3) al 50% del esfuerzo correspondiente a la potencia máxima con régimen nominal del motor						
2C	35.2	18.6	6.82	2220	5.9	434
(4) en la relación del cambio máxima permitida, con régimen del motor reducido, condiciones (2) y (3); igual esfuerzo de tracción y velocidad de avance que en (2)						
2D	51.2	28.1	6.55	1786	6.1	341
(5) en la relación del cambio (4) con el régimen del motor reducido; igual esfuerzo de tracción y velocidad de avance que (3)						
2D	35.3	18.4	6.89	1825	4.2	380
(6) en la relación del cambio entre 7 y 10 km/h a régimen nominal						
3A+	68.3	27.3	9.01	2200	5.5	345
(7) al 75% del esfuerzo a potencia máxima con régimen nominal del motor de (6)						
3A+	50.8	20.1	9.11	2209	4.6	392
(8) al 50% del esfuerzo a potencia máxima con régimen nominal del motor de (6)						
3A+	34.7	13.6	9.20	2218	3.5	470
(9) relación superior y régimen del motor reducido para obtener el mismo esfuerzo de tracción a la misma velocidad que en (7)						
3B+	51.6	20.4	9.10	1807	4.6	332
(10) relación superior y régimen del motor reducido para obtener el mismo esfuerzo de tracción a la misma velocidad que en (8)						
3B+	34.8	13.6	9.23	1816	3.5	376
Notas aclaratorias:						
• En las relaciones en las que se incluye el + está funcionando la gestión de potencia (power boost). Actúa a más de 1400 rev/min y velocidad superior a 6 km/h.						
• Cuando se superan los 15 km/h (relación 3D+) se desconecta automáticamente la tracción delantera, los que explica el aumento del deslizamiento con menor esfuerzo de tracción.						

Los valores de potencia máxima obtenidos en cada una de las relaciones del cambio ensayadas se representan en los Gráficos 4 y 5.

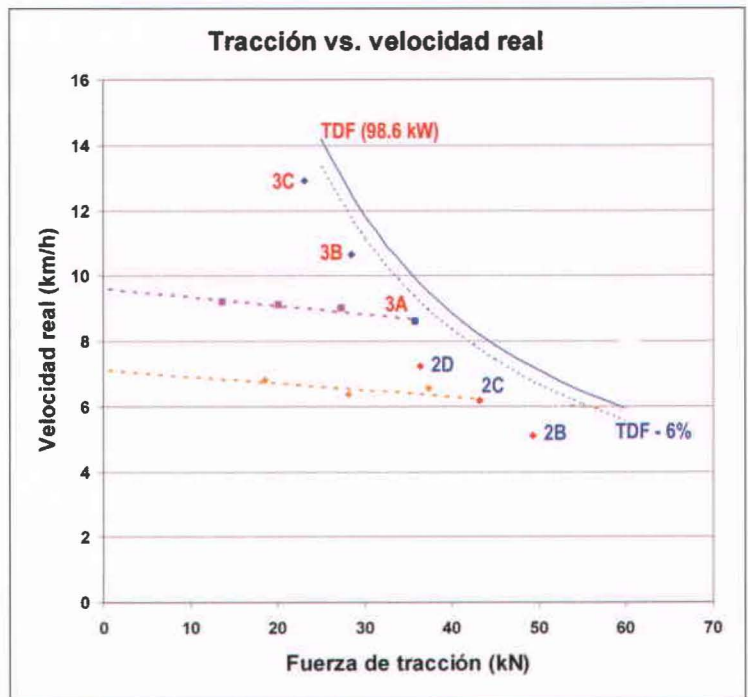
**Influencia del sistema de gestión de potencia en las prestaciones en tracción**

En el Boletín oficial del ensayo no se han incluido las prestaciones del motor medidas en la toma de fuerza cuando no actúa el sistema de gestión 'power boost'. Sin embargo, de las pruebas de tracción en pista se puede deducir el efecto de la gestión de potencia en las prestaciones del tractor.

En el Gráfico 5, en el que se representan las relaciones entre fuerza de tracción y velocidad real de avance para diferentes relaciones del cambio, se aprecia como en las relaciones en las que actúa el sistema 'power boost' (3A+, 3B+ y 3C+) la potencia de tracción se aproxima más a la que llega al eje de las ruedas motrices (cuantificada como el 94% de la obtenida en el ensayo a la toma de fuerza). Esto no sucede en la con las relaciones 2B, 2C y 2D en las que no actúa el sistema de sobrepotencia.

En el Gráfico 5 se han marcado los puntos correspondientes a cargas parciales

GRÁFICO 5.- TRACCIÓN VS. VELOCIDAD REAL EN LAS DIFERENTES RELACIONES DEL CAMBIO



correspondientes a las relaciones 3A y 2C, con valores procedentes de la determinación del consumo de combustible (cuadro 3) y se observa como la velocidad de avance se reduce progresivamente en función del régimen del motor, aunque también interviene el aumento del patinamiento cuando lo hace el esfuerzo de tracción.

Por otra parte, en la Cuadro 3 se puede observar que bajando

el régimen del motor cuando se necesita menos potencia ( 4) y (5) respecto a (2) y (3), y (9) y (10) respecto a (7) y (8)), el consumo específico de combustible se reduce, manteniendo el mismo esfuerzo de tracción y la velocidad de avance (elección de una relación del cambio más larga), lo que confirma lo obtenido en el ensayo del motor realizado en la toma de fuerza, con régimen reducido a carga parcial.

**PARTE 3.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PRÁCTICAS**

El resultado de los ensayos realizados según lo establecido por el Código II de la OCDE pone de manifiesto que el tractor Massey Ferguson 5475 Dyna-4 es un modelo de gama alta en el segmento de mercado de tractores 'grandes', según la clasificación que se utiliza en Agro-Técnica a efectos estadísticos, con diferentes opciones tecnológicas que permiten adaptarlo

a la demanda de los usuarios. El motor utiliza la tecnología common rail con 4 válvulas por cilindro y turbo postenfriado con recirculación externa de los gases de escape (EGR) para conseguir elevadas prestaciones cumpliendo el nivel de emisiones Tier 3.

La potencia máxima la ofrece al régimen de 2 000 rev/min y alcanza los 134.1 CV

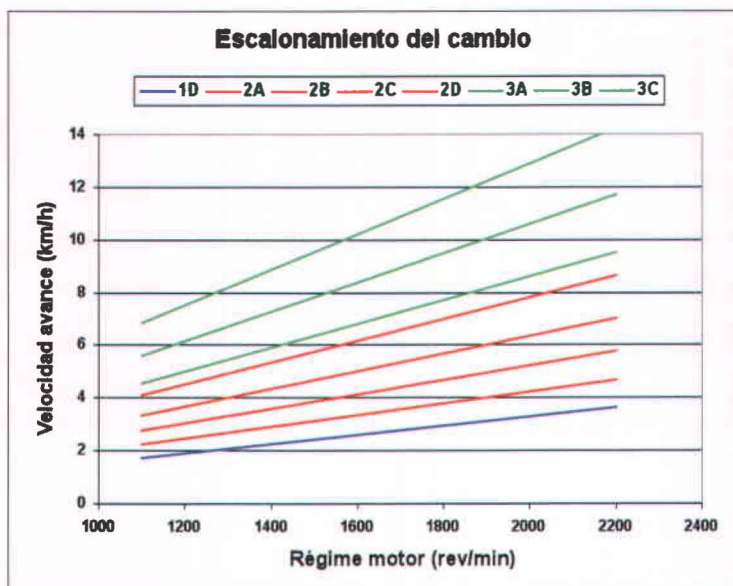
netos (medidos en la toma de fuerza); la potencia al régimen nominal del motor de 2 200 rev/min es de 1 17.4 CV; en el intervalo de 1 500 a 2 200 rev/min se mantiene la potencia efectiva por encima de este valor. El par máximo de 611 Nm, a 1 100 rev/min, que se mantiene prácticamente constante en el intervalo 1 400 a 1 100 rev/min, con una reserva de par

del 63%. Estos valores se obtienen funcionando el sistema de gestión de potencia ('power boost'), que actúa siempre que se demanda potencia a la toma de fuerza.

El consumo medio sobre los seis puntos, que se aconseja tomar como referencia para comparaciones entre diferentes modelos de tractor es de 19.2 L/h (214 g/CVh), con una potencia media utilizada de 78.4 CV, que es el 58.5% de la potencia máxima disponible en el motor. En consecuencia, con el depósito de combustible de 145 litros se dispondría de una autonomía de cerca de 8 horas.

El sistema de gestión de potencia ('power boost') actúa cuando se trabaja con la toma

GRÁFICO 6.- VELOCIDADES DE AVANCE EN DIFERENTES RELACIONES DEL CAMBIO



CUADRO 4.- VELOCIDADES DE AVANCE TEÓRICAS (en km/h con neumáticos traseros 460/85 R38)

Régimen motor (rev/min)	Relaciones del cambio							
	2A	2B	2C	2D	3A	3B	3C	3D
2 200	4.68	5.76	7.02	8.64	9.51	11.69	14.26	17.54
2 000	4.25	5.24	6.38	7.85	8.65	10.63	12.96	15.95
1 100	2.24	2.75	3.36	4.13	4.55	5.59	6.82	8.39

de fuerza, o bien en tracción para las relaciones 3A y superiores, con velocidades de más de 6 km/h y superando la 1 400 rev/min de régimen del motor. Esto permite aumentar la potencia de tracción sobre la pista en 13.6 CV (relación 3A respecto a la 2D).

La transmisión Dyna-4 del tipo PowerShift, sobre cuatro relaciones en carga y 4 grupos sincronizados, incluye la gestión 'eco' para reducir el régimen del motor en transporte minimizando el consumo de combustible.

El número de relaciones del cambio con las que se pueden conseguir velocidades de trabajo entre 5 y 13 km/h para el régimen de potencia máxima (2 000 rev/min) es de 6.

Para las del mismo grupo (cambio en carga), los 'escalos-

nes' son del 21-23%, que se consideran adecuados para este sistema de cambio. Entre las relaciones 2D y 3A el 'escalón' es del 10%, lo que facilita el paso entre ambas al ser marchas sincronizadas que simulan un cambio en carga. No hay relaciones repetidas en el cambio.

El sistema hidráulico principal ofrece un caudal máximo de 98.5 L/min, con una presión máxima de 153 bar, y la capacidad de elevación en el enganche tripuntal de 2 Categoría, en todo el recorrido, es de 4 500 kg si se ejerce en los brazos inferiores y de 4 000 kg en el bastidor normalizado.

La eficiencia en tracción para pista de hormigón con el tractor sin lastre, tomando como referencia la medida de la potencia en la toma de fuerza,

para la relación 3A (la más eficiente) ha sido del 86.7%. Esta eficiencia está influenciada por la adherencia de la pista en la que se realiza el ensayo (no todas las pistas ofrecen el mismo coeficiente de adherencia)

**Eficiencia en la transmisión**

Utilizando 0.867 (86.7%) para la eficiencia total en tracción, y contando que la eficiencia en tracción se puede calcular como  $TE = (1-\delta) \times (\mu - k)$ , siendo  $\delta$  = deslizamiento,  $\mu$  = coeficiente de tracción, y  $k$  = coeficiente de resistencia a la rodadura, se puede valorar por diferencia las pérdidas globales en la transmisión, asumiendo que la potencia del motor se mide a la toma de fuerza.

Así, para la pista de hormigón:

CUADRO 5.- PESO RECOMENDADO EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD Y DE LA POTENCIA UTILIZADA

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)	Peso recomendado (kg)					
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

• Rendimiento en la transmisión = 0.87  
 • Coeficiente de tracción (rastraje) = 0.6

- $k = 0.02$
- $\delta = 0.04$
- $\mu = 0.63$  (relación 3A+, a máxima potencia de tracción)

$$TE = (1 - 0.04) \times (0.63 - 0.02) / 0.63 = 0.930.$$

La eficiencia total será:  $TE \times \eta_t$ , por lo que la eficiencia en la transmisión será:

$$\eta_t = \text{Eficiencia} / TE = 0.867 / 0.930 = 0.933$$

Si se considera que entre el motor y la toma de fuerza se pierde alrededor de un 3-4%, esto indica que las pérdidas en la transmisión entre el motor y las ruedas para la relación 3A, cuando se consigue la máxima potencia de tracción, serían de aproximadamente el 3-4%.

#### Adecuación de los neumáticos

La evaluación de la adecuación de los neumáticos a las características del tractor puede hacerse a partir de la masa de referencia de 5 775 kg (peso del tractor sin lastre incluyendo el conductor).

Considerando que la potencia máxima recomendada para trabajo continuo sería la obtenida en el ensayo del consumo de combustible a carga elevada con régimen del 90% del nominal

CUADRO 6.- MASA DEL TRACTOR CON LASTRE COMPLEMENTARIO

Masa (kg)	6 750	eje	rueda
Delantero (kg)	50%	3 375	1 688
Trasero (kg)	80%	5 400	2 700

CUADRO 7.- MASA DEL TRACTOR SIN LASTRE COMPLEMENTARIO

Masa (kg)	5 775	eje	rueda
Delantero (kg)	50%	2 887	1 444
Trasero (kg)	80%	4 620	2 310

del motor (punto C3), que es de 69.6 kW (de 94.6 CV), para trabajar a 4.5 km/h se necesitaría una masa total del tractor de 6 075 kg, mientras que para trabajar a 6.5 km/h serían suficiente con 4 673 kg. En el primero de los casos habría que utilizar lastre complementario (unos 300 kg), que puede sustituirse para la transferencia de peso que producen algunos aperos.

Las cargas que tendrían que soportar los neumáticos, sobre la base de 6 750 kg del tractor con lastre y sin lastre, serían los indicados en los Cuadros 6 y 7.

La evaluación de los neumáticos del tractor de ensayo puede hacerse utilizando como referencia las tablas del fabricante. Para los neumáticos radiales con las dimensiones indicadas, las cargas máximas admisibles

serían las del cuadro 6, lo que indica que dispone de neumáticos dimensionados para trabajar con presiones de 1.2 bar con el tractor lastrado para alcanzar los 6 750 kg. Sin lastre y para velocidades de más de 6.5 km/h se puede reducir la presión de inflado de los neumáticos hasta 0.8 bar, lo que ayuda a reducir la compactación del suelo.

En consecuencia, los neumáticos pueden considerarse como 'suficientes', aunque a los usuarios interesados en reducir la compactación del suelo les puede convenir cambiarlos por otros de mayor anchura, lo que permitiría bajar la presión de inflado y reducir el patinamiento con grandes esfuerzos de tracción.

El modelo ensayado no incluye la suspensión primaria en

CUADRO 6.- CAPACIDAD DE CARGA DE LOS NEUMÁTICOS (en kg)

Neumáticos delanteros (380/85R28 – 14.9 R28)				Neumáticos traseros (650/65R38)			
Velocidad			Presión	Velocidad			Presión
40 km/h	30 km/h	10 km/h	bar	40 km/h	30 km/h	10 km/h	bar
1 170	1 250	1 590	0.6	1 950	2 090	2 660	0.6
1 300	1 390	1 760	0.8	2 160	2 310	2 940	0.8
1 420	1 520	1 930	1.0	2 370	2 540	3 220	1.0
1 550	1 660	2 100	1.2	2 580	2 760	3 510	1.2
1 670	1 790	2 270	1.4	2 790	2 990	3 790	1.4
1 800	1 930	2 440	1.6	3 000	3 210	4 070	1.6
Circunferencia de rodadura = 4 050 mm				Circunferencia de rodadura = 5 265 mm			

el eje delantero, que se ofrece como opción. La incorporación de esta opción posiblemente produciría una mejora de las prestaciones al reducir el patinamiento.

En relación con la ergonomía del puesto de conducción, se puede resaltar la simplicidad y la facilidad de manejo, manteniendo una estructura similar para todos los modelos en las que se incorpora la transmisión Dyna, cualquiera que sea su nivel de especificaciones. La palanca de cambio de sentido en el lado izquierdo del volante incluye la parada activa y la posibilidad de cambio entre las relaciones

**Los neumáticos se consideran como 'suficientes', aunque se pueden cambiar por otros de mayor anchura para reducir la compactación**

PowerShift. Ofrece diferentes opciones para adaptar el tractor a las diversas alternativas de guiado automático y control de aperos en los sistemas de Agricultura de Precisión.

**Recomendaciones para los usuarios**

La información que proporciona un ensayo OCDE, además de indicar las prestaciones máximas del tractor y los consumos de combustible a cargas parciales, sirve para dar unas recomendaciones prácticas a los usuarios, de forma que lo puedan utilizar de modo eficiente.

En el Gráfico 6 se resumen las prestaciones del motor en un diagrama par equivalente/régimen de giro. Sobre el mismo se marcan los puntos de potencia máxima: M+ = máxima del motor, T+ = máxima al régimen normalizado de la TDF, y N+ = máxima al régimen nominal del motor (obtenidas actuando el 'power boost' en el ensayo a la TDF), junto con otros puntos de referencia a cargas parciales, tanto en la zona de corte del regulador como a régimen reducido.

Para compatibilizar la eficiencia en la utilización del combustible con el aprovechamiento de la potencia disponible en el motor se recomienda trabajar a un régimen entre 1 700 y 2 000 rev/min, con una carga que no supere el 100% del par nominal



(375 Nm). La eficiencia conseguida en el punto C3 es de 275 g/kWh (202 g/CVh).

Cuando las operaciones agrícolas demandan baja potencia conviene utilizar un régimen de funcionamiento del motor entre 1 100 y 1 600 rev/min, para minimizar el consumo de combustible. El mínimo consumo específico obtenido en el ensayo del motor corresponde al punto C5 y es de 262 g/kWh (192 g/CVh). Destaca la eleva-

da reserva de par en el motor (del 63%) y el intervalo de régimen en el que se mantiene el par máximo (1 100 a 1 400 rev/min)

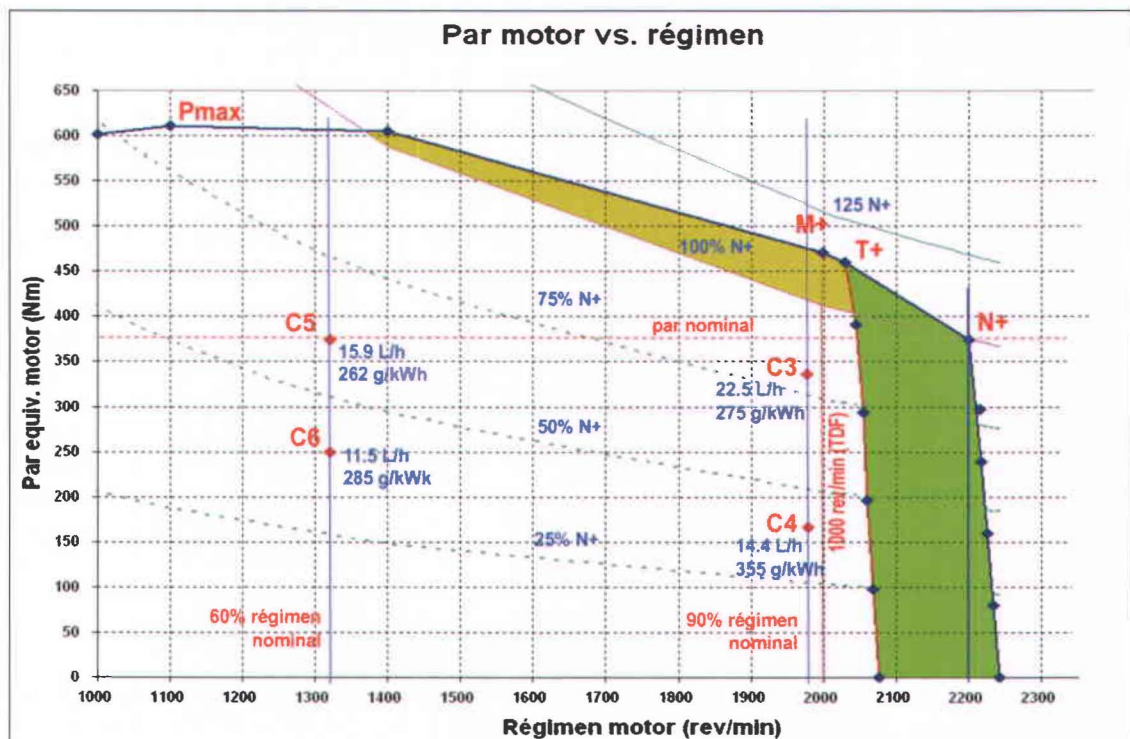
El Gráfico 6, junto con la información sobre el escalonamiento del cambio (Cuadro 8), se puede utilizar para elegir los aperos más apropiados para las características de este tractor, en equilibrio entre la capacidad de trabajo y el menor consumo de combustible.

**Apero aconsejables**

Para la utilización del Gráfico 6, se debe tomar en consideración que los valores se han obtenido cuando actúa el sistema de gestión de potencia ('power boost'), por lo que no son directamente utilizables en las relaciones del cambio de los grupos 1 y 2.

En consecuencia, para elegir un apero apropiado que demanda elevado esfuerzo de tracción a baja velocidad, habrá

GRAFICO 6.- RESUMEN DE PRESTACIONES DEL MOTOR DEL TRACTOR MASSEY FERGUSON 5475 DYNA-4



- La potencia en cualquier punto de funcionamiento se puede calcular multiplicando el régimen del motor (n) por el par equivalente (par); así, para n = 1 800 rev/min y par = 250, la potencia NTDf será  $1\ 800 \times 250 / 9\ 550 = 47.1\ \text{kW}$  (64 CV).
- La zona marcada en amarillo corresponde al funcionamiento del motor en que se obtiene más del 100% de la potencia a régimen nominal.
- La zona marcada en verde corresponde a la potencia obtenida con corte del regulador si el acelerador se sitúa para alcanzar un régimen del motor más alto del que se necesita para obtener las 1 000 rev/min en la TDF.
- Los valores obtenidos corresponden al motor cuando actúa el sistema de gestión de potencia ('power boost').
- Los seis puntos de referencia marcados en rojo 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.

que utilizar como referencia los resultados del ensayo de tracción en pista (Cuadro 3) para determinar la potencia en las ruedas motrices.

Así, para determinar el arado de vertedera más apropiado, se puede utilizar como referencia los valores obtenidos en (4) del Cuadro 3.

La potencia en el conjunto de las ruedas motrices se puede calcular a partir de la potencia de tracción considerando la eficiencia en tracción sobre la pista de ensayo, o sea:

$$N_1 = N_B / TE; \text{ siendo } TE = (1 - \delta) \times (\mu - k) / \mu$$

Los valores para el cálculo de la eficiencia de tracción serían:

Deslizamiento:  $\delta = 6.1\%$ ;

Coefficiente de tracción:

$$\mu = 28.1 / 56.59 = 0.497;$$

Coefficiente de resistencia a la

rodadura:  $k = 0.02$ .

Así, la eficiencia en tracción para esta pista de ensayo en la relación 2D será:

$$TE_{2D-pista} = (1 - 0.061) \times (0.497 - 0.02) / 0.497 = 0.901$$

En consecuencia, la potencia que llega al conjunto de las ruedas motrices será.

$$N_1 = 51.2 / 0.091 = 56.8 \text{ kW}$$

Con una fuerza tangencial en las ruedas de 29.2 kN (28.1 + [masa tractor x 0.02]), y una velocidad teórica de avance de 6.98 km/h (6.55 / [1 - 0.061]).

La fuerza tangencial en las ruedas permite desarrollar una fuerza de tracción en campo igual a este valor menos las pérdidas por rodadura, mientras que la velocidad de avance es igual a la teórica multiplicada por el factor de deslizamiento (1 -  $\delta$ ).

Asumiendo que trabajando con un arado de vertedera en un suelo de tipo medio, el coeficiente de resistencia a la rodadura es de 0.10, y que el patinamiento puede ser del 10% con un coeficiente de tracción de 0.5, se deduce que el esfuerzo de tracción puede ser de 23.57 kN (29.2 - masa tractor x 0.10), equivalente a 2 405 kg, y la velocidad real de avance de 6.28 km/h (6.98 x [1 - deslizamiento]).

## Cuando las operaciones agrícolas

### demandan baja

### potencia conviene

### utilizar un régimen

### de funcionamiento

### del motor entre

### 1 100 y 1 600 rev/

### min, para minimizar

### el consumo de

### combustible

Además, el consumo de combustible en L/h se puede calcular a partir del consumo específico obtenido en pista, junto con la potencia de tracción sobre la que se ha calculado. Así, en consumo el kg/h, para la relación 2D en el punto (4) será:

$$51.2 \text{ [kW]} \times 0.341 \text{ [kg/kWh]} = 17.5 \text{ kg/h, que equivalen a } 20.5 \text{ L/h con una densidad de gasóleo de } 0.853.$$

Para un suelo de tipo medio, con una resistencia específica de sección trabajada con arado de vertedera de 50 kg/dm<sup>2</sup>, utilizando un arado de 14 pulgadas

(35 cm de anchura de corte por cuerpo) y trabajando a una profundidad de 28 cm, el esfuerzo de tracción que demanda cada cuerpo sería de 50 x 3.5 x 2.8 = 490 kg, por lo que el tractor podría arrastrar sobradamente un arado de cuatro cuerpos de 14 pulgadas (2 405 / 490), con una anchura de trabajo de 1.40 m, a una velocidad de 6.28 km/h, lo que daría una capacidad de trabajo teórica (sin considerar tiempos perdidos por vueltas) de 1.40 x 6.28 / 10 = 0.88 ha/h (1.14 h/ha) con un consumo de combustible de 1.14 x 20.5 = 23.3 L/ha (régimen del motor de unas 1 750 a 1 800 rev/min para optimizar el consumo de combustible).

La relación 2C utilizada permite pasar a la 2D (cambio en carga) si las condiciones de trabajo son favorables, con el consiguiente aumento de la capacidad de trabajo y reducción del consumo de combustible, así como pasar a una marcha más corta en las zonas difíciles de la parcela, o para superar una pendiente.

El cálculo del tamaño de un apero que pueda trabajar con relaciones del cambio en las que actúa el sistema 'power boost' (3A y superiores), puede hacerse utilizando la información que suministra el Gráfico 6.

Sobre esta base, se pueden calcular, las dimensiones del chisel o cultivador pesado, tomando como objetivo que el motor funcione en el punto C3 (consumo de 22.5 L/h). En estas condiciones el régimen del motor es de 1 978 rev/min, y la potencia disponible es de 69.6 kW (94.7 CV) y el par motor correspondiente sería de 336 Nm.

Parece adecuado seleccionar la relación 3A que daría una velocidad teórica de avance algo inferior a 8.65 km/h (Cuadro 8), y un par motor de 336 Nm (aprox. 33 mkg) por lo que el par en las ruedas motrices sería de

CUADRO 8.- VELOCIDADES DE AVANCE (km/h) Y  
RELACIÓN DE TRANSMISIÓN EN DIFERENTES POSICIONES DEL CAMBIO

Velocidad	2A	2B	2C	2D	3A	3B	3C	3D
2 200 rev/min	4.68	5.76	7.02	8.64	9.51	11.69	14.26	17.54
2 000 rev/min	4.25	5.24	6.38	7.85	8.65	10.63	12.96	15.95
Relac. transmisión	146.19	118.85	97.46	79.23	71.98	85.52	47.98	39.01

33 x 71.98 = 2 375 mkg, que con un 4% de pérdidas en la transmisión quedaría reducido a 2 280 mkg.

Utilizando como radio de las ruedas del eje trasero el valor del radio índice del neumático (825 mm), la fuerza tangencial, asumiendo que toda la potencia se transmite por las ruedas del eje trasero será:  $2\ 280 \times 0.825 = 1\ 881$  kg.

Para un 4% de pérdida de potencia en la transmisión (toma de fuerza-ruedas motrices), y 0.1 de coeficiente de resistencia a la rodadura, la fuerza de tracción será igual a la fuerza tangencial menos la fuerza perdida por rodadura; pudiendo asumir que para un suelo de tipo medio ( $k = 0.1$ ) sería de:  $5\ 775$  (masa del tractor en kg) x 0.10 = 577 kg, o sea:  $1\ 881 - 577 = 1\ 304$  kg.

Con un esfuerzo de tracción menor de la mitad de la masa total del tractor, el deslizamiento estaría por debajo del 8%, por lo que la velocidad real de avance sería:  $8.65 - 0.92 = 7.96$  km/h.

La anchura del chisel aconsejado sería, sobre la base de una resistencia específica por metro de anchura de trabajo con 20 cm de profundidad ( $50$  kg/dm<sup>2</sup> x  $0.5 \times 10$  dm x  $2.0$  dm = 500 kg), el resultado de dividir los 1 300 kg de fuerza de tracción entre 500 kg, lo que indica que puede trabajar sin dificultad con un chisel de 2.50 metros a una velocidad real de 7.96 km/h, lo que da una capacidad teórica de trabajo de  $2.5 \times 7.96 / 10 = 1.99$  ha/h (0.50 h/ha). En estas condiciones el consumo de combustible sería de 22.5

x 0.50 = 11.25 L/ha (sin contar pérdidas en las vueltas).

#### Régimen del motor en transporte y en campo

El ensayo OCDE no incluye pruebas específicas a velocidades normales de transporte. Tomando como referencia las curvas de potencia del motor con gestión de potencia, y el

**Puede trabajar sin dificultad con un chisel de 2.50 metros a una velocidad de 7.96 km/h y un consumo de combustible de 11.25 L/ha (sin considerar pérdidas en las vueltas)**

hecho de que el tractor puede disponer de la transmisión 'eco' se deduce que las velocidades máximas de transporte arrastrando remolques pesados se consiguen con el motor trabajando a bajo régimen, lo que permite reducir el consumo de combustible y el desgaste del motor

Así, para un conjunto de tractor con remolque, con masa total de 20 toneladas, en una carretera horizontal con un coeficiente de resistencia a la rodadura de 0.03, el esfuer-

zo de necesario para mover el conjunto sería de 600 kg, que a una velocidad de 25 km/h demandaría una potencia de:  $600$  (kg) x  $25$  (km/h) /  $270 = 55.5$  CV (40.8 kW), lo que representaría un consumo de combustible de aproximadamente 11-12 L/h (punto 6C del Cuadro 4 y gráfico 6, con 60% del régimen nominal del motor).

Por otra parte, si se disponen de diferentes aperos y se desea utilizarlos eficientemente con este modelo de tractor, se recomienda:

- Para labores pesadas ajustar el acelerador sobre las 1 800 – 2 000 rev/min antes de iniciar el recorrido trabajando sobre la parcela. Observar la caída de vueltas que se produce, que debe estar entre 150 y 250 rev/min. Si la caída es mayor de 250 vueltas se debe de cambiar a una marcha más corta; por el contrario, si la caída es menor de 150 rev/min se recomienda utilizar una relación del cambio más larga.
- En las labores ligeras se recomienda actuar de igual forma, sobre la base de fijar el régimen inicial entre 1 300 y 1 600 rev/min, siempre que sea esta relación del cambio adecuada para la velocidad máxima de trabajo condicionada por el tipo de labor.

La información que proporciona el Gráfico 6, junto con las relaciones de transmisión en cada relación del cambio (Cuadro 8), permite ajustar las condiciones de trabajo para optimizar el consumo de combustible con elevadas prestaciones. ■