



Evaluación del tractor

JOHN DEERE 6630 PREMIUM AUTOQUAD

CON RECOMENDACIONES PRÁCTICAS PARA LOS USUARIOS

Seguidamente se realiza la evaluación del tractor John Deere 6630 AutoQuad Plus EcoShift, 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-cod-db/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. También se puede solicitar el ensayo completo al fabricante que lo ha encargado, que se publica generalmente en inglés.

Utilizando la información que proporciona el ensayo del tractor John Deere 6630 AutoQuad Plus EcoShift, aprobado por la OCDE el 7 de abril de 2009 con el n° 2/2 469, seguidamente se realiza la evaluación práctica del mismo.

De este modelo de tractor, con sus diferentes variantes, se vendieron en España 170 unidades en el año 2010, en un segmento de mercado con potencias comprendidas entre 110 y 160 CV, en el que el total de ventas en el año fue de 2 195 unidades.

Identificación

Es importante establecer el modelo de tractor al que corresponde el ensayo. En este caso, el John Deere ensayado corresponde al modelo Premium, que utiliza un motor de 4 válvulas por cilindro. Su número de se-

rie de fabricación es el 519731, y corresponde a la versión que se comercializa en la Región 2, cumpliendo el nivel de emisiones Tier 3, EPA y Directiva 2000/25/EC.

El número de serie del motor en el tractor ensayado ha sido el L006432, y corresponde al

modelo 6068HL480 (DD21334) con 6 cilindros, inyección directa y sobrealimentado con turbo de geometría variable.

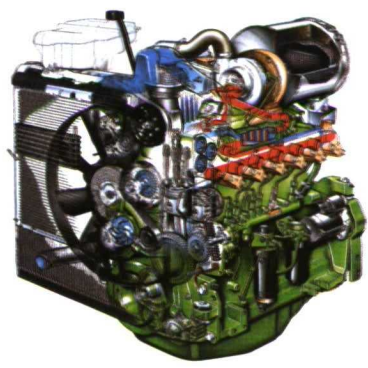
La homologación de tipo CE certifica para el motor del tractor (Directiva 97/68/CE) una potencia al régimen nominal (sin ventilador) de 130

CV (95.5 kW) y una potencia máxima de 137 CV (100.5 kW). El régimen nominal es de 2300 rev/min, mientras que la potencia máxima se consigue a 1900 rev/min. La transmisión corresponde a la AutoQuad Plus EcoShift 24/24 para 40 km/h.

PARTE 1.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Las características técnicas de los elementos esenciales son las siguientes:

Motor



Fabricado por John Deere, es del tipo 6 cilindros en línea, con 4 válvulas por cilindro, 106.5 mm de diámetro y 127 mm de carrera (cilindrada total de 6 788 cm³), sobrealimentado y post-enfriado con un turbocompresor Borg Warner de geometría variable, para una presión máxima de 83 kPa.

El sistema de inyección common rail es de la marca Denso, con gestión inteligente de potencia al superar los 15 km/h o accionar la toma de fuerza. Los inyectores, de la misma marca, disponen de 6 orificios de salida con una presión de inyección de 3 240 ± 500 kPa.

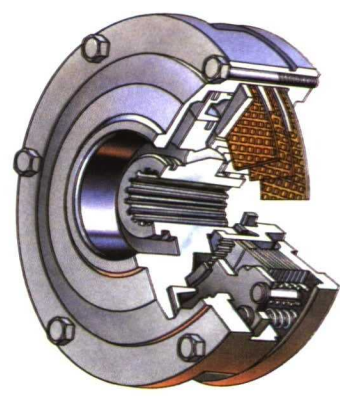
Utiliza regulador electrónico Bosch con rango de ajuste entre 850 y 2 460 rev/min. El prefiltro y el filtro de aire son

de la marca Donaldson, del tipo papel seco, y dispone de indicador de colmatado. La refrigeración es por líquido y utiliza un ventilador de 9 palas con 600 mm de diámetro. La capacidad de fluido refrigerante es de 33.6 litros. Para el control de la temperatura del motor se utiliza termostato y accionamiento a velocidad variable del ventilador en función de la temperatura del aire.

El equipo eléctrico lo componen un motor de arranque de 3 kW de potencia, un alternador de 1.3 kW y una batería de 12 voltios con 174 Ah.

Transmisión

El embrague es el Perma Clutch de John Deere, con 4 platos de 225 mm de diámetro cada uno, que se controla por pedal y palanca de inversión; accionamiento mecánico asistido por circuito hidráulico de baja presión.

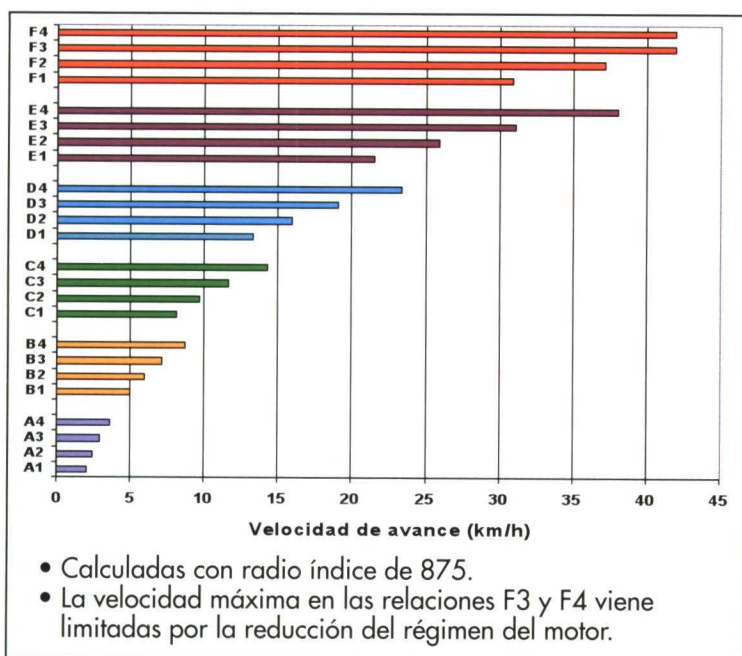


La transmisión utilizada en el modelo de ensayo es la AutoQuad Plus, 40 km/h EcoShift, con cuatro relaciones de paso en carga (PowerShift) marcadas con los números 1, 2, 3 y 4, que se seleccionan automáticamente.

El embrague es el Perma Clutch de John Deere, con 4 platos de 225 mm de diámetro cada uno, que se controla por pedal y palanca de inversión

te, junto con 6 grupos (A, B, C, D, E y F) sincronizados. Está lubricada por aceite a presión con sistema de refrigeración del aceite. El escalonamiento del cambio se indica en el Gráfico 1. Dispone de inversor hidráulico con mando por palanca situada a la izquierda del volante; el número de relaciones del cambio hacia atrás es el mismo que hacia delante. Para el cambio de grupo se puede utilizar el pulsador situado en la propia palanca, que se encarga de controlar el embrague.

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



El eje trasero John Deere incluye el diferencial y reducción final por engranajes planetarios. El bloqueo del diferencial es del tipo multidisco con accionamiento electro-hidráulico.

El eje delantero incluye sistema de suspensión primaria ajustable, y reducción final por planetarios. Embrague electro-hidráulico de la transmisión y bloqueo de diferencial multidisco de conexión y desconexión automática. El número de vueltas de las ruedas delanteras por vuelta de las traseras (relación mecánica) es de 1.1796.

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. La altura del eje es de 750 mm respecto al suelo, y se encuentra situado en el plano medio del tractor y a 540 mm del eje trasero.

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

- Salida 540: 3.9685
- Salida 540E: 3.1200
- Salida 1000: 2.2085

Sistema hidráulico y enganche tripuntal

El sistema hidráulico utilizado es marca John Deere, controlado electrónicamente. Es de centro cerrado tipo *load sensing* con sistema de presión y caudal compensados (PCF).

Dispone de dos cilindros hidráulicos externos de simple

efecto, con 90 mm de diámetro y 175 mm de carrera. Válvula limitadora de presión que actúa entre 20.5 y 21.5 MPa.

Las bombas del sistema hidráulico son de engranajes con 28 cm³ o de 45 cm³. En el primer caso el caudal proporcionado es de 71 L/min a régimen nominal del motor, mientras que en el segundo caso es de 114 L/min. Su accionamiento se realiza por engranajes desde la transmisión. El aceite hidráulico utilizado es el mismo de la transmisión.

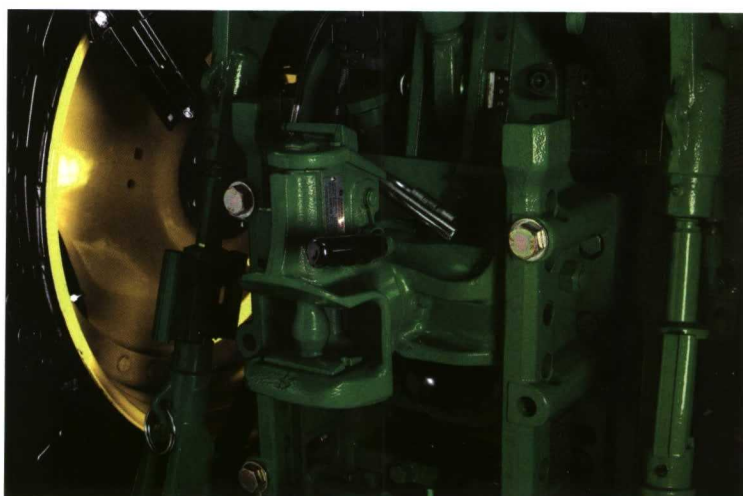
Ofrece de serie tres tomas hidráulicas de doble efecto con control electrónico del caudal y del tiempo de apertura. Para servicios externos se admite la salida de un volumen de aceite entre 10 y 25 L (tractor estacionario).

El enganche en tres puntos es de categoría 2 (ISO 730). El control de tracción electrónico se realiza por los brazos inferiores.

Sistema de dirección y frenos

La dirección es hidrostática en las ruedas del eje delantero, y el sistema está conectado al circuito hidráulico principal.

Los frenos de servicio son de plato en baño de aceite con dos caras activas, unidos a los semiejes traseros en la salida



del diferencial. El diámetro de los discos es de 313 mm. Al accionar el pedal de frenado se produce el acoplamiento de la transmisión al eje delantero.

El freno de estacionamiento es de tipo banda con accionamiento mecánico, independiente del freno de servicio; actúa directamente sobre el diferencial con un tambor de 307 mm de diámetro. También incluye sistema de bloqueo de la transmisión en la posición 'P'.

Dimensiones de referencia y puesto de conducción

La distancia entre ejes es de 2 650 mm; la anchura de vía

La distancia entre ejes es de 2 650 mm; la anchura de vía se puede ajustar entre 1 652 y 1 912 mm para las ruedas del eje delantero y entre 1 558 y 2 028 mm en las del eje trasero

se puede ajustar entre 1 652 y 1 912 mm para las ruedas del eje delantero y entre 1 558 y 2 028 mm en las del eje trasero, mediante cambios en la posición de la llanta.

La cabina es de la marca John Deere (tipo CG017) con

número de aprobación OCDE 4/0 970. El asiento es Gramer 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 DE LA DLG (ALEMANIA)

Condiciones de tractor ensayado

La longitud total del tractor en las condiciones de ensayo fue de 4 720 mm, con una anchura de 2 420. La altura total de la cabina era de 2 890 mm y el despeje sobre el suelo de 480 mm.

La densidad del gasóleo utilizado de 0.8373 g/L

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

- Motor: 19.5 litros; cambio cada 500 horas (también el filtro)
- Conjunto transmisión: 55 litros; cambio cada 1 500 horas (cambio del filtro cada 750 horas)
- Eje delantero 8.2 litros; cambio cada 1 500 horas
- Número de puntos de engrase: 21

Capacidad del depósito de combustible: 207 ó 250 litros.

Resultado de los ensayos a la toma de fuerza (sin gestión de potencia)

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

	Sin conductor (kg)	Con conductor (kg)
Delantera	2 600	2 625
Trasera	3 480	3 530
Total	6 080	6 155

CARACTERÍSTICAS DE LOS NEUMÁTICOS UTILIZADOS

	Delanteros	Trasero
Marca y modelo	Michelin Multibib	Michelin Multibib
Dimensiones	540/65 R28	650/65 R38
Índice de carga, velocidad	140 A8	157 A8
Radio índice	675	875

Anchura de vía elegida: 1 830 mm (en ambos ejes).

El ensayo fue realizado en el Centro oficial de la DLG en Alemania. En el Cuadro 1 se presentan los valores obtenidos en los diferentes puntos de funcionamiento del motor.

En el primer bloque se incluyen los valores obtenidos con el acelerador la posición de régimen de giro más elevado, lo que permite determinar la potencia al régimen nominal (N), que alcanza los 81.2 kW (110.4 CV) a un régimen del motor de

2 300 rev/min; la potencia máxima (M) de 92.3 kW (125.5 CV) a 1901 rev/min del motor; y la potencia al régimen nominal de la tona de fuerza (T) que es de 87.0 kW (108.3 CV), y corresponde a un régimen del motor de 2 208 rev/min. Esto indica que el motor ofrece una sobre potencia de 15.1 CV cuando trabaja a 1 901 rev/min en comparación el régimen nominal (2 300 rev/min).

El consumo horario a plena potencia es de 27.16 L/h, frente

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

	Potencia kW	Velocidad			Consumo de combustible		
		Motor	TDF	Ventilador	Horario kg/h	Específico	
						L/h	g/kWh
M	92.3	1 901	861	1 711	22.74	27.16	246
N	81.2	2 300	1 042	1 916	21.75	25.98	268
T	87.0	2 208	1 000	1 838	22.34	26.68	257
Zona de corte del regulador al régimen nominal del motor							
1	81.2	2 300	1 042	1 916	21.75	25.98	268
2	71.1	2 367	1 074	1 938	20.21	24.14	284
3	54.1	2 405	1 089	1 943	17.50	20.90	323
4	36.7	2 435	1 103	1 930	15.16	18.11	413
5	18.4	2 459	1 114	1 838	12.53	14.96	681
6	-	2 460	1 114	1 797	9.05	10.81	-
Zona de corte del regulador al régimen nominal de la toma de fuerza							
1T	87.0	2 208	1 000	1 838	22.34	26.68	257
2T	75.8	2 263	1 025	1 894	20.29	24.23	268
3T	57.4	2 285	1 035	1 904	17.30	20.66	301
4T	38.6	2 303	1 043	1 904	14.36	17.15	372
5T	19.5	2 338	1 059	1 895	10.78	12.87	553
6T	-	2 350	1 064	1 769	8.21	9.81	-
Consumo de combustible a cargas parciales y régimen reducido							
1C	81.2	2 300	1 042	1 916	21.75	25.98	268
2C	65.0	2 382	1 079	1 857	19.28	23.03	297
3C	65.0	2 069	937	1 714	17.70	21.14	272
4C	32.6	2 073	939	1 724	11.59	13.84	356
5C	48.8	1 378	624	1 277	11.83	14.13	242
6C	32.4	1 378	624	1 311	9.19	10.98	284

Par máximo a 1 503 rev/min: 486 Nm

a los 25.98 L/h al régimen nominal, pero dado que ofrece 15.1 CV más de potencia, el consumo específico baja (el motor es más eficiente) pasando de 268 a 246 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 486 Nm, mientras que el par a régimen nominal (2 300 rev/min) es de 337 Nm, lo que indica que la reserva de par es de 44.2% (486-337/337). El par obtenido

a régimen de potencia máxima (1 901 rev/min) es de 463 Nm.

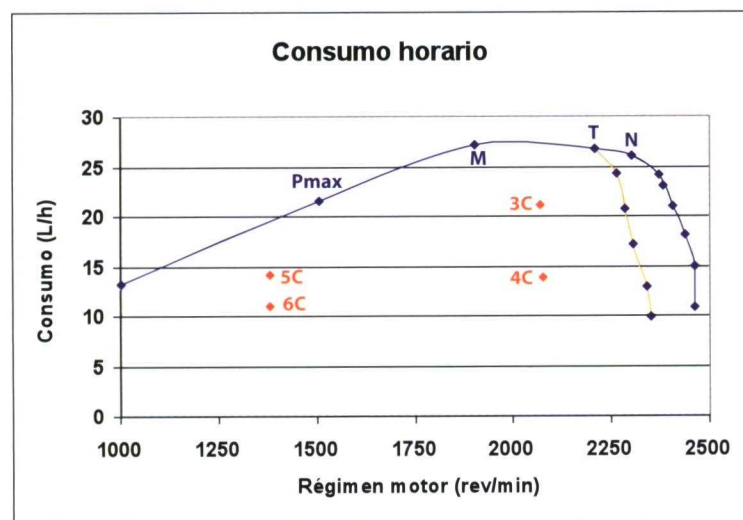
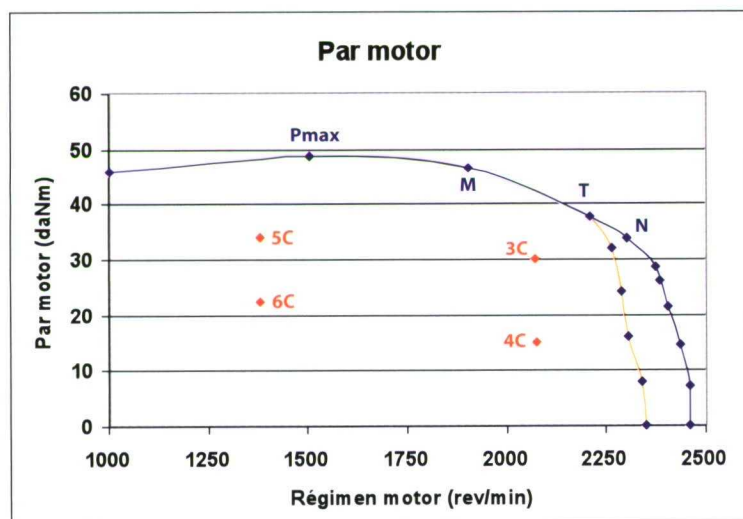
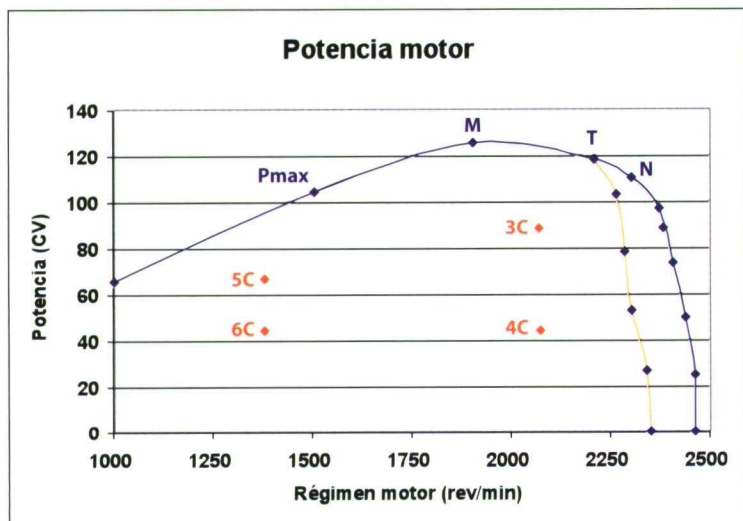
Comparando la potencia máxima en la TDF con la obtenida para el motor realizada conforme a la Directiva 97/68/CE (137 CV) se observa que las pérdidas producidas en la transmisión son

CUADRO 2.- CONSUMOS DE COMBUSTIBLE CON DIFERENTES NIVELES DE CARGA Y RÉGIMEN DEL MOTOR (SIN GESTIÓN DE POTENCIA)

Referencia	Condiciones	Tipo de trabajo	Consumo de combustible (L/h)
Punto 2C	Potencia elevada a régimen nominal del motor	Trabajo de tracción pesado	23.03
Punto 3C	Potencia elevada al 90% del régimen nominal del motor	Trabajo pesado de tracción o a la toma de fuerza	21.14
Punto 4C	Potencia baja al 90% al régimen nominal del motor	Trabajo ligero de tracción o a la toma de fuerza	13.84
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	14.13
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.	10.98

El consumo medio en los 6 puntos de referencia (1C-6C) es de 18.2 L/h, lo que equivale a 287 g/kWh (211 g/CVh) con una potencia media desarrollada de 54.2 kW (73.7 CV), que es el 57.8% de la potencia máxima que puede desarrollar el motor.

GRÁFICO 2.- CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR



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

de un 8.4%, 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 pueden estar entre el 4 y 6%

En el segundo bloque (1T-6T) de datos incluidos en el Cuadro 2 se encuentran los valores con el acelerador ajustado para obtener el régimen nominal de la toma de fuerza y los valores corresponden a los de corte del regulador hasta el nivel de carga cero en el que el régimen del motor es de 2 350 rev/min. A 1 000 rev/min de la toma de fuerza se obtiene una potencia máxima de 87.0 kW (118 CV)

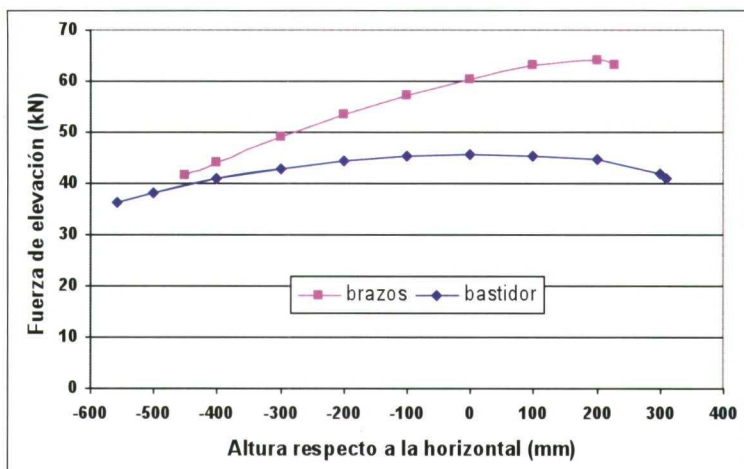
El tercer bloque (1C-6C) corresponde al ensayo con cargas parciales y régimen del motor reducido, que es como habitualmente lo utiliza el usuario. Los consumos están en el Cuadro 2.

La temperatura ambiente durante los ensayos fue de 22°C, con una humedad relativa del 32% y una presión atmosférica de 100.4 kPa. Las temperaturas máximas alcanzadas en los fluidos del motor fueron de 78°C para el refrigerante, 104°C para el aceite, 56°C para el combustible y 23°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 a cargas parciales a bajo régimen del motor.

El consumo medio en los 6 puntos de referencia (1C-6C) es de 18.2 L/h, lo que equivale a 287 g/kWh (211 g/CVh) con una potencia media desarrollada de 54.2 kW (73.7 CV), que es el 57.8% de la potencia máxima que puede desarrollar el motor.

GRÁFICO 3.- CAPACIDAD DE ELEVACIÓN



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 99.7 L/min, con una presión de 159 bar, lo que proporciona una potencia hidráulica de 26.4 kW (35.9 CV)

Utilizando dos o más salidas hidráulicas dobles se llega a un caudal de 114.4 L/min, con una presión de 181 bar, lo que representa una potencia hidráulica de 34.5 kW.

En el ensayo de la capacidad de elevación en el enganche tripuntal, la fuerza mantenida en todo el recorrido es de 41.5 kN (unos 4 000 kg) si se ejerce sobre los brazos inferiores, y de 36.3 kN (unos 3 600 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 'obligatorio' corresponde a los de tracción en pista de hormigón con el

El máximo esfuerzo de tracción con el tractor sin lastar (6 080 kg de masa total) fue (relación B2) de 62.9 kN

tractor sin lastre. Un resumen simplificado de los mismos se presenta en el Cuadro 3.

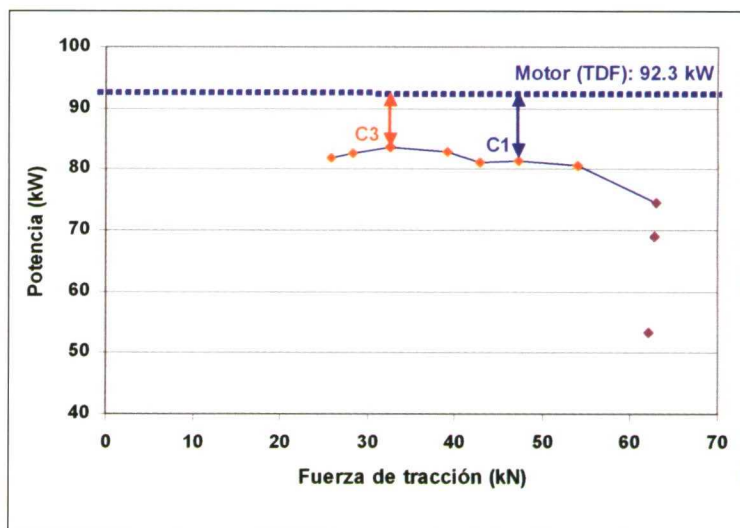
Durante los ensayos de tracción en pista las condiciones de temperatura ambiente se mantienen entre 16 y 20°C, con una humedad relativa entre el 24 y el 28% y una presión atmosférica entre 94 y 96 kPa, condiciones que se consideran normales y permiten obtener las máximas prestaciones del motor.

La temperatura del combustible se mantiene entre 50 y 53°C, la del líquido refrigerante entre 77 y 88 °C y la del aceite del motor entre 101 y 106 °C, que están dentro de los límites establecido por el fabricante.

El máximo esfuerzo de tracción con el tractor sin lastar (6 080 kg de masa total) fue (relación B2) de 62.9 kN a una velocidad real de avance de 4.26 km/h (15% de patinamiento). En estas condiciones el coeficiente de adherencia de la pista de hormigón utilizada se observa que se hace igual al 100% (esfuerzo de tracción igual a la masa total del tractor).

La potencia máxima alcanzada (relación C3) fue de 83.5 kW a la velocidad de 9.26 km/h, con un patinamiento del 3.0%. Para este patinamiento el coeficiente

GRÁFICO 4.- POTENCIA DE TRACCIÓN



CUADRO 3.- PRESTACIONES DEL TRACTOR JD 6630 AUTOQUAD PLUS ECOSHIFT TIER 3 EN EL ENSAYO DE TRACCIÓN EN PISTA DE HORMIGÓN
 Altura gancho: 520 mm; presiones inflado de neumáticos: delanteros 80 kPa, traseros 80 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)						
A4	53.3	61.97	3.10	2 373	15.2	381
B1	69.0	62.78	3.96	2 180	14.9	325
B2	74.5	62.91	4.26	1 960	15.0	312
B3	80.5	53.84	5.39	1 900	7.9	287
C1	81.3	47.15	6.21	1 901	5.8	284
B4	81.1	42.75	6.83	1 901	4.8	283
C2	82.8	38.99	7.65	1 902	4.2	279
C3	83.5	32.47	9.26	1 902	3.0	276
D1	82.7	28.24	10.54	1 903	2.5	278
C4	81.8	25.86	11.37	1 901	2.3	283
Consumo de combustible						
(1) relación del cambio elegida que permita 7.5 km/h, a potencia máxima con el régimen nominal del motor						
C1	71.2	33.01	7.76	2 301	3.1	303
(2) al 75% del esfuerzo a potencia máxima con régimen nominal del motor						
C1	55.6	24.6	8.14	2 398	2.1	344
(3) al 50% del esfuerzo correspondiente a la potencia máxima con régimen nominal del motor						
C1	37.9	16.34	8.35	2 426	1.1	420
(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)						
B4	55.5	24.62	8.12	2 196	2.2	324
(5) en la relación del cambio (4) con el régimen del motor reducido; igual esfuerzo de tracción y velocidad de avance que (3)						
B4	38.0	16.35	8.37	2 244	1.3	391

de adherencia es del 52.3%, y la eficiencia total entre potencia de tracción y la medida en la toma de fuerza es del 90.5%. En la relación C1 (la más baja del grupo C) la eficiencia es del 88.1%.

Los valores de potencia máxima obtenidos en cada una de las relaciones del cambio ensayadas se representan en el Gráfico 4.

Prestaciones del motor con el sistema de gestión de potencia

Cuando el tractor trabaja en tracción a velocidades que superan los 15 km/h, o cuando se suministra potencia a la toma de fuerza, el sistema de inyección del motor cambia para ob-

La potencia máxima alcanzada (relación C3) fue de 83.5 kW a la velocidad de 9.26 km/h, con un patinamiento del 3.0%

tener sobre potencia (Intelligent Power Management).

Así pasa de 92.3 kW de potencia máxima a 103.5 kW, a la vez que el régimen es de 2 098 rev/min (aumenta casi en 1 000 rev/min). La potencia, al régimen nominal de la toma de fuerza, aumenta hasta 100.9 kW, y la potencia al régimen nominal del motor hasta 96.2 kW.

En el Cuadro 4 se comparan las prestaciones obtenidas con y sin el sistema de gestión de potencia, para los puntos de referencia y para los correspondientes a cargas parciales a régimen reducido.

En el caso de utilizar el sistema de gestión de potencia, el consumo horario de los 6 puntos de referencia es de 20.4 L/h, con

CUADRO 4.- COMPARATIVA DE RESULTADOS EN EL ENSAYO REALIZADO A LA TOMA DE FUERZA PRINCIPAL, CON Y SIN INTELLIGENT POWER MANAGEMENT

	Sin gestión de potencia				Con Intelligent Power Management			
	Potencia kW	Motor rev/min	Consumo L/h	Cons. esp. g/kWh	Potencia kW	Motor rev/min	Consumo L/h	Cons. esp. g/kWh
M	92.3	1 901	27.16	246	103.5	2 098	29.80	241
N	81.2	2 300	25.98	268	96.2	2 300	29.06	253
T	87.0	2 208	26.68	257	100.9	2 208	30.07	250
Par máximo a 1 503 rev/min: 486 Nm				Par máximo a 1 501 rev/min: 481 Nm				
1C	81.2	2 300	25.98	268	96.2	2 300	29.06	253
2C	65.0	2 382	23.03	297	77.0	2 389	25.89	282
3C	65.0	2 069	21.14	272	77.0	2 069	23.52	256
4C	32.6	2 073	13.84	356	38.5	2 069	15.37	334
5C	48.8	1 378	14.13	242	57.7	1 378	16.41	238
6C	32.4	1 378	10.98	284	38.4	1 380	12.37	270
media	54.2		18.2	287	64.1		20.4	272
4 P	44.7		15.0	289	52.9		16.9	275

una potencia media en los mismos de 64.1 (87.2 CV). Se ha producido un aumento del consumo de 2.2 L/h, pero la potencia ha aumentado en 1.1 kW, lo que hace que el motor sea más eficiente, ya que el consumo específico ha bajado de 287 g/kWh (211 g/CVh) a 272 g/kWh (200 g/CVh).

Los seis puntos considerados y tomados como referencia para evaluar el consumo de combustible en diferentes tipos de tractores incluyen dos en los que el régimen del motor supera las 2 300 rev/min (régimen nominal), que habitualmente no se utilizan en las condiciones de trabajo en motores del tipo 'potencia constante', por lo que a efectos prácticos de puede valorar el consumo sobre los otros cuatro puntos de régimen reducido, que será de 15.0 L/h para el tractor sin considerar la 'gestión de potencia' y de 16.9 L/h con ella. En este caso contando con un aumento de la potencia media de 8.2 kW (11.2 CV).

Ensayos optativos

En el Boletín de ensayo OCDE del tractor John Deere 6630 se han incluido otros en-

sayos que no son obligatorios, pero que complementan la información que demandan los usuarios.

Así está la determinación de los radios de giro (sin utilizar los frenos como ayuda), cuyos valores son los que se reseñan en el Cuadro 5.

El radio de giro en cualquier sentido, con la doble tracción conectada, está por debajo de los 10.50 metros, y el radio del espacio necesario para realizarlo por debajo de 11.24 m. En el caso de la desconexión de la doble tracción se reduce a 9.60 y a 10.20 m respectivamente.

El centro de gravedad del tractor en las condiciones del ensayo es: altura sobre el suelo de 979 mm; distancia al plano vertical que contiene al eje trasero de 1 101 mm; distancia al plano medio del tractor de -22 mm.

Las determinaciones del nivel sonoro en el puesto de conducción incluidas en el Boletín de ensayo se han realizado conforme al Código 5 de la OCDE. Incluyen los ensayos realizados con carga y sin carga, tanto con las puertas cerradas como abiertas. Un resumen de los resultados obtenidos se presenta en el Cuadro 6.

Cuando el ensayo se realiza con carga, se utiliza el carro-freno para aplicarla. En el caso de los ensayos sin carga el tractor circula solo. El ensayo sin carga se efectúa en una relación próxima a 7.5 km/h (que se considera normal para los trabajos de campo) y cuando circula a la velocidad máxima establecida por construcción. El nivel sonoro en el puesto de conducción para el ensayo realizado con carga está por debajo de 72.0 dB(A), y sin carga, por debajo de los 71.5 dB(A).

CUADRO 5.- RADIO DE GIRO Y ÁREA DE VIRAJE (SIN FRENOS)

	A izquierda (m)		A derecha (m)	
	4RM	2RM	4RM	2RM
Radio del área	11.14	10.24	11.24	10.04
Radio de giro	10.50	9.60	10.20	9.40

CUADRO 6.- RESULTADOS EN EL ENSAYO DE RUIDOS EN LOS OÍDOS DEL CONDUCTOR

Cambio	Tracción kN	Reg. motor rev/min	Velocidad km/h	Ruedas	Nivel sonoro dB(A)
Con carga, velocidad próxima a 7.5 km/h, puertas cerradas					
C1	31.43	2 304	7.80	4RM	72.0
C1	32.80	2 303	7.61	2RM	70.9
Con carga, velocidad próxima a 7.5 km/h, puertas abiertas					
C1	33.06	2 304	7.69	4RM	79.8
C1	33.45	2 302	7.21	2RM	79.6
Sin carga, velocidad próxima a 7.5 km/h, puertas cerradas					
C1	0	2 455	8.53	4RM	70.0
C1	0	2 457	8.49	2RM	70.2
Sin carga, velocidad próxima a 7.5 km/h, puertas abiertas					
C1	0	2 458	8.53	4RM	79.1
C1	0	2 460	8.49	2RM	78.9
Sin carga, velocidad máxima, puertas cerradas					
F4	0	2 460	40.90	2RM	71.5
Sin carga, velocidad máxima, puertas abiertas					
F4	0	2 460	40.90	2RM	78.5

PARTE 3.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LOS USUARIOS

El resultado de los ensayos realizados según lo establecido por el Código II de la OCDE pone de manifiesto que el tractor John Deere 6630 Premium AutoQuad es un modelo de gama alta en el segmento de mercado de tractores 'grandes', según al clasificación que utiliza **agrotécnica** a efectos estadísticos.

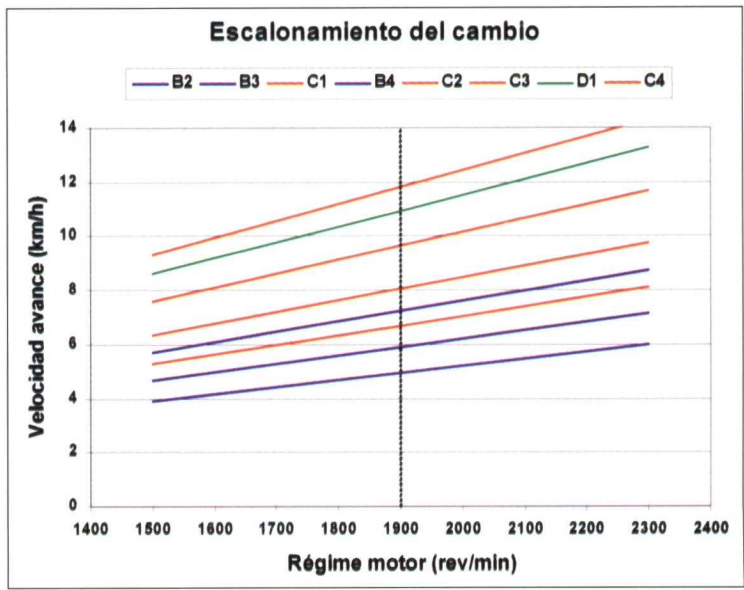
El motor utiliza la tecnología common rail con 4 válvulas por cilindro y turbo de geometría variable con recirculación externa de los gases de escape (EGR) para conseguir elevadas prestaciones cumpliendo el nivel de emisiones Tier 3.

La potencia máxima la ofrece al régimen de 1 900 rev/min y alcanza los 125.5 CV netos (medidos en la toma de fuerza); la potencia, al régimen nominal del motor de 2 300 rev/min, es de 110.4 CV; en el intervalo de 1 700 a 2 300 rev/min se mantiene la

potencia efectiva por encima de este valor. El par máximo de 486 Nm, a 1503 rev/min, indica una reserva de par de 44.2%.

El consumo medio sobre los seis puntos, que se aconseja tomar como referencia para comparaciones entre diferentes mode-

GRÁFICO 5.- VELOCIDADES DE AVANCE EN DIFERENTES RELACIONES DEL CAMBIO



CUADRO 7.- VELOCIDADES DE AVANCE TEÓRICAS EN km/h
CON NEUMÁTICOS TRASEROS 18.4-38

Régimen motor (rev/min)	Relaciones del cambio							
	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D1
2 300	5.97	7.14	8.75	8.08	9.73	11.65	14.27	13.26
1 900	4.93	5.90	7.23	6.67	8.04	9.62	11.79	10.95
1 500	3.89	4.66	5.71	5.27	6.35	7.60	9.31	8.65

los de tractor, sin gestión de potencia, es de 18.2 L/h (211 g/CVh), con una potencia media utilizada de 73.7 CV, que es el 57.8% de la potencia máxima disponible en el motor. En consecuencia, con el depósito de combustible de 207 litros (el más pequeño) se dispondría de una autonomía de más de 11 horas.

Dispone de sistema de gestión de potencia (*Intelligent Power Management*) que actúa en tracción cuando se superan los 15 km/h, o para trabajos combinados en los que se utiliza la toma de fuerza, que hace que la potencia máxima aumente hasta 140.7 CV (netos en la toma de fuerza) con un régimen de funcionamiento que aumenta hasta las 2 098 rev/min. En estas condiciones el consumo en 6 puntos es de 20.4 L/h (200 g/CVh), con una potencia media de 83.5 CV.

La transmisión AutoQuad del tipo PowerShift, sobre cuatro relaciones automáticas y 6 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 12 km/h para el régimen de potencia máxima (1 900 rev/min) es de 8, sin que las diferencias en los 'escalones' en ningún caso sean menores del 7%, para relaciones conseguidas en diferentes grupos del cambio. La relación más baja de un grupo ofrece un valor inter-

medio respecto a las relaciones del grupo más corto.

Para las del mismo grupo (cambio en carga), los 'escalones' son del 20-22%, que se consideran adecuados para este sistema de cambio. Solo hay diferencias muy bajas entre la relación F1 y E3 (0.49%) que prácticamente son idénticas, y entre F2 y E4 (2.3%). Estas 'repeticiones' son una consecuencia de que la caja de cambios se ha ajustado para la limitación de los 40 km/h, que se modifica para los países que autorizan los 50 km/h como límite.

El sistema hidráulico ofrece un caudal máximo de 114 L/min, con una presión máxima de 181 bar, y la capacidad de elevación en el enganche tripuntal de 2 Categoría, en todo el recorrido, es de 4 000 kg si se ejerce en los brazos inferiores y de 3 600 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 C1 (la más eficiente) ha sido del 90.5%.

Utilizando este valor como referencia, dado que la eficiencia en tracción se puede calcular como $TE = (1-\delta) \times (\mu - k)$, siendo δ = deslizamiento, μ = coeficiente de tracción, y k = coeficiente de resistencia a la rodadura, se podría 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:

- $k = 0.02$
- $\delta = 0.03$
- $\mu = 0.52$ (relación C3 a máxima potencia de tracción)

$$TE = (1-0.03) \times (0.52 - 0.02) / 0.52 = 0.933.$$

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

$$\eta_t = \text{Eficiencia} / TE = 0.905 / 0.933 = 0.970$$

Si se considera que entre el motor y la toma de fuerza se pierde alrededor de un 4%, esto indica que las pérdidas en la transmisión entre el motor y las ruedas para la relación C1, cuando se consigue la máxima potencia de tracción, serían de aproximadamente el 7%.

La evaluación de la adecuación de los neumáticos a las características del tractor puede hacerse a partir de la masa de referencia de 6 200 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 del motor (punto C3), que es de 65 kW (de 88.4 CV), para trabajar a 4.5 km/h se necesitaría una masa total del tractor de 6 075 kg. En consecuencia, no resulta necesario llenar los neumáticos traseros con agua, y la masa del tractor

CUADRO 8.- 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

Condiciones:

- Rendimiento en la transmisión = 0.87
- Coeficiente de tracción (rastrojo) = 0.6

sin lastre es suficiente para los trabajos de tracción a velocidades superiores a 4.5 km/h (Cuadro 8).

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 9, lo que indica que dispone de neumáticos bien dimensionados, que permiten trabajar con baja presión de inflado para reducir la compactación del suelo, y admiten sin problemas la masa máxima establecida en la homologación del tractor

La utilización de suspensión primaria en el eje delantero ayuda a reducir el patinamiento, además de amortiguar las vibra-

Las cargas que tendrían que soportar las ruedas, sobre la base de 6 200 kg del tractor sin lastre, serían:

Masa (kg)	6 200	eje	rueda
Delantero (kg)	50%	3 100	1 550
Trasero (kg)	80%	4 960	2 480

Para la masa máxima admitida de 10 000 kg (homologación de tipo CE), las cargas que tendrían que soportar las ruedas serían de:

Masa (kg)	10 000	eje	rueda
Delantero (kg)	50%	5 000	2 500
Trasero (kg)	80%	8 000	4 000

ciones de baja frecuencia que podrían llegar al conductor.

En relación con la ergonomía del puesto de conducción, se puede resaltar que su disposición es la elegida por John Deere como referencia para todos sus productos, de forma que el conductor se encuentre cómodo cuando va a decidir un

cambio de tractor. 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.

El asiento utilizado incluye suspensión neumática y el nivel de ruido en la cabina con puertas cerradas y el tractor en

CUADRO 9.- CAPACIDAD DE CARGA DE LOS NEUMÁTICOS EN FUNCIÓN DE LA PRESIÓN DE INFLADO

Neumáticos delanteros (540/65R28)				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
2 000	2 140	2 720	0.6	2 520	2 690	3 280	0.6
2 210	2 370	3 010	0.8	2 920	3 120	3 810	0.8
2 430	2 600	3 300	1.0	3 320	3 550	4 340	1.0
2 640	2 830	3 590	1.2	3 720	3 980	4 870	1.2
2 860	3 060	3 890	1.4	4 130	4 410	5 390	1.4
3 075	3 290	4 180	1.6			5 920	1.6
Circunferencia de rodadura = 4 415 mm				Circunferencia de rodadura = 5 400 mm			

carga es de menos de 72 dB(A). Con las puertas abiertas el nivel sonoro se mantiene por debajo de los 80 dB(A).

Recomendaciones para los usuarios

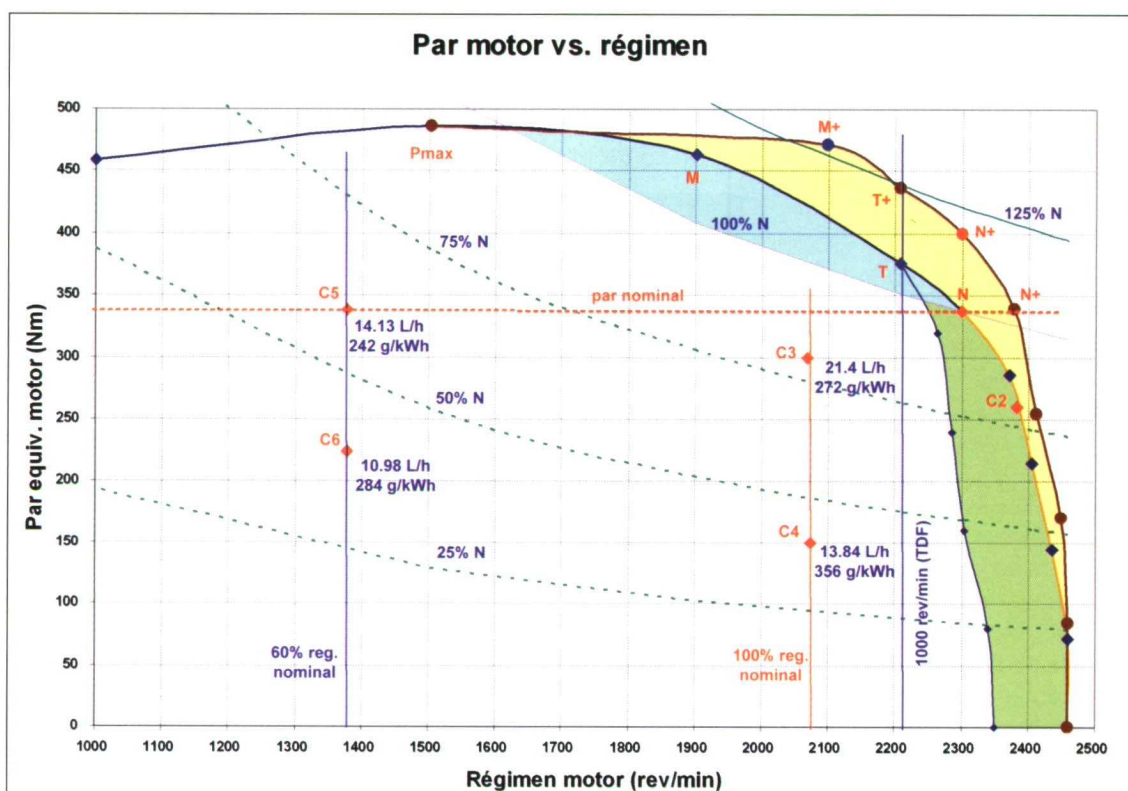
La información que proporciona un ensayo OCDE, además de indicar las prestaciones

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 la Gráfico 6 se resumen las prestaciones del motor en un diagrama par equivalente/régimen de giro. Sobre el mismo se marcan los puntos de poten-

cia máxima para las diferentes relaciones del cambio sin gestión de potencia (M=máxima del motor, T=máxima al régimen normalizado de la TDF, y N=máxima al régimen nominal del motor)) y con esta gestión en funcionamiento (M+, T+ y N+), junto con otros puntos de referencia a cargas parciales, tanto en la zona de corte del re-

GRAFICO 6.- RESUMEN DE PRESTACIONES DEL MOTOR DEL TRACTOR JOHN DEERE 6630 PREMIUM



- La potencia en cualquier punto de funcionamiento se puede calcular multiplicando el régimen del motor (n) por el par equivalente (Par); así, para n = 1 900 rev/min y Par = 250, la potencia N1 será $1\ 900 \times 250 / 9\ 550 = 50$ kW (68 CV).
- La zona marcada en azul 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.
- La zona marcada en amarillo corresponde a los valores de potencia obtenidos cuando funciona el sistema de gestión 'Intelligent Power Management' (potencia en la TDF o en relaciones del cambio de más de 15 km/h)
- Los seis puntos de referencia marcados en rojo corresponden a los valores obtenidos con carga reducida y régimen del motor del 60 y de 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.

CUADRO 10.- VELOCIDADES DE AVANCE EN KM/H Y RELACIÓN DE TRANSMISIÓN EN DIFERENTES RELACIONES DEL CAMBIO

Velocidad	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
2300 rev/min	4.96	5.97	7.14	8.75	8.08	9.73	11.65	14.27
2069 rev/min	4.46	5.37	6.42	7.87	7.27	8.75	10.48	12.84
Relac. transmisión	153 106	127 184	106 203	86 697	93 905	78 066	65.138	53 174

gulador, porque se supera el régimen fijado con el acelerador, 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 1 800 y 2 100 rev/min, con una carga que no supere el 100% del par nominal (337 Nm). La eficiencia conseguida en el punto C3 es de 272 g/kWh (200 g/CVh).

Cuando las operaciones agrícolas demandan baja potencia conviene utilizar un régimen de funcionamiento del motor entre 1 300 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 242 g/kWh (178 g/CVh).

■ Aperos aconsejables

El Gráfico 6, junto con la información sobre el escalonamiento del cambio (Cuadro 9), 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.

Sobre esta base, se puede calcular, en primer lugar, el **arado de vertedera** más apropiado, tomando como objetivo que el motor funcione en el punto C3 (consumo de 21.4 L/h). En estas condiciones el régimen del motor 2 069 rev/min, y la potencia disponible es de 65 kW (88.4 CV) y el par motor correspondiente sería de 300 Nm.

Parece adecuado seleccionar la relación 3 del grupo B que daría una velocidad teórica de avance de 6.42 km/h (Cuadro 9), y un par motor de 300 Nm (aprox. 30 mkg) por lo que el par en las ruedas motrices sería de $30 \times 106\ 203 = 3\ 186$ mkg, que con un 4% de pérdidas en la transmisión quedaría reducido a 3 059 mkg.

Utilizando como radio de las ruedas del eje trasero el valor del radio índice de 875 mm, la fuerza tangencial, asumiendo que toda la potencia se transmite por las ruedas del eje trasero será: $3\ 059 \times 0.875 = 2\ 676$ kg.

El mínimo consumo específico obtenido en el ensayo del motor corresponde al punto C5 y es de 242 g/kWh (178 g/CVh)

La fuerza de tracción sería la fuerza tangencial menos la fuerza perdida por rodadura, pudiendo asumir que para un suelo de tipo medio ($k = 0.1$) sería de 6 200 kg (masa del tractor) $\times 0.10 = 620$ kg, o sea: $2\ 676 - 620 = 2\ 056$ 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 $6.42 - 0.51 = 5.9$ km/h.

Para un suelo de tipo medio, con una resistencia específica de sección trabajada con arado de vertedera de 50 kg/dm², 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 $50 \times 3.5 \times 2.7 = 472$ kg, por lo que el tractor podría arrastrar ($2\ 056 / 472$) un arado de cuatro cuerpos de 14 pulgadas, con una anchura de trabajo de 1.40 m, a una velocidad de 5.9 km/h, lo que daría una capacidad de trabajo teórica (sin considerar tiempos perdidos por vueltas) de $1.40 \times 5.9 = 0.82$ ha/h (1.2 h/ha) con un consumo de combustible de $1.22 \times 21.4 = 26$ L/ha.

La relación B3 utilizada permite pasar a la B4 (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.

Un cálculo similar puede hacerse para el **chisel o cultivador pesado**, considerando que la resistencia específica puede ser aproximadamente la mitad que corresponde a un arado de vertedera con igual sección trabajada, y tomando en consideración que la velocidad de trabajo debe estar cercana a los 9 km/h.



Así se puede elegir la relación 3 de grupo C (la más eficiente en el ensayo de tracción sin lastre en pista de hormigón) con una velocidad teórica de 10.48 km/h. Asumiendo las mismas hipótesis que para el caso del arado de vertedera (4% de pérdida en la transmisión, 0.1 de coeficiente de resistencia a la rodadura, y 8% de patinamiento) el esfuerzo de tracción sería de 1 500 kg y la velocidad real de 9.6 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 ($50 \text{ kg/dm}^2 \times 0.5 \times 10 \text{ dm} \times 2.0 \text{ dm} = 500 \text{ kg}$), el resultado de dividir los 1 500 kg de fuerza de tracción entre 500 kg, lo que indica que puede trabajar sin dificultad con un chisel de 3 metros a una velocidad real de 9.6 km/h, lo que da una capacidad teórica de trabajo de $3 \times 9.6 / 10 = 2.9 \text{ ha/h}$ (0.35 h/ha). En estas condiciones el consumo de combustible sería de $21.4 \times 0.35 = 7.5 \text{ L/ha}$ (sin contar pérdidas en las vueltas).

Si se desea aumentar la profundidad de trabajo, o para superar pendientes, se puede

Se puede trabajar sin dificultad con un chisel de 3 metros a una velocidad real de 9.6 km/h con un consumo de 7.5 L/ha

utilizar las relaciones 2 y 1 del mismo grupo C, reduciendo la velocidad de trabajo; asimismo, se puede utilizar la relación C4 en zonas favorables de la parcela para aumentar la capacidad de trabajo.

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 y sin gestión de potencia) y el hecho de que el tractor dispone

de la transmisión EcoShift, 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 25 toneladas, en una carretera horizontal con un coeficiente de resistencia a la rodadura de 0.03, el esfuerzo necesario para mover el conjunto sería de 750 kg, que a una velocidad de 25 km/h demandaría una potencia de $750 \text{ (kg)} \times 25 \text{ (km/h)} / 270 = 69.4 \text{ CV}$ (51.0 kW), lo que representaría un consumo de combustible de aproximadamente 14 - 15 L/h (punto 5C 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 1900 - 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 1300 y 1600 rev/min, siempre que sea esta relación del cambio adecuada para la velocidad máxima de trabajo condicionada por el tipo de labor.■