

Análisis e interpretación de los Ensayos de tractores agrícolas Oficiales (OCDE) y Power-Mix (DLG)

Linares, P.
Profesor Ad Honorem
Universidad Politécnica de Madrid



La Agricultura del Big Data ofrece un gran volumen de información a los usuarios de la maquinaria agrícola. En las revistas especializadas, las páginas de los fabricantes, multitud de foros de Internet aparecen frecuentemente datos de ensayos de tractores que respaldan sus prestaciones, pero el reto está en comparar la información, procesarla y aprovecharla.

Los ensayos oficiales son las únicas herramientas de las que se dispone para comparar unos modelos con otros, porque los hacen organismos oficiales y las condiciones están establecidas y controladas por eliminar a los dos causantes de incertidumbre y dificultad de comparación: el suelo y el implemento. Son los “Ensayos OCDE” que se rigen por unos códigos claros y públicos

En los últimos años han aparecido los ensayos Power-Mix que están teniendo mucha difusión y aceptación. NO SON ENSAYOS OFICIALES, sino que los hace una organización privada, la DLG (asociación de agricultores alemanes) con unos protocolos que no son públicos, o al menos, no es posible acceder a la descripción detallada de las condiciones de los ensayos. En las páginas de Agrotécnica se dedicó también un artículo al ensayo Power-Mix (Linares, P. La Power-Mix, un ensayo mix-mix del tractor a la barra. Agrotécnica, Año XXII, Nº10, octubre 2019, pp82-90).

Lo que sucede es que el lugar donde se hacen los ensayos Power-Mix es la estación de ensayos de Alemania acreditada para hacer los ensayos según el código de la OCDE (DLG Test Center Technology and Farm inputs Groß Umstadt), por lo que parece que los ensayos Power-Mix son oficiales, pero ya queda dicho que no. Son unos ensayos muy interesantes y solicitados por los agricultores alemanes y su publicación en revistas especializadas está haciendo que se estén difundiendo con mucha rapidez, ampliando su área de influencia, no sólo a Alemania sino a todo el ámbito europeo (por ahora).

En este trabajo se van a presentar los ensayos OCDE y los PowerMix, con la descripción detallada de los resultados que se obtienen en ambos, a fin de poder comprender la valiosa información que contienen para poder utilizarla a la hora de comparar tractores. A modo de ejemplo se analizarán los ensayos de los tractores **NEW HOLLAND T7.210 4WD, CVT, 40 km/h**, **MASSEY FERGUSON 7616 Dyna6** y **FENDT 942 GEN6**.

PARTE 1.- LOS ENSAYOS OFICIALES OCDE

Lo que llamamos “ensayos OCDE” de los tractores agrícolas corresponde a los realizados de acuerdo con unos códigos de ensayos oficiales establecidos en el marco de la OCDE y que comenzaron a aplicarse en 1959. Están reconocidos en 27 países (Figura 1), incluyendo 5 países no miembros de la OCDE (Brasil, China, India, Rusia y Serbia).

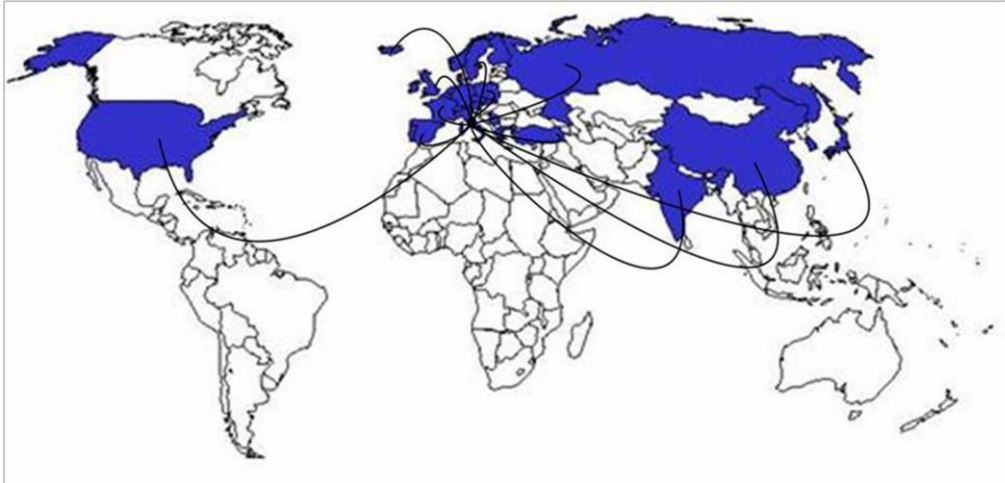


Figura 1.- Países donde están aprobados los códigos OCDE (OECD.2019)

Existen 9 códigos (figura 2) que cubren las prestaciones y seguridad de los tractores. De ellos, el Código 2 (azul) es el que corresponde a la determinación de las prestaciones, es decir, la potencia, capacidad de tracción, sistema hidráulico, etc.; Los códigos amarillos (3,4,6,7,8,9) corresponden a estructuras de protección en caso de vuelco (ROPS: Roll Over Protective Structure); el 5 (verde) corresponde a medida del nivel de ruidos y el 10 (rojo) se ocupa de la protección contra la caída de objetos (FOPS: Falling Object Protective Structure). Actualmente no existe el Código 1 que fue el primero que se estableció en 1959 y era único. A principios del presente milenio se derogó y se sustituyó por el sistema actual de 9 códigos que van del 2 al 10.

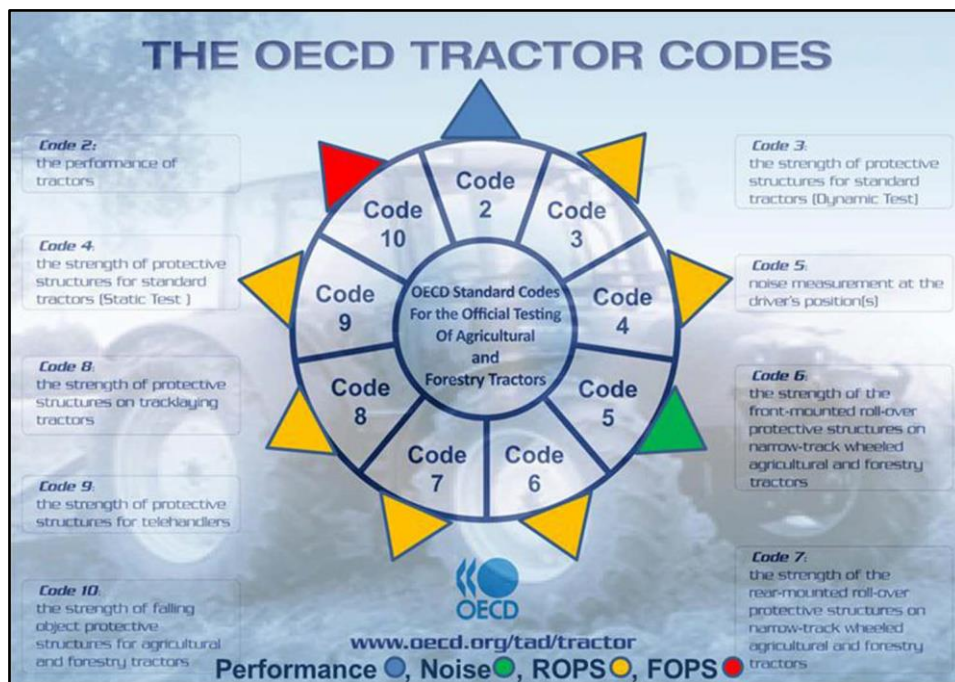


Figura 2.- Códigos OCDE relativos a los tractores agrícolas.

Los ensayos OCDE se realizan en cualquiera de las 30 Estaciones de Ensayo acreditadas que existen en Europa, Asia y América y los resultados se homologan en los 42 centros oficiales (incluyendo las Estaciones de Ensayo) acreditados. Por parte de España, en la lista de octubre de 2021 de autoridades nacionales y estaciones de ensayo figura la Subdirección General de Medios de Producción del Ministerio de Agricultura y la Estación de Mecánica Agrícola (EMA), dependiente, a su vez del Ministerio de Agricultura como laboratorio de ensayos OCDE

Realmente la figura 1 nos muestra que la difusión de los Códigos OCDE es grande, pero que hay muchas zonas del mundo que no vienen pintadas de azul, aunque resulta significativo que en Estados Unidos, donde se estableció un código de ensayo de tractores en 1919 (40 años antes del nacimiento de los Códigos OCDE), sobre la base de los ensayos realizados en el Nebraska Tractor Test Laboratory (NTTL) de la Universidad de Nebraska-Lincoln (USA), actualmente se haya incorporado como laboratorio acreditado de los Códigos OCDE.

El primer tractor ensayado en Nebraska fue un John Deere Waterloo Boy en 1920. El primero ensayado según el código de la OCDE en la estación de ensayos inglesa (NIAE Silsoe-UK) fue un McCormick International B-450 en abril de 1959. En enero de 1980 Nebraska publica el primer boletín incorporado a la base de datos de Nebraska (Nebraska Summary 001) de un tractor ensayado según el código OCDE (OECD test 688) en la estación de ensayos del NIAE, un Massey Ferguson 240 Diesel 8 speed.

El Código 2 de ensayos OCDE de tractores agrícolas contiene una primera parte en la que se especifican todas las características del tractor A continuación establece las condiciones de los ensayos de prestaciones. Hay varios tipos de ensayos:

- 3 obligatorios: potencia y consumo de combustible del motor medida a la toma de fuerza; potencia y consumo de combustible a la barra y potencia hidráulica y capacidad de elevación
- Una serie de ensayos opcionales: potencia del motor medida en el cigüeñal (potencia efectiva), consumo de aditivo anticontaminante en los ensayos de potencia del motor y a la barra, frenado, radio de giro, centro de gravedad, nivel de ruido exterior, potencia en el eje (figura 3) e impermeabilidad.



Figura 3.- Ensayo de la potencia en los ejes. CLAAS Testing and Validation Centre Trangé, Francia

En este trabajo nos vamos a centrar en los dos primeros, motor a la toma de fuerza y tracción a la barra de tiro.

a) **Ensayos del motor a la toma de fuerza con freno dinamométrico de acuerdo con el Código 2 OCDE**

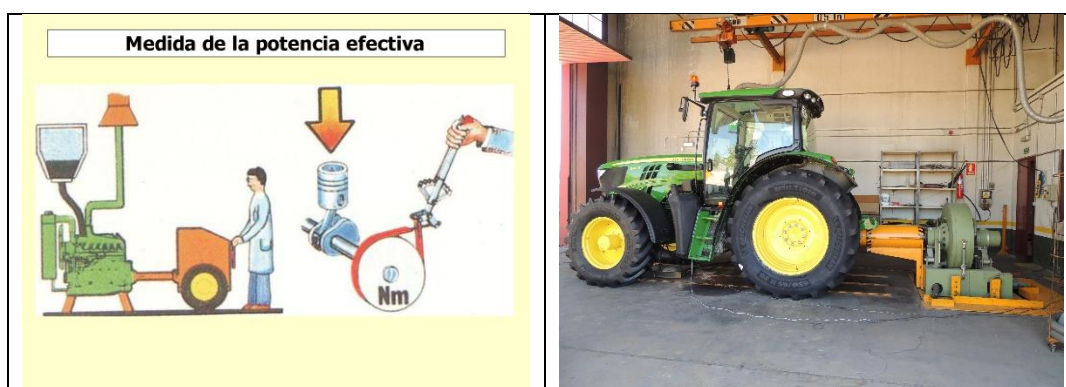


Figura 4.- Ensayo del motor del tractor John Deere 6130R a la toma de fuerza con freno dinamométrico en la Estación de Mecánica Agrícola. I Curso de eficiencia del tractor. EMA-UPM-2014

En el ensayo a la toma de fuerza (figura 4, derecha) el freno dinamométrico se conecta con la TDF del tractor, a diferencia del ensayo de potencia efectiva (figura 4, izquierda), en el que es el propio cigüeñal el que se conecta con el freno dinamométrico.

Los ensayos OCDE se realizan considerando que no hay pérdidas en la transmisión entre el motor y la TDF. El par se mide en la toma de fuerza y se calcula el par en el motor sin considerar el rendimiento, por lo que no se le denomina par motor sino **PAR EQUIVALENTE**. Las condiciones de ensayo son muy precisas. Se mide, en unos determinados puntos de funcionamiento del motor, los parámetros del motor (régimen, potencia y consumo horario de gasóleo y aditivo DEF (Diesel Exhaust fluid)). Con estos datos y conociendo la densidad del combustible y la relación de transmisión motor-toma de fuerza, se calcula la potencia y el consumo específico de combustible y aditivo.

Hay dos series de puntos. Los principales (tabla 1) sirven para dibujar las curvas características (Figura 5). También se mide el punto de par máximo (punto 6), otros puntos adicionales en la zona en la que no actúa el regulador (puntos 7..9) y el del par al régimen de 1000 r/min (punto 10).

Tabla 1.- Puntos medidos en el ensayo del motor a la toma de fuerza

Punto	Condición
1	Potencia Máxima Acelerador a Tope 1 hora de duración
2	Potencia a régimen nominal. Acelerador a tope
3	Potencia al régimen nominal de la TDF
4	Cargas parciales. Acelerador a tope
4.1	Potencia máxima a régimen nominal
4.2	85% del par obtenido en 4.1
4.3	75% del par obtenido en 4.2
4.4	50% del par obtenido en 4.2
4.5	25% del par obtenido en 4.2
4.6	Sin carga
5	Régimen normalizado TDF
5.1	Potencia máxima
5.2	85% del par obtenido en 5.1
5.3	75% del par obtenido en 5.2
5.4	50% del par obtenido en 5.2
5.5	25% del par obtenido en 5.2
5.6	Sin carga

La figura 5 representa los 2 ensayos de potencia medida a la toma de fuerza

- Uno con el acelerador a tope: Línea roja todo el tiempo
Se busca primero la potencia máxima (punto 1) y luego el punto nominal (punto 2). Los puntos a cargas parciales (puntos 4) se buscan aplicando los valores del par correspondiente al punto nominal (Punto 4.1), luego el 85% del par nominal (punto 4.2) y después el 75, 50, 25 y 0% del 85% del par nominal. A continuación se busca el punto de par máximo (punto 6), el par a 1000 y los puntos en la zona de sobrecarga que ayudan para dibujar con mayor precisión la curva.
- Otro con el acelerador al régimen para el que la toma de fuerza gira a su régimen normalizado.
Serían los puntos sobre la línea azul (mientras actúa el regulador) y luego sobre la curva de sobrecarga roja
Se empieza con el acelerador en una posición próxima al régimen del motor que proporciona el normalizado de la TDF y se busca la potencia máxima. Se va corrigiendo para conseguir la potencia máxima cuando el motor gira a un régimen tal que la TDF gira a su régimen normalizado (punto 3 y 5.1). Una vez conseguida la potencia máxima, se calcula el par correspondiente al punto 5.1 y se procede a las cargas parciales con los mismos criterios que en el caso anterior.

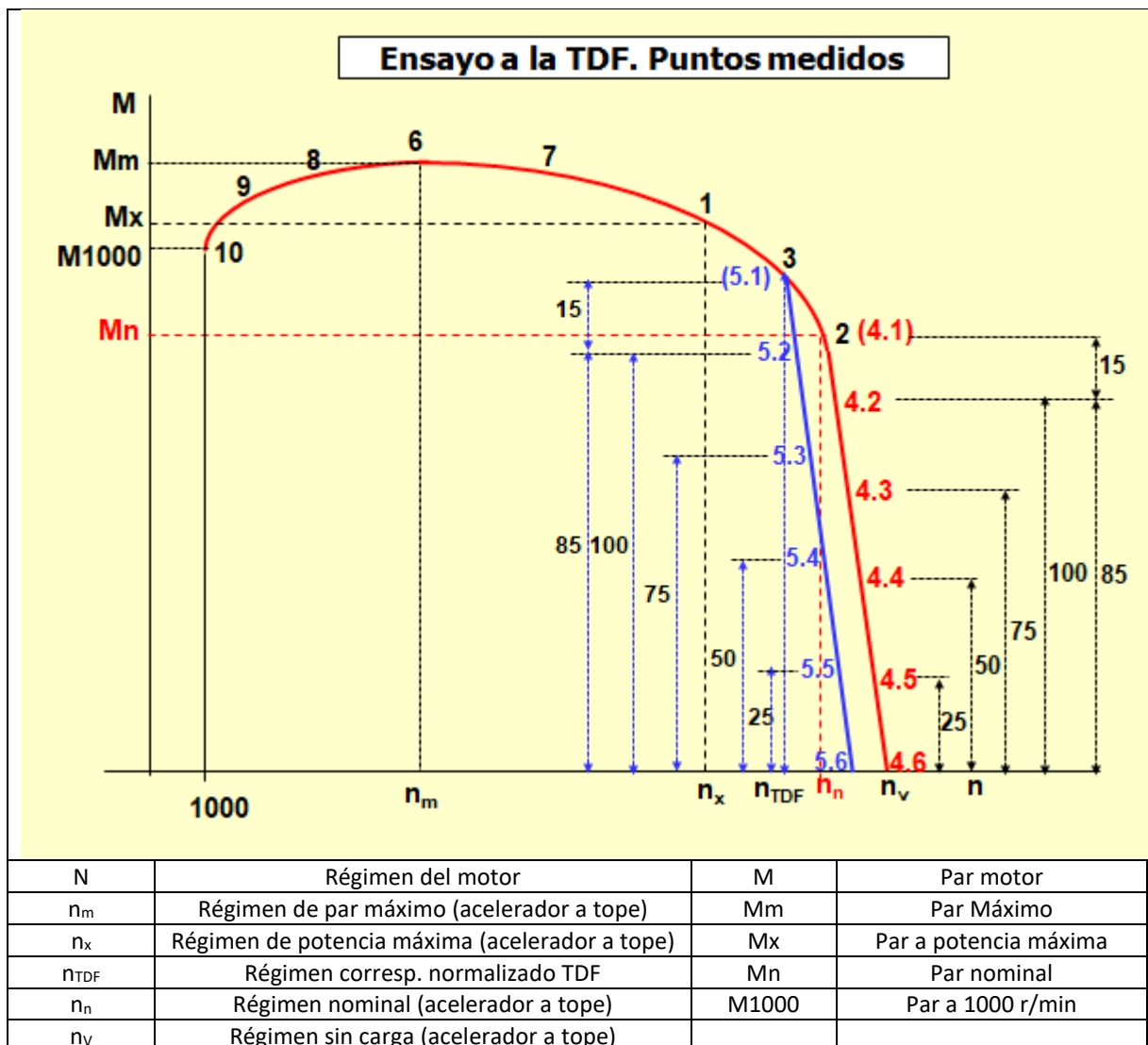


Figura 5.- Representación de los puntos medidos en el ensayo a la toma de fuerza sobre la curva de par motor

En cada punto se mide:

- Régimen de la TDF n_{TDF}
- Par en la TDF M_{TDF}
- Tiempo para consumir 100 g de combustible t (s/100g)

Con los datos de los ensayos y, conocidos:

- La relación de transmisión motor-toma de fuerza $i_{TDF} = \frac{n}{n_{TDF}}$
- La densidad del combustible ρ_c (kg/L)

Se calcula el par equivalente, el régimen del motor, la potencia, el consumo horario y el consumo específico, aparte de los parámetros representativos del motor: Par máximo, reserva de par, reserva de régimen y Par de arranque

Tabla 2.- Valores medidos y calculados en cada punto del ensayo de potencia a la TDF

Valores Medidos			M	n	N	Ch	Cs
Nm	r/min	s/100g	Nm	r/min	kW	L/h	g/kWh
M_{TDF}	n_{TDF}	t	M_{TDF}/i_{TDF}	$n_{TDF} * i_{TDF}$	$N = \frac{M * 2\pi n}{60.000}$	$C_h = \frac{360}{t \cdot \rho_c}$	$C_s = \frac{C_h * \rho_c * 1000}{N}$
t: Tiempo (s) en consumir 100 g de combustible							
ρ_c : densidad del combustible, en kg/L							

Se elabora una tabla de resultados (Tabla2) en los que se incluye, para cada punto, los valores calculados de régimen del motor, potencia, consumo horario y específico. En el caso del punto correspondiente a par máximo, como lo que interesa destacar es, precisamente, el valor máximo del par, no se incluye en esa tabla de valores, sino que se adjunta con la pareja de valores par máximo y régimen de par máximo. Los parámetros de reserva de par, de régimen y par de arranque (Figura 6) se calculan según indica la tabla 3.

Tabla 3.- Cálculo de la reserva de par, reserva de régimen y par de arranque

Parámetro		
Reserva de par	$\Delta M = 100 * \frac{M_m - M_n}{M_n}$	Mm : Par Máximo Mn: Par nominal
Reserva de régimen	$\Delta n = 100 * \frac{n_n - n_m}{n_n}$	n_n : Régimen nominal n_m : Régimen de par máximo
Par de arranque	$M_a = 100 * \frac{M_{1000}}{M_n}$	M_{1000} : Par a 1000 r/min

El ensayo de la potencia con el acelerador a tope establece las prestaciones máximas del motor. La curva de par obtenida define el límite de utilización, pero sólo ofrece valores de puntos situados sobre esa línea. En muchas situaciones de trabajo, el motor no se encuentra en esas condiciones y no se dispone, por tanto, de información del consumo en el interior de la curva, la zona marcada de azul en la figura 7. Por ello, el Código OCDE estableció unos puntos extra para conocer el consumo en diversas condiciones que se pueden asimilar a labores agrícolas, como se explica en la tabla 4. Son 6 puntos, el primero de los cuales es el nominal. El segundo corresponde al acelerador a tope y una potencia del 80% de la nominal. El tercero y el cuarto se obtienen con el acelerador al 90% del régimen nominal, uno con el 80% de la potencia nominal y otro con el 40%. En el quinto y sexto el régimen se reduce al 60% del régimen nominal y la potencia al 60% y 40% de la nominal. Los puntos 2 y 3 se asimilar a labores pesadas, uno con el acelerador a tope y el otro con un régimen algo menor. El punto 4 se identifica como labor ligera de toma de fuerza o tracción. El 5 representa labor pesada con el régimen próximo al punto de consumo específico mínimo y el 6 se identifica con una labor ligera a bajo régimen

para reducir consumo de combustible. En la figura 8 se muestran los puntos en las curvas características de un tractor.

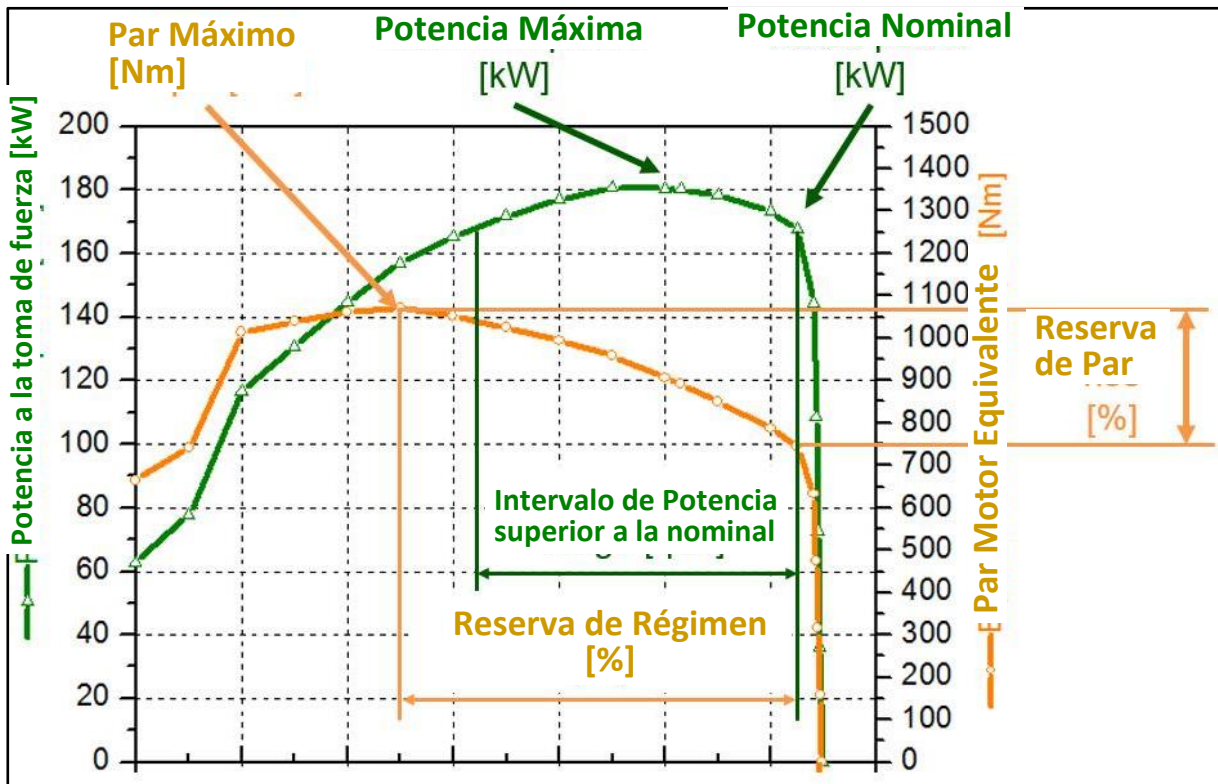


Figura 6.- Puntos principales medidos en el ensayo de la potencia medida en la toma de fuerza

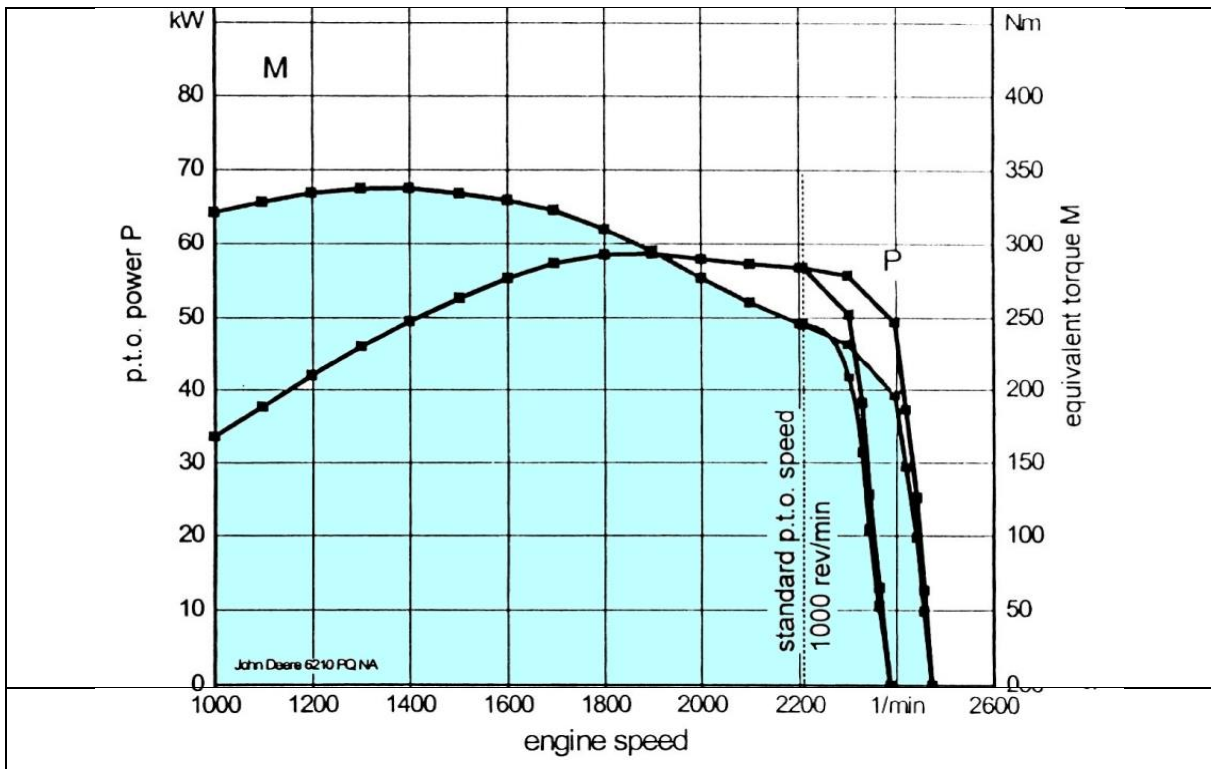


Figura 7.- Curvas características de par y de potencia del tractor John Deere 6210 OCDE 2/1821 (DLG 98-196)

Tabla 4: Puntos extra (puntos a cargas parciales) medidos en el ensayo a la toma de fuerza

Punto extra	Potencia	Acelerador	Condición de trabajo
1	Potencia nominal	A tope	Referencia
2	80% Potencia nominal	A tope	Labor pesada de tiro
3	80% Potencia nominal	90 % régimen nominal	Labor pesada de tiro o TDF
4	40% Potencia nominal	90 % régimen nominal	Labor ligera tiro o TDF
5	60 % Potencia nominal	60 % régimen nominal	Labor pesada tiro o TDF a régimen reducido
6	40 % Potencia nominal	60 % régimen nominal	Labor ligera tiro o TDF a régimen reducido

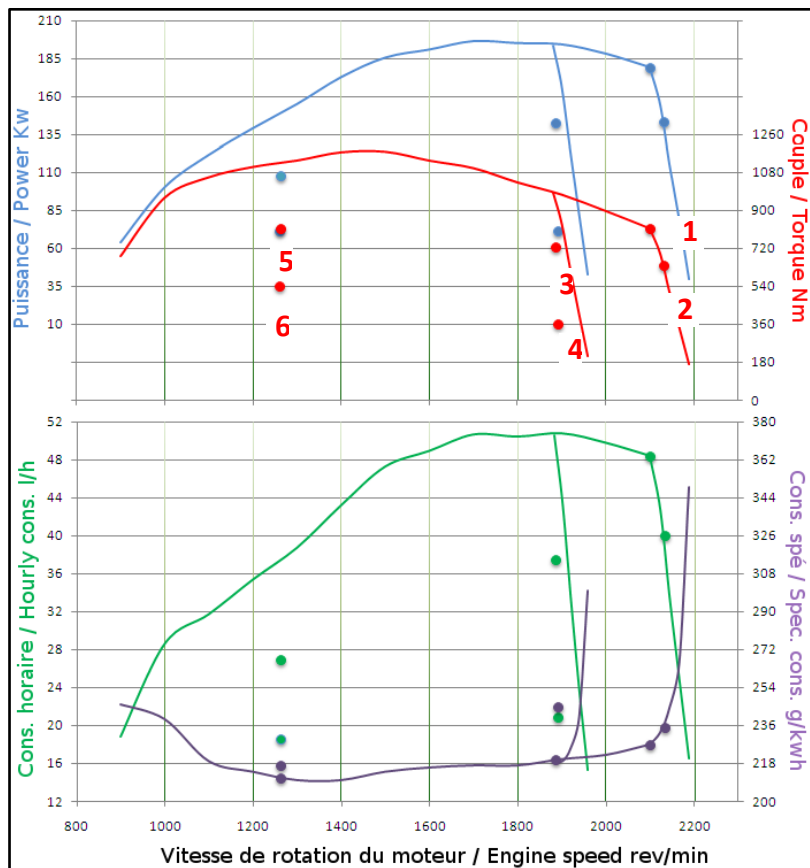


Figura 8.- Curvas características del tractor FENDT 828 SCR. Ensayo OCDE 2/2 610. DLG Test No. 11.033.49.02 con los 6 puntos extra.

Curvas características

En la figura 8 se presentan las 4 curvas que se obtienen del ensayo a la toma de fuerza:

- Curva de par (M-n)
- Curva de Potencia (N-n)
- Curva de consumo horario (L/h)
- Curva de consumo específico (g/kWh)

En la parte superior se encuentran las curvas de par (roja) y potencia (azul). En la parte inferior, las 2 de consumo: consumo horario (verde) y consumo específico (morada). En la figura se representan los dos ensayos (acelerador a tope y al régimen normalizado de la TDF) y los puntos extra.

También se pueden representar las curvas de consumo de aditivo para control de emisiones.

Potencia Extra y Gestión de la Potencia

Además de todo lo anterior, el tractor puede disponer de **potencia extra** (algunas veces llamada *sobrepotencia* o boost en inglés) que, en determinadas situaciones ofrece un incremento de la potencia para atender a ciertas solicitaciones. La idea básica es que la potencia sea superior a la nominal, que es la potencia de referencia.

El concepto de potencia extra apareció cuando se dispuso de gestión electrónica de la inyección. En el regulador mecánico, una vez que deja de actuar (punto nominal), la alimentación es la máxima y se mantiene en la zona de sobrecarga, disminuyendo la potencia. Por tanto, la potencia máxima es la nominal (Figura 9, parte superior izquierda) y no hay potencia extra. En el lado derecho de la figura 9, el control electrónico de la alimentación de combustible permite que, con **una sola curva de par**, la potencia aumente para proporcionar la potencia máxima a menor régimen que la nominal (**potencia extra**).

El incremento de las posibilidades que ofrecen la electrónica y la informática conduce a la **Gestión de la Potencia**, en la que se dispone dos curvas de par. En la parte de la derecha de la figura 9 se encuentran las curvas de par (arriba) y potencia (abajo). Hay 2 puntos de par nominal y 2 de potencia máxima (aunque puede haber 1 sólo punto de potencia nominal y dos de potencia máxima). En este caso siempre hay potencia extra porque una de las curvas de potencia (y par) es superior a la otra, además, en cada una de las curvas, la potencia máxima será superior a la nominal.

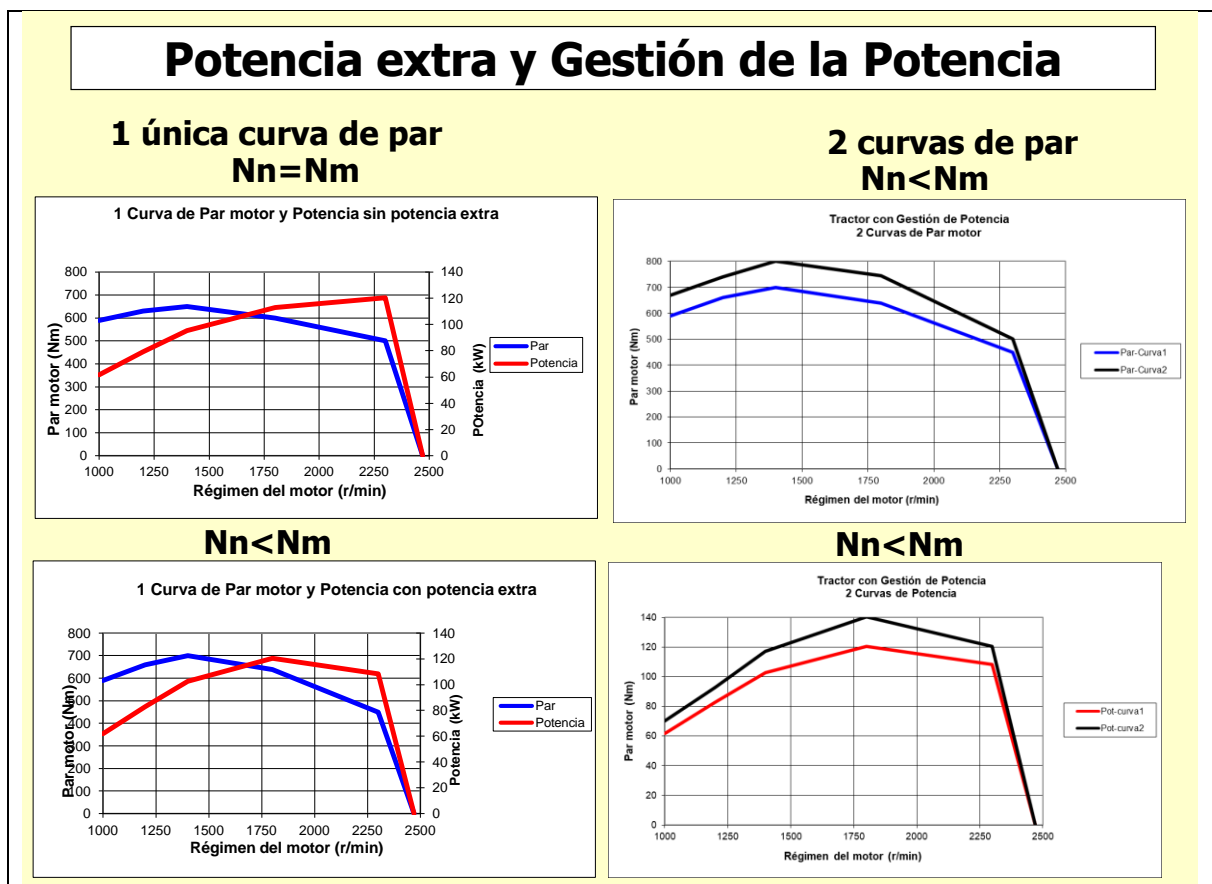


Figura 9.- Curvas de motor con/sin potencia extra. A la izquierda, con una única curva de par. Arriba, sin potencia extra porque la potencia máxima igual a la nominal; Abajo, con potencia extra. A la derecha tractor con potencia extra y dos curvas de par (Gestión de Potencia). Arriba, las dos curvas de par; abajo, las 2 de potencia. En las dos curvas posibles la potencia máxima superior a la nominal.

Comparación del Código 2 con otras normas de ensayo de la potencia del motor

El ensayo del motor según el Código 2 de la OCDE no es la única norma de ensayo que existe. En la tabla 5 se recoge las diferencias de las condiciones de los distintos métodos de ensayo. Algunos miden la potencia efectiva /en el cigüeñal, flywheel) y el código 2 lo hace en la toma de fuerza. Por otra parte, algunas normas permiten eliminar distintos componentes durante la prueba, con lo que la potencia entregada será mayor. Así, la norma SAE (Society of Automotive Engineers-USA) permite quitar el filtro del aire, el ventilador y otros equipos. En la tabla se aprecia que el código 2 es el más restrictivo. En la parte inferior de la tabla se puede comprobar que el tractor 1, los 221 kW que entrega si se ensaya con la norma ECE R 120 se quedan en 175 kW con el Código 2 de la OCDE.

Tabla 5.- Condiciones de ensayo de tractores según distintas normas de ensayo

Standard	SAE	ISO	EU	ECE R 24	OECD Tractor	
	J1995	TR14396	2016/1628		Code 2	
	ECE R 120					
Measuring point	Flywheel	Flywheel	Flywheel	Flywheel	Power-Take-Off	Driven wheels
Turbocharger	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Intercooler	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Injection pump	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Coolant pump	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Water cooler	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Air filter	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Exhaust pipe	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Fan	No	No	No	Yes (min. speed)	Yes	Yes
Additional aggregates (Air conditioner, transmission, clutch, hydraulic, etc.)	No	No	No	No	Yes	Yes
Consideration of air and fuel temperature and atmospheric pressure	Yes	Yes	Yes	Yes	Limited	Limited
Examples of according OECD Tractor Code 2 tested tractors						
Tractor 1		221 kW			208 kW	175 kW
Tractor 2		291 kW		287 kW	258 kW	219 kW
Tractor 3		139 kW			119 kW	100 kW
Tractor 4			93 kW		86 kW	74 kW

b) Ensayos a la barra con carro dinamométrico de acuerdo con el Código 2 OCDE



Figura 10.-Ensayo de potencia a la barra con carro dinamométrico en el National Tractor Test Laboratory de la Universidad de Nebraska-Lincoln (USA)

El ensayo a la barra se realiza en pista artificial con las condiciones controladas gracias al carro dinamométrico que aplica la fuerza resistente deseada de acuerdo con el protocolo de ensayo.

Las condiciones de ensayo son muy precisas. Hay 2 grupos de ensayos en los que se mide la fuerza de tracción, la velocidad real de avance, el deslizamiento, el régimen de giro del motor y el consumo de combustible y se calcula, la potencia a la barra y el consumo específico de combustible (tabla 9). El primer grupo son los **ensayos de potencia máxima en marchas/velocidades determinadas (ensayos 3.3.1)**. El segundo corresponde a **ensayos de consumo de combustible (ensayos 3.3.2)**.

Tabla 9.- Condiciones de funcionamiento en los ensayos de tracción

Gear Number and range	Power	Draw bar pull	Speed	Engine speed	Fan speed	Slip of wheels and/or tracks	Specific fuel consumption	Specific energy	Specific reagent consumption ⁸	Temperature			Atmospheric conditions		
										Fuel	Coolant	Engine oil	Temperature	Relative humidity	Pressure
	kW	kN	km/h	min ⁻¹	min ⁻¹	%	g/kWh	kWh/l	g/kWh	°C	°C	°C	°C	%	kPa
3.3.1	MAXIMUM POWER IN TESTED GEARS/SPEED SETTINGS														
3.3.2	FUEL CONSUMPTION														
3.3.2.1	in selected gear/speed setting nearest 7.5 km/h, at maximum power at rated engine speed														
3.3.2.1.1	75 % of pull corresponding to maximum power at rated engine speed														
3.3.2.1.2	50 % of pull corresponding to maximum power at rated engine speed														
3.3.2.1.3	highest gear/speed setting at reduced engine speed able to achieve both 3.3.2.1.1 and 3.3.2.1.2 ; same pull and travelling speed as in 3.3.2.1.1														
3.3.2.1.4	same gear/speed selection as 3.3.2.1.3 at reduced engine speed; same pull and travelling speed as in 3.3.2.1.2														
3.3.2.2	in selected gear/speed setting nearest between 7 km/h and 10 km/h at rated engine speed														
3.3.2.2.1	75 % of pull corresponding to maximum power at rated engine speed														
3.3.2.2.2	50 % of pull corresponding to maximum power at rated engine speed														
3.3.2.2.3	highest gear/speed setting at reduced engine speed able to achieve both 3.3.2.2.1 and 3.3.2.2.2 ; same pull and travelling speed as in 3.3.2.2.1														
3.3.2.2.4	same gear/speed setting as 3.3.2.2.3 at reduced engine speed; same pull and travelling speed as in 3.3.2.2.3														

En los **ensayos de potencia máxima** (3.3.1) se ensaya en, al menos, 7 marchas/velocidades en el rango entre 2,5 a 17 km/h (**Velocidades-objetivo**) teniendo como limitante el deslizamiento del 15%. Si el tractor es CVT, las velocidades son las de la tabla 10. Si el tractor lleva cambio escalonado, en 7 marchas que permitan las velocidades más próximas a las de la tabla. En los ejemplos que se presentan más adelante se puede ver la presentación de resultados (tabla 19).

Tabla 10.- Velocidades objetivo de ensayo para tractores con transmisión CVT

Wheeled and comparable tractors:							
km/h	2.5	3.5	5.0	6.5	8.0	11.0	17.5
Steel-wheeled and steel-tracked tractors:							
km/h	1.5	2.5	3.5	5.0	6.5	8.0	10.0

Los ensayos **“de consumo de combustible (ensayos 3.3.2)”** se dividen en dos grupos: de 5 ensayos cada uno (tabla 11):

- **Ensayos 3.3.2.1**, que corresponden a una velocidad de avance próxima a 7,5 km/h
 - Ensayo 3.3.2.1 ensayo de referencia a régimen nominal
 - Ensayo 3.3.2.1.1: aplicando el 75% de la fuerza de tracción medida en el ensayo de referencia (3.3.1) a régimen nominal
 - Ensayo 3.3.2.1.2: aplicando el 50% de la fuerza de tracción medida en el ensayo de referencia (3.3.1) a régimen nominal
 - Ensayo 3.3.2.1.3: se aplica la estrategia que consiste en buscar la marcha/velocidad más alta que permita, con el menor régimen posible, conseguir la fuerza de tracción velocidad y potencia del ensayo 3.3.2.1.1. En inglés, “GUTD (Gear up; throttle down)” o “SUTB (Shift up; throttle back)”, que se puede poner en español como “estrategia CARABA (Cambio **A**riba, Régimen **A**abajo”,
 - Ensayo 3.3.2.1.4: Se repite la estrategia en relación al ensayo 3.3.2.1.2
- **Ensayos 3.3.2.2** a velocidad entre 7 y 10 km/h. Mismo procedimiento que en los ensayos 3.3.2.1.

Tabla 11.- Ejemplo de resultados del ensayo a la barra

Speed setting	Power kW	Drawbar-pull kN	Speed km/h	Engine speed min ⁻¹	Fan speed min ⁻¹	Slip of wheels and/or tracks %	Specific fuel consumption g/kWh	Specific energy kWh/dm ³	Specific reagent consumption g/kWh
3.3.2 FUEL CONSUMPTION									
3.3.2.1 in selected gear/speed setting nearest 7.5 km/h, at maximum power at rated engine speed									
7.5	302.9	145.18	7.51	1702	1380	4.9	248	3.36	21.20
3.3.2.1.1 75 % of pull corresponding to maximum power at rated engine speed									
7.5	240.9	109.04	7.95	1751	1275	2.5	246	3.38	21.79
3.3.2.1.2 50 % of pull corresponding to maximum power at rated engine speed									
7.5	165.3	72.41	8.22	1767	931	1.4	261	3.18	18.51
3.3.2.1.3. highest gear/speed setting at reduced engine speed able to achieve both 3.3.2.1.1 and 3.3.2.1.2 ; same pull and travelling speed as in 3.3.2.1.1									
9	240.8	108.83	7.97	1457	1123	2.5	233	3.56	19.46
3.3.2.1.4 same gear/speed selection as 3.3.2.1.3 at reduced engine speed; same pull and travelling speed as in 3.3.2.1.2									
9	165.5	72.58	8.21	1473	856	1.6	243	3.42	26.20
3.3.2.2 in selected gear/speed setting nearest between 7 km/h and 10 km/h at rated engine speed									
9	308.2	123.36	8.99	1699	1310	3.3	243	3.42	21.09
3.3.2.2.1 75 % of pull corresponding to maximum power at rated engine speed									
9	243.2	92.90	9.42	1752	1134	1.9	246	3.37	22.79
3.3.2.2.2 50 % of pull corresponding to maximum power at rated engine speed									
9	166.7	61.77	9.71	1770	895	1.2	263	3.16	20.73
3.3.2.2.3 highest gear/speed setting at reduced engine speed able to achieve both 3.3.2.2.1 and 3.3.2.2.2 ; same pull and travelling speed as in 3.3.2.2.1									
11	242.1	92.61	9.41	1435	1126	2.0	231	3.59	21.07
3.3.2.2.4 same gear/speed setting as 3.3.2.2.3 at reduced engine speed; same pull and travelling speed as in 3.3.2.2.2									
11	166.2	61.78	9.69	1456	747	1.3	240	3.46	27.19

El consumo específico en los ensayos OCDE

Las Estaciones de Ensayo oficiales sólo pueden proporcionar resultados que se hayan MEDIDO en la Estación. No pueden dar valores que haya que calcular mediante unos parámetros en los que se podrían establecer criterios varios.

En un ensayo a la barra se mide la potencia de tracción (fuerza de tiro y velocidad real de avance) y el consumo específico se calcula dividiendo el consumo horario medido por la potencia a la barra, que siempre es menor que la del motor. Por ello, los valores de consumo específico resultan mucho más altos que los medidos en el ensayo del motor.

En las tablas 12 y 13 se muestran los resultados del ensayo del **TRACTOR NEW HOLLAND T7.210**, realizado en las instalaciones de IMAMOTER, en Turin, Italia (Report No. 3216*2*NH*T7.210*0*2011; OECD Approval No.2/2 654 on 5th December 2011). En la tabla 12 los puntos del ensayo del motor sin gestión de potencia; en la tabla 13, los de ensayos de consumo de combustible a la barra con el tractor sin lastres a 7,5 km/h.

Tabla 12.- Resultados del ensayo **del motor** del tractor New Holland T7.210 (OECD No.2/2 654)

Power	Speed			Fuel consumption		
	Engine	P.T.O.	Fan	Hourly		Specific
kW	min ⁻¹ (rev/min)			kg/h	l/h	g/kWh
3.1.1 MAXIMUM POWER-ONE - HOUR TEST						
115.3	1800	952	1748	26.58	31.83	231
3.1.2 POWER AT RATED ENGINE SPEED						
110.8	2100	1111	1442	26.83	32.13	242
3.1.3 POWER AT STANDARD PTO SPEED [1000 ± 25 min ⁻¹]						
114.7	1890	1000	1813	26.82	32.12	234

Tabla 13.- Resultados del ensayo **a la barra** del tractor New Holland T7.210 (No.2/2 654)

Speed No. ¹	Power	Drawbar pull	Speed	Engine speed	Fan speed	Slip of wheels	Specific fuel consumption	Specific energy	Temperature			Atmospheric conditions		
									Fuel	Coolant	Engine oil	Temperature	Relative humidity	Pressure
	kW	kN	km/h	min ⁻¹	min ⁻¹	%	g/kWh	kWh/l	°C	°C	°C	°C	%	kPa
3.3.2 FUEL CONSUMPTION ²														
3.3.2.1 In selected gear/speed setting nearest 7.5 km/h, at maximum power at rated engine speed														
7.5	87.8	43.9	7.2	2100	1545	3.8	310	2.70	50	95	110	32	27	98.2
3.3.2.1.1 75% of pull corresponding to maximum power at rated engine speed														
7.5	66.7	32.9	7.3	2133	1532	2.6	328	2.54	54	94	116	32	27	98.2
3.3.2.1.2 50% of pull corresponding to maximum power at rated engine speed														
7.5	45.0	21.9	7.4	2155	1320	1.6	389	2.15	56	93	114	32	27	98.2

En el **ensayo del motor** al régimen nominal se obtienen 110,8 kW de potencia con un consumo específico de 242 g/kWh. El primer punto del **ensayo a la barra**, correspondiente también al régimen nominal, proporciona 87,8 kW de potencia de tracción con una fuerza de tiro de 43,9 kN y un consumo específico de 310 g/kWh. Es un valor muy superior, pero es el resultado de dividir el consumo horario por la potencia a la barra de 87,8 kW, por lo que, con unos sencillos cálculos, se puede referir a un valor comparable con el del ensayo del motor. Los datos de los dos puntos se recogen en la tabla 14.

Tabla 14.- Potencia y consumo específico de combustible medido en el punto nominal en el ensayo de motor y a la barra del tractor NH T7.210

	Punto nominal del ensayo	
	Del motor	A la barra
Potencia (kW)	110,8	87,8
Consumo Específico (g/kWh)	242	310
Fuerza tracción (kN)		43,9
Deslizamiento (%)		3,8

Para realizar los cálculos se utilizan los siguientes datos (Tabla 15):

Tabla 15.- Datos del ensayo del tractor NHT7.210 y supuestos de cálculo

Del boletín de ensayo		Supuestos	
Peso del tractor en el ensayo	7090 kg	Coef. Resist rodadura	0,04
Densidad del combustible:	0,835 kg/L	Rendimiento transmisión	0,87

En la utilización de esos **supuestos** es donde se justifica la utilización de la potencia a la barra para calcular el consumo específico. Los valores son muy razonables, pero no se han medido.

Con la información disponible se calcula, en primer lugar, el consumo horario en el ensayo a la barra. La relación entre el consumo horario y específico, es:

$$C_s(g/kWh) = \frac{C_h(L/h) * \rho_c(kg/L) * 1000 (g/kg)}{N (kW)}$$

Llamando C_{sB} al consumo específico referido a la potencia a la barra N_B , se tiene:

$$C_h(L/h) = \frac{C_{sB}(g/kWh) * N_B (kW)}{1000 (g/kg) * \rho_c(kg/L)}$$

Con los datos del ensayo a la barra, resulta:

$$C_h(L/h) = \frac{310 * 87,8}{1000 * 0,835} = 32,6 L/h$$

Ya de entrada se comprueba que este valor no es elevado, comparado con el del ensayo del motor para la potencia de 110,8 kW, que era de 32,13 L/h.

Para calcular la potencia necesaria en el motor se calcula la eficiencia en tracción, basándose en los supuestos establecidos. La eficiencia en tracción, TE, es el resultado de las pérdidas producidas entre la potencia desarrollada por el motor (N) y la entregada a la barra (N_B), debidas a la transmisión (η_t), rodadura (η_k) y deslizamiento (η_δ):

$$TE = \frac{N_B}{N} = \eta_t * \eta_k * \eta_\delta$$

La resistencia a la rodadura depende del peso del tractor (P) y del coeficiente de resistencia a la rodadura (k), que se considera de 0,04 para pista artificial. La resistencia a la rodadura R_k , vale:

$$R_k = k * P = 0,04 * 7090 = 283,6 \text{ kg}$$

Como la fuerza de tracción desarrollada (Q) es de 43,9 kN (4475,03 kg), la fuerza total necesaria en las ruedas, Ft, resulta:

$$F_t = Q + R_k = 4475,03 + 283,6 = 4758,63 \text{ kg}$$

Y el rendimiento a la rodadura, vale:

$$\eta_k = \frac{Q}{F_t} = \frac{4475,03}{4758,63} = 0,94$$

Con un deslizamiento (δ) medido del 3,8%, el rendimiento en el deslizamiento, vale:

$$\eta_\delta = 1 - \delta = 1 - 0,038 = 0,962$$

Por tanto, la eficiencia en tracción resultante, vale:

$$TE = \eta_t * \eta_k * \eta_\delta = 0,87 * 0,94 * 0,962 = 0,79$$

La potencia necesaria en el motor para desarrollar una potencia a la barra de 87,8 kW es:

$$N = \frac{N_B}{TE} = \frac{87,8}{0,79} = 111,14 \text{ kW}$$

Si ahora se calcula el consumo específico referido a la potencia del motor, con el valor del consumo horario de 32,6 L/h calculado, el valor que se obtiene es:

$$C_s (g/kWh) = \frac{32,6 (L/h) * 0,835 (kg/L) * 1000 (g/kg)}{111,14 \text{ kW}} = 244,93 \left(\frac{g}{kwh} \right)$$

Inferior, como vemos, a los 310 g/kWh referido a la potencia a la barra y muy similar al del ensayo del motor para 110,8 kW de potencia (242 g/kWh).

Los neumáticos en el ensayo OCDE a la barra

Otro tema interesante en el ensayo OCDE a la barra es el de los neumáticos. Es en el único apartado en la que no están establecidas reglas estrictas de obligado cumplimiento. Y cuidado que los neumáticos tienen influencia en el comportamiento del tractor. Pues la única norma relativa a la presión de inflado es que se cumpla (Código 2 OCDE 2014, apartado 4.4.1.6) que:

$$P * H \leq 0.8 W * Z$$

Siendo:

- P: fuerza de tracción máxima;
- H: altura de la línea de tiro (que debe ser horizontal)
- W: peso estático sobre el eje delantero
- Z: batalla

La expresión anterior lo que está diciendo es que cuando se está haciendo la fuerza de tracción máxima (P), sobre el eje delantero quede, al menos, un 20% del peso estático en dicho eje (W). En la figura 11 se explica y justifica esta expresión. Por comodidad, se ha mantenido la terminología que se usa habitualmente y al final se adapta a la del Código.

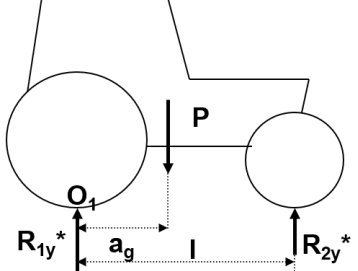
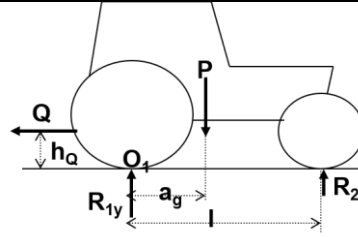
P: Peso total del tractor R* _{1y} : Peso estático eje trasero R* _{2y} : Peso estático eje delantero	ag: Abscisa Centro masas l_ batalla h _Q = altura barra de tiro	Q: Fuerza de tracción R _{1y} : Peso dinámico eje trasero R _{2y} : Peso dinámico eje delantero
Condición: Estática		$R_{2y}^* = \frac{P * a_g}{l}$
Condición Dinámica		$\begin{aligned} P * a_g - R_{2y} * l - Q * h_Q &= 0 \\ Q * h_Q &= R_{2y}^* * l - R_{2y} * l \\ Q * h_Q &= (R_{2y}^* - R_{2y}) * l \end{aligned}$
Nomenclatura OCDE: Nomenclatura propia:	$\left. \begin{aligned} P * H &= 0,8 * W * Z \\ Q * h_Q &= (R_{2y}^* - R_{2y}) * l \end{aligned} \right\} \Rightarrow$	$\begin{aligned} (R_{2y}^* - R_{2y}) &= 0,8 * R_{2y}^* \\ R_{2y} &= 0,2 * R_{2y}^* \end{aligned}$
EL PESO DINÁMICO SOBRE EL EJE DELANTERO DEBE SER, AL MENOS, EL 20% DEL ESTÁTICO		

Figura 11.- Justificación de la condición de la carga dinámica sobre el eje delantero en el ensayo a la barra

Aparte de esa indicación, que puede verse afectada por la presión de inflado, la única referencia a los neumáticos es que la presión de inflado debe estar dentro de los límites especificados por el fabricante de los neumáticos. Pero no siempre el fabricante de los neumáticos está presente cuando se hace el ensayo a la barra, por lo que la decisión de la presión queda en manos del fabricante del tractor. Al revisar boletines de resultados de ensayo a la barra es interesante comprobar estos valores, a veces muy dispares entra distintos ensayos.

Interpretación de los ensayos a la barra con el ensayo del tractor NEW HOLLAND T7.210

Al revisar los resultados del ensayo a la barra resulta inevitable sentirse agobiado por la cantidad de valores que contienen, a lo que hay que añadir la dificultad habitual que conlleva la nomenclatura de los ensayos. Sin embargo, una lectura pausada ofrece una información altamente interesante y aprovechable a la hora de comparar tractores. Por ello, vamos a volver a la tabla de resultados con el reto de hacer más atractiva y útil su información. Seguiremos utilizando los datos del ensayo del tractor **NEW HOLLAND T7.210** (OECD Approval No.2/2 654) con el que se ha discutido el tema del consumo.

El tractor rinde 110,8 kW (tabla 12) en el ensayo a la toma de fuerza al régimen nominal de 2100 r/min con un par máximo de 696,3 Nm a 1400 r/min. En la tabla 16 se incluyen los datos que se van a utilizar en el estudio, tanto los procedentes del boletín como los supuestos.

Tabla 16.- Datos del tractor New Holland T7.210

Del Boletín de ensayo		Supuestos para cálculos	
Peso con conductor P	7165 kg (70,29 kN)	Rendimiento en la transmisión ηt	0,87
Transmisión	CVT	Coef. Resist Rodadura k	0,04
Neumáticos Traseros	650/65R42 158 A8	Resistencia Rodadura Rk = k*P	305 kg (2,99 kN)
Neumáticos Delanteros	540/65R30 143 A8	Radio rueda trasera	0,92 m
Densidad del combustible	0,835 kg/L		

El valor elegido del radio merece un pequeño comentario. Y sí, es *elegido*, porque hay varias posibilidades. El boletín sólo menciona la marcación, sin añadir nada más. De hecho, no figura el radio en la tabla en la que se indican el rango de velocidades adelante y atrás que se pueden conseguir (Tabla 17). Normalmente, cuando es una transmisión escalonada, la tabla de velocidades indica el régimen al que se han calculado (el nominal) y el radio índice de los neumáticos traseros.

Tabla 17.- Velocidades de avance del tractor NH T7.210 con transmisión CVT

Speed setting ¹	Gear	Range	Number of engine revolutions for one revolution of the driving wheels	Nominal travelling speed at rated engine speed of 2100 min ⁻¹ (rev/min) km/h ²
Forward				
not applicable	not applicable	1	not applicable	0→13.78
not applicable	not applicable	2	not applicable	13.78→40.50
Reverse				
not applicable	not applicable	1	not applicable	0→21.00
¹ Driver select a speed between 0 and 40 km/h displayed on dashboard				
² Maximum speed electronically controlled acting on engine speed and on hydrostatic/mechanical transmission for any dimension of tyre fitted				

Number of revolution of front wheels for one revolution of rear-wheels:

1.321

Con el marcado del tractor se pueden elegir los siguientes valores de radio (Tabla 18):

Tabla 18.- valores posibles del radio de la rueda trasera del tractor New Holland T 7.210

Radio	mm
Índice	905
SRI Speed radius index, según ETRTO	925
Correspondiente al RCI En este caso RCI=47, la circunferencia de rodadura vale 5850 mm	931
De rodadura (a partir de la circunferencia de rodadura del catálogo del neumático de 5780 mm	920

Los tres primeros son radios “de consenso”, asignados directamente a la marcación. El RCI es el índice de la circunferencia de rodadura, que cada vez es más común ver en el catálogo del tractor al indicar las ruedas posibles; sustituyendo a la marcación. El tractor puede equipar cualquier neumático que tenga un determinado RCI. Si hubiera figurado el radio índice en el boletín, sería el elegido, pero al no constar, nos hemos inclinado por el de la circunferencia de rodadura que proporciona el fabricante del neumático, aún a sabiendas de que corresponde a una carga y presión de inflado que no coinciden con las que llevará el tractor durante el ensayo.

Las condiciones en el ensayo del tractor NEW HOLLAND T 7.210 son:

- Peso (con conductor): 7165 kg
- Altura de la barra de tiro: 550 mm
- Presiones de inflado: Trasero y delantero, 80 kPa

En la tabla 13 se seleccionaron 3 ensayos del grupo de potencia máxima (3.3.1) para la discusión sobre el consumo específico en los ensayos a la barra, pero en la tabla 19 se recogen los resultados completos de potencia máxima (3.3.1).

Tabla 19.- Resultados de ensayos de potencia máxima de tracción del tractor NH T 7.210

Speed setting ¹	Power	Drawbar pull	Speed	Engine speed	Fan speed	Slip of wheels	Specific fuel consumption	Specific energy	Temperature			Atmospheric conditions		
									Fuel	Coolant	Engine oil	Temperature	Relative humidity	Pressure
									°C	°C	°C	°C	%	kPa
3.3.1 MAXIMUM POWER IN TESTED GEARS/SPEED SETTINGS²														
2.0	30.2	60.3	1.8	2157	2014	15.0	557	1.50	47	89	100	30	32	98.5
2.5	37.2	60.8	2.2	2147	2533	15.0	514	1.62	55	89	110	30	33	98.5
3.0	45.8	61.1	2.7	2140	2578	15.0	460	1.81	55	89	111	30	33	98.5
3.5	53.4	62.0	3.1	2134	2423	15.1	421	1.98	49	89	113	29	33	98.5
4.0	62.2	62.2	3.6	2127	2434	15.0	383	2.18	49	89	113	27	35	98.5
5.0	76.3	62.4	4.4	2096	2490	15.0	362	2.31	55	90	114	27	38	98.5
6.5	92.0	58.1	5.7	1949	1987	7.9	309	2.70	51	92	116	25	46	98.5
7.0	93.5	56.1	6.0	1887	1673	6.4	304	2.75	49	95	117	23	54	98.5
8.0	97.9	52.6	6.7	1800	1394	5.1	284	2.94	44	95	112	22	61	98.5
9.5	91.7	41.8	7.9	1800	2184	4.7	293	2.85	54	88	113	32	27	98.5
11.0	92.3	36.1	9.2	1800	2308	3.7	292	2.86	54	88	113	32	27	98.5
12.6	90.1	30.6	10.6	1800	2297	2.9	306	2.73	51	88	112	32	25	98.5
15.0	74.0	20.8	12.8	1800	2426	1.9	368	2.27	50	88	111	31	26	98.5
17.0 ³	77.3	19.2	14.5	1800	2376	1.7	359	2.32	49	88	110	31	28	98.5
¹ Steplessly variable transmission. Speed set on the dashboard. Manual mode selected.														
² The specific reagent consumptions are not available														
³ Above 15 km/h the speed are selected with steps of 1 km/h														

El requisito de realizar, al menos 7 ensayos en el rango de marchas/velocidades objetivo de 2,5 a 17 km/h se cumple con creces, puesto que se ha ensayado en 14 velocidades.

En la tabla 20 se presentan los datos de una manera más intuitiva. En la parte superior se registran las condiciones del ensayo: peso, neumáticos y presiones de inflado, que son de 80 kPa para ambas ruedas. Después se incluyen los resultados en una tabla dividida en dos bloques: valores medidos y calculados con los supuestos ya conocidos del rendimiento en la transmisión, el coeficiente de resistencia a la rodadura y el radio de la rueda trasera. En las fórmulas de la parte inferior se justifican los cálculos, con el consumo específico referido a la potencia del motor que disminuye las altas cifras del consumo referido a la potencia a la barra.

Aparentemente, puede chocar que resulten valores de potencia del motor superiores a la que se indicó como potencia máxima de 110,8 kW, pero en los cálculos se calcula potencia “en el motor”, no medida a la toma de fuerza. Lo mismo sucede con el par motor, que en la tabla 20 aparecen valores superiores al par máximo medido en el freno dinamométrico,

Tabla 20. Resultados de ensayos a la barra. Potencia máxima a distintas velocidades

TRACTOR:	New Holland T 7.210 40 WD CVT, 40 km/ Nº OCDE:						2/2 654	Dic 2011					
ENSAYO A LA BARRA													
<i>Datos del boletín de ensayos:</i>													
Pot Nom TDF (kW)	110,8	2100 r/min	NT	650/65R42 158 A8	p _{inf} = 80 kPa								
Pot Max TDF (kW)	115,3	1800 r/min	ND	540/65R30 143 A8	p _{inf} = 80 kPa								
Pot reg nom TDF (kW)	114,7	1890 r/min	Peso P: 7165 kg		70,29 kN								
Dens. Combust (kg/L)	0,835												
<i>Supuestos:</i>													
Radio neum Tras r (m)	0,92	Coef Resist Rodad k =		0,04									
Rend. Transmisión η _t	0,87	Resist Rodadura R _k =		2,81 kN									
Ensayo de Potencia máxima a distintas velocidades													
Valores medidos							Valores calculados						
Vel obj/marcha km/h	NB kW	Q kN	V _r km/h	n r/min	δ %	C _{sB} g/kWh	V _t km/h	i _t	M Nm	N kW	Ch L/h	C _s g/kWh	
2,0	30,2	60,3	1,8	2157	15,0	557	2,1	353,3	188,9	42,7	20,1	394,2	
2,5	37,2	60,8	2,2	2147	15,0	514	2,6	287,7	233,8	52,6	22,9	363,7	
3,0	45,8	61,1	2,7	2140	15,0	460	3,2	233,7	289,2	64,8	25,2	325,0	
3,5	53,4	62,0	3,1	2134	15,1	421	3,7	202,7	338,1	75,6	26,9	297,5	
4,0	62,2	62,2	3,6	2127	15,0	383	4,2	174,2	394,7	87,9	28,5	271,0	
5,0	76,3	62,4	4,4	2096	15,0	362	5,2	140,4	491,0	107,8	33,1	256,3	
6,5	92,0	58,1	5,7	1949	7,9	309	6,2	109,2	589,7	120,4	34,0	236,2	
7,0	93,5	56,1	6,0	1887	6,4	304	6,4	102,1	610,2	120,6	34,0	235,7	
8,0	97,9	52,6	6,7	1800	5,1	284	7,1	88,4	662,7	124,9	33,3	222,6	
9,5	91,7	41,8	7,9	1800	4,7	293	8,3	75,3	626,4	118,1	32,2	227,6	
11,0	92,3	36,1	9,2	1800	3,7	292	9,6	65,3	629,7	118,7	32,3	227,1	
12,6	90,1	30,6	10,6	1800	2,9	306	10,9	57,2	617,8	116,5	33,0	236,7	
15,0	74,0	20,8	12,8	1800	1,9	368	13,0	47,8	521,8	98,4	32,6	276,8	
17,0	77,3	19,2	14,5	1800	1,7	359	14,8	42,3	550,0	103,7	33,2	267,7	
$V_t = \frac{V_r}{1 - \delta}$	$i_t = \frac{3,6 * 2 * \pi * n * r}{60 * V_t}$					$M = \frac{(Q + R_k) * 1000 * r}{\eta_t * i_t}$					$N = \frac{M * 2 * \pi * n}{60000}$		
						$C_h = \frac{C_{sB} * N_B}{\rho_c * 1000}$					$C_s = \frac{C_h * 1000 * \rho_c}{N}$		

En la figura 12 se representan gráficamente los resultados del ensayo, lo que ayuda significativamente a comprenderlos. Las dos figuras de la izquierda presentan, arriba, la potencia (barra y motor) y fuerza de tracción en función de la velocidad real de avance. En las de la derecha se representan la potencia y el consumo específico (arriba) y la velocidad real y deslizamiento (abajo) respecto a la fuerza de tracción desarrollada.

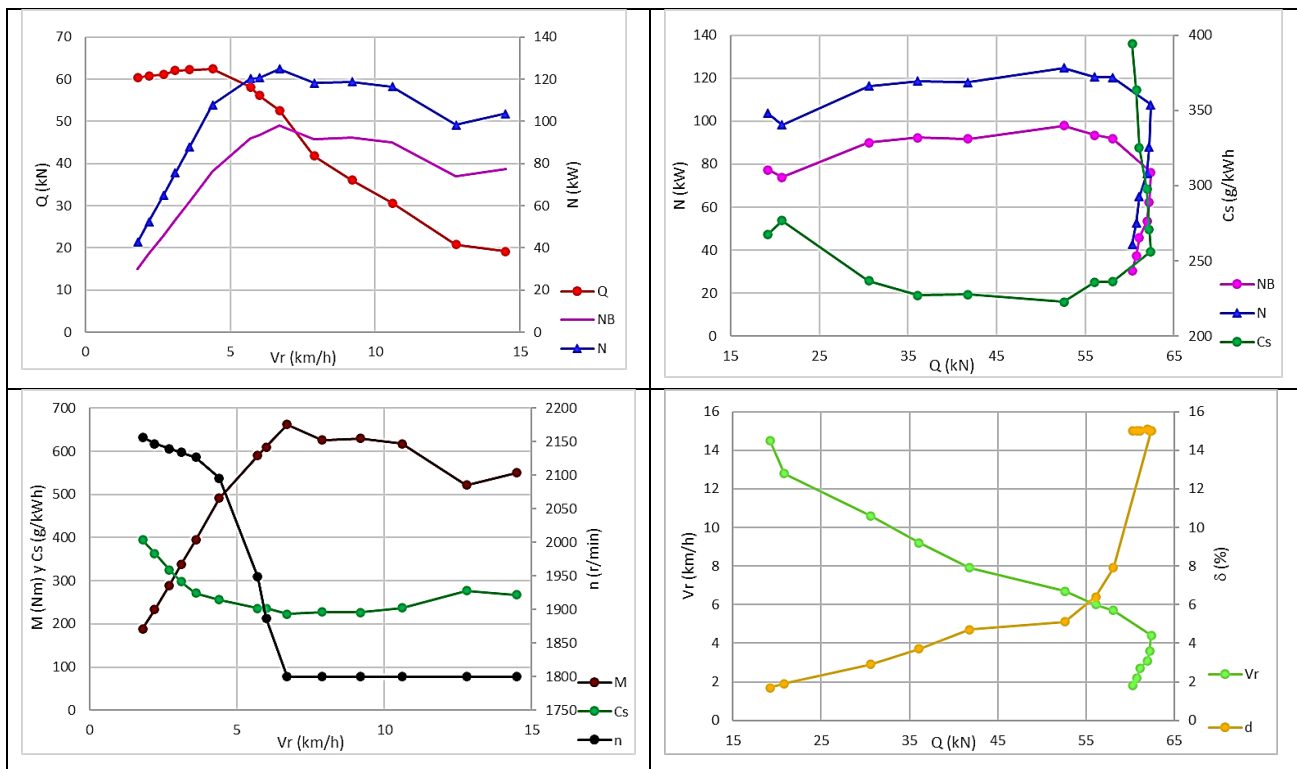


Figura 12.- Resultados del ensayo a la barra de potencia máxima a distintas velocidades. A la izquierda, respecto a la velocidad real de avance; A la derecha, en función de la fuerza de tracción

Resulta conveniente recordar que los ensayos presentan los puntos en los que se ha conseguido *la potencia máxima de tracción en diferentes velocidades*. Por ello se habla, en cada punto, de potencia máxima de tracción. De ellos, el valor máximo (97,9 kW) se consigue a 7,1 km/h de velocidad teórica de avance (6,7 de velocidad real), correspondiente al ensayo de velocidad objetivo de 8 km/h. Para velocidades superiores, la potencia disminuye como consecuencia de la bajada de la fuerza de tracción correspondiente a la potencia máxima a la barra en esa velocidad. A partir de los 7 km/h, el régimen correspondiente a la potencia máxima se mantiene en 1800 en el intervalo de velocidad teórica de 7-15 km/h, en el que el par anda por unos valores del orden de 600 Nm, superiores al régimen nominal, que es de 503,84 Nm (en la tabla 12, potencia nominal de 110,8 kW y régimen nominal de 2100 r/min $\text{Par nominal} = 110,8 \cdot 60000 / (2\pi \cdot 2100) = 503,84 \text{ Nm}$).

En las figuras de la derecha se puede ver el comportamiento en función de la fuerza de tracción desarrollada. El deslizamiento se dispara (como era de esperar) a partir de 55 kN (78% del peso del tractor) y la potencia baja de manera radical al llegar a la fuerza de tracción máxima, lo que produce el aumento del consumo de combustible.

En la figura 13 los datos del ensayo se reparten en 3 cuadrantes, de coordenadas:

- Par-régimen en el cuadrante superior izquierdo.
- Régimen-Velocidad teórica, en el cuadrante superior derecha
- Fuerza de tracción-Par, en el cuadrante inferior izquierdo

En el cuadrante par-régimen se incluyen:

- Los valores de la tabla 21, que contiene el par y régimen del ensayo a la toma de fuerza. Son los puntos marcados con triángulo negro
- La curva de los puntos par-régimen del ensayo a la barra

En el cuadrante Régimen-velocidad teórica los puntos son los medidos en el ensayo a la barra. De izquierda a derecha cubren la gama de velocidades objetivo de 2 a 17 km/h. Cada punto corresponde a una relación entre el régimen del motor y el de las ruedas. Por eso se han trazado las rectas que corresponderían a esa relación de transmisión si fuera una caja escalonada. El mismo criterio se ha seguido en el cuadrante inferior izquierdo. En este caso, los puntos de velocidad creciente de 2 a 17 km/h van de derecha a izquierda.

Tabla 21.- Valores de par, régimen y potencia en el ensayo del motor a la toma de fuerza

	n	M	N
Punto	r/min	Nm	kW
Par Máximo	1400	693,6	101,7
Pot Maxima	1800	611,7	115,3
Pot Nominal	2100	503,8	110,8
Pot reg TDF	1890	579,5	114,7
Cargas parc.	2121	428,2	95,1
Cargas parc.	2141	321,1	72,0
Cargas parc.	2158	215,1	48,6
Cargas parc.	2175	106,2	24,2
Cargas parc.	2189	0	0,0

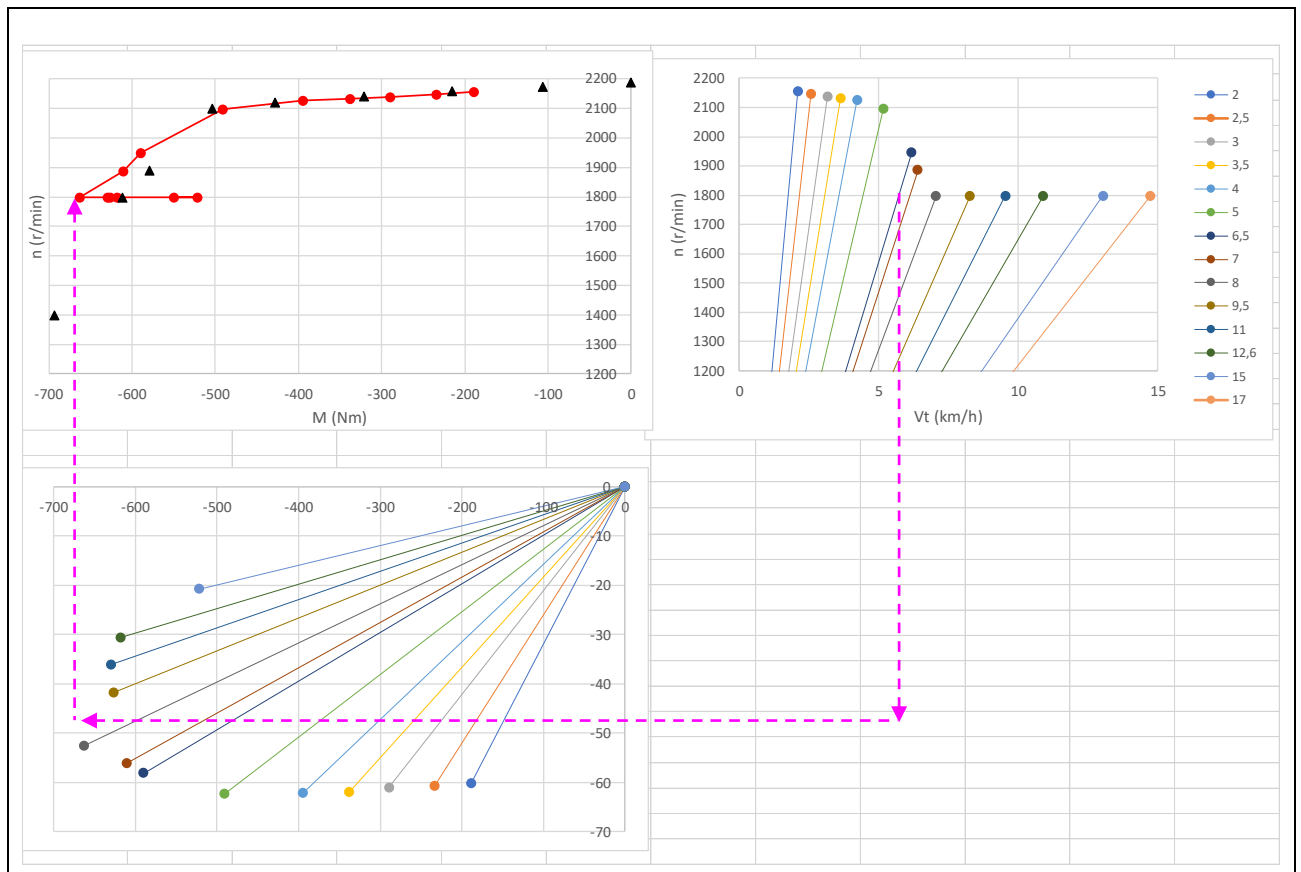


Figura 13.- Representación de los resultados de los ensayos a potencia máxima en distintas velocidades objetivo en el ensayo a la barra

A modo de ejemplo se ha marcado el punto de 8 km/h (cuyos datos se pueden ver en la tabla 20) en los 3 cuadrantes.

En la tabla 22 se encuentran los resultados de los **ensayos de consumo de combustible** (3.3.2). Están separados en los dos grupos. En verde de trazo continuo, los 5 ensayos a velocidad próxima a 7,5 km/h y en trazo discontinuo, los 5 a velocidad entre 7-10 km/h.

Tabla 22.- Ensayos a la barra de consumo de combustible del tractor New Holland T 7.210

Speed No. ¹	Power	Drawbar pull	Speed	Engine speed	Fan speed	Slip of wheels	Specific fuel consumption	Specific energy	Temperature			Atmospheric conditions		
									Fuel	Coolant	Engine oil	Temperature	Relative humidity	Pressure
									kW	kN	km/h	min ⁻¹	min ⁻¹	%
3.3.2 FUEL CONSUMPTION²														
3.3.2.1 In selected gear/speed setting nearest 7.5 km/h, at maximum power at rated engine speed														
7.5	87.8	43.9	7.2	2100	1545	3.8	310	2.70	50	95	110	32	27	98.2
3.3.2.1.1 75% of pull corresponding to maximum power at rated engine speed														
7.5	66.7	32.9	7.3	2133	1532	2.6	328	2.54	54	94	116	32	27	98.2
3.3.2.1.2 50% of pull corresponding to maximum power at rated engine speed														
7.5	45.0	21.9	7.4	2155	1320	1.6	389	2.15	56	93	114	32	27	98.2
3.3.2.1.3 Highest gear/speed setting at reduced engine speed able to achieve both 3.3.2.1.1 and 3.3.2.1.2; same pull and travelling speed as in 3.3.2.1.1														
8.0	66.7	32.9	7.3	1951	1604	2.6	321	2.60	56	90	112	32	27	98.2
3.3.2.1.4 Same gear/speed selection as 3.3.2.1.3 at reduced speed; same pull and travelling speed as in 3.3.2.1.2														
8.0	45.2	22.0	7.4	1958	1606	1.5	365	2.29	55	88	109	32	26	98.2
3.3.2.2 In selected gear/speed setting nearest between 7 and 10 km/h at rated engine speed														
9.5	88.9	34.4	9.3	2100	1958	3.5	309	2.70	54	90	111	32	26	98.5
3.3.2.2.1 75% of pull corresponding to maximum power at rated engine speed														
9.5	69.7	26.7	9.4	2129	2142	2.5	328	2.54	55	90	115	32	26	98.5
3.3.2.2.2 50% of pull corresponding to maximum power at rated engine speed														
9.5	45.1	17.1	9.5	2154	2045	1.5	399	2.09	55	89	112	32	26	98.5
3.3.2.2.3 Highest gear/speed setting at reduced engine speed able to achieve both 3.3.2.2.1 and 3.3.2.2.2; same pull and travelling speed as in 3.3.2.2.1														
10.0	68.7	26.6	9.3	1988	2047	2.5	325	2.57	55	89	112	32	27	98.5
3.3.2.2.4 Same gear/speed setting as 3.3.2.2.3 at reduced speed; same pull and travelling speed as in 3.3.2.2.2														
10.0	44.7	17.1	9.4	1992	2003	1.5	385	2.17	54	88	111	32	26	98.5
¹ <i>Steplessly variable transmission. Speed set on the dashboard. Manual mode selected.</i>														
² <i>The specific reagent consumptions are not available</i>														

Al igual que en los ensayos de potencia máxima, se ha confeccionado la tabla 23 con los resultados medidos y calculados.

Tabla 23. Resultados de ensayos a la barra. Ensayo de consumo de combustible

TRACTOR		New Holland T 7.210 40 WD CVT, 40 km/h				Nº OCDE:	2/2 65 Dic 2011						
ENSAYO A LA BARRA													
<i>Datos del boletín de ensayos:</i>													
Pot Nom TDF (kW)	110,8	2100 r/min	NT	650/65R42 158 A8	p _{inf} = 80 kPa								
Pot Max TDF (kW)	115,3	1800 r/min	ND	540/65R30 143 A8	p _{inf} = 80 kPa								
Pot reg nom TDF (	114,7	1890 r/min		Peso P=	7165 kg	70,29 kN							
Dens. Combust (kg/L)	0,835												
<i>Supuestos:</i>													
Radio neum Tras	0,92	Coef Resist Rodad k =		0,04									
Rend. Transmisión	0,87	Resist Rodadura Rk =		2,81 kN									
Ensayo de consumo de combustible													
Valores medidos								Valores calculados					
Punto	Vel obj km/h	NB kW	Q kN	Vr km/h	n r/min	δ %	C _{sB} g/kWh	Vt km/h	i _t	M Nm	N kW	Ch L/h	C _s g/kWh
3.3.2.1	7,5	87,8	43,9	7,2	2100	3,8	310	7,5	97,3	507,6	111,6	32,6	243,8
3.3.2.1.1	7,5	66,7	32,9	7,3	2133	2,6	328	7,5	98,7	382,6	85,5	26,2	256,0
3.3.2.1.2	7,5	45,0	21,9	7,4	2155	1,6	389	7,5	99,4	262,9	59,3	21,0	295,0
3.3.2.1.3	8,0	66,7	32,9	7,3	1951	2,6	321	7,5	90,3	418,3	85,5	25,6	250,5
3.3.2.1.4	8,0	45,2	22,0	7,4	1958	1,5	365	7,5	90,4	290,3	59,5	19,8	277,2
3.3.2.2	9,5	88,9	34,4	9,3	2100	3,5	309	9,6	75,6	520,7	114,5	32,9	239,9
3.3.2.2.1	9,5	69,7	26,7	9,4	2129	2,5	328	9,6	76,6	407,5	90,8	27,4	251,7
3.3.2.2.2	9,5	45,1	17,1	9,5	2154	1,5	399	9,6	77,5	271,8	61,3	21,6	293,5
3.3.2.2.3	10,0	68,7	26,6	9,3	1988	2,5	325	9,5	72,3	430,3	89,6	26,7	249,3
3.3.2.2.4	10,0	44,7	17,1	9,4	1992	1,5	385	9,5	72,4	290,8	60,7	20,6	283,7
$V_t = \frac{V_r}{1 - \delta}$		$i_t = \frac{3,6 * 2 * \pi * n * r}{60 * V_t}$		$M = \frac{(Q + R_k) * 1000 * r}{\eta_t * i_t}$		$N = \frac{M * 2 * \pi * n}{60000}$							
				$C_h = \frac{C_{sB} * N_B}{\rho_c * 1000}$		$C_s = \frac{C_h * 1000 * \rho_c}{N}$							

Representados en la figura 14 los 5 puntos con velocidad próxima a 7,5 km/h que están marcados en la tabla 23, se entiende la estrategia que busca el ensayo. Los 5 puntos mantienen la misma velocidad real de 7,5 km/h. El punto 1 sirve de referencia proporcionando la potencia a la barra máxima a esa velocidad (87,8 kW) con una fuerza de tracción de 43 kN. Los puntos 1.1 y 1.3 desarrollan el 75% (32,9 kN) y el 50% (21,9 kN) de la fuerza del punto de referencia

El punto 1.3 busca desarrollar la misma fuerza (y potencia) que el 1.1 con menor consumo y lo mismo sucede con el 1.4 en relación al 1.2. En la figura se han destacado los puntos 1,1 y 1.3 que muestran la estrategia de cambio arriba y régimen abajo para proporcionar la misma potencia, velocidad y fuerza de tracción con la única diferencia del consumo de combustible. En tractor New Holland ensayado tiene transmisión CVT de manera que se gestiona conjunta y automáticamente el motor y las unidades hidráulicas del módulo hidrostático para conseguir la estrategia cuyos resultados muestra el ensayo.

Los puntos 1,.1 y 1.3 se encuentran situados sobre la curva de isotopencia de 66,7 kW, que representa el 60% de la potencia nominal ($100 \cdot 66,7 / 101,8$) y los puntos 1,2 y 1,4 sobre la del 40% de la potencia nominal (45 kW). Ambas curvas de isotopencia se han dibujado en la figura 14.

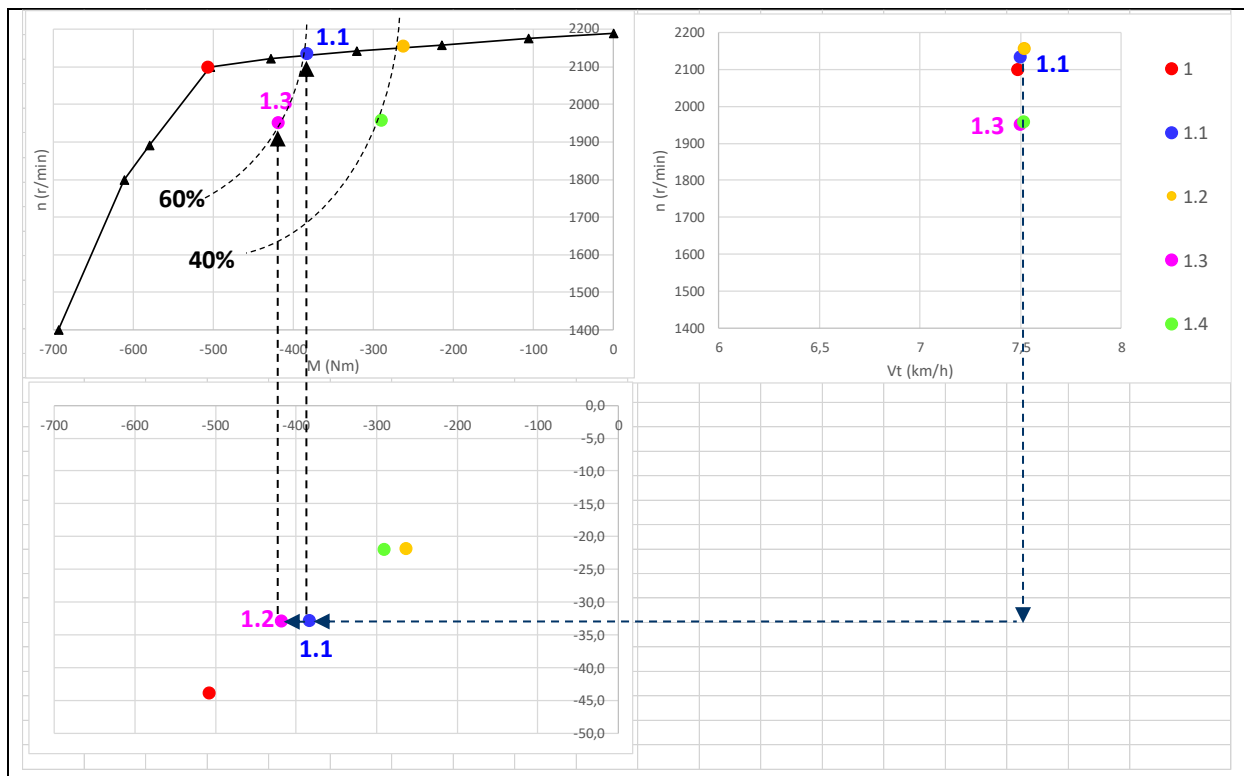


Figura 14.- Representación de los 5 puntos del ensayo de consumo con velocidad próxima a 7,5 km/h en el ensayo a la barra

Boletines de ensayo del tractor

Los resultados de los ensayos realizados según el Código 2 OCDE (al igual que los de los demás códigos) se recogen en boletines de ensayos. La OCDE publica el boletín con el ensayo completo y resúmenes, que también publican las Estaciones de Ensayo. En Internet se pueden buscar en las siguientes direcciones:

https://qdd.oecd.org/subject.aspx?subject=TRACTOR_TEST_RESULTS

<https://tractortestlab.unl.edu/test-page-nttl>

<https://www.dlg.org/en/agriculture/tests/query-for-test-reports/>

<https://www.josephinum.at/service/publikationen-blt/pruefberichte.html>

<https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/publikationen/suchen/traktorentest.html>

Corresponden a la base de datos oficial de la OCDE y a las estaciones de Nebraska (Tractor TestLab- UnivNebraska-Lincoln-USA); DLG (Alemania), Francisco Josehinum (Austria) y Agroscope-Tanikon (Suiza). Salvo muy contadas excepciones, en Internet no se encuentra el ensayo completo, que obra en posesión de las Estaciones de Ensayos y no están a disposición del público. En el momento de escribir este trabajo, la base de datos de la OCDE ofrecía, como fecha más cercana, 2017, mientras que Nebraska y DLG ofrecen ensayos más actualizados.

Por su parte, **la ficha de características del tractor que contiene el boletín competo del ensayo según el Código 2 OCDE es completa, clara, concreta y precisa.**



Figura 15.- Arriba: Estación de ensayos de la DLG en Alemania. Abajo, la de Nebraska (USA)

Conviene recordar que el ensayo de 1920 de Nebraska nació porque un agricultor tomó la iniciativa de promover una ley que obligara a que los tractores se ensayaran en la Universidad con un protocolo establecido por profesores de la Universidad. Se había sentido decepcionado por el resultado de un tractor que compró y se propuso conseguir que antes de ponerse a la venta fuera obligatorio que un organismo independiente constatará las prestaciones del tractor. Se presentó a las elecciones legislativas del Estado y ya desde el puesto político consiguió que la ley saliera adelante. El objetivo perseguido era que se hicieran públicos los resultados de los ensayos para que los posibles compradores conocieran las prestaciones que rendían los tractores en las pruebas y pudieran comparar modelos para hacer la selección sobre una base más sólida. Ese objetivo sigue en pie. Sería deseable tener acceso al boletín completo, cuando se desee más información que la que figura en el resumen. Se considera que el ensayo completo es complejo y que puede confundir más que ayudar, por lo que resulta más práctico poner sólo los datos más importantes. Es una razón sólida, pero también lo es que hay personas a las que puede interesar consultar -y aprovechar- los datos completos.

Cuando se busca un tractor específico en las páginas de las estaciones que publican resultados en alemán, resulta bastante efectivo descargar un boletín en inglés y luego buscar el boletín que interesa en alemán, que se interpreta bien comparándolo con el inglés. El motivo es que las bases de datos en alemán están mucho más actualizadas que las que proporcionan los resultados en inglés.

PARTE 2.- LOS ENSAYOS POWER-MIX



Figura 16.- Ensayo con carro dinamométrico de la DLG para ensayos oficiales DLG

Como ya se ha dicho, no son ensayos oficiales, sino pruebas realizadas por *la DLG* en la Estación de Ensayos alemana donde se hacen los ensayos OCDE. **NO SON ENSAYOS EN CAMPO sino EN PISTA** con el mismo carro dinamométrico con el que se hace el ensayo OCDE. En ningún momento el tractor lleva un arado ni un cultivador, grada... Los aperos son “**APEROS VIRTUALES**”, es decir bibliotecas de DATOS (ciclos) tomados, eso sí, en campo con distintos aperos. Con el carro dinamométrico, en la Estación de Ensayos se **SIMULAN los ensayos de campo. Pero LAS RUEDAS DEL TRACTOR PISAN PISTA DE HORMIGÓN**. Al igual que los ensayos OCDE son muy útiles para hacer comparaciones ya que los tractores se ensayarán en la misma pista y con los mismos “ciclos”. En la figura 16 se puede ver el carro dinamométrico de la DLG en la pista de ensayo. La característica Mixta le viene porque, a diferencia de los carros de las otras Estaciones de Ensayos, puede medir no sólo potencia de tracción, sino también potencia en la toma de fuerza y potencia hidráulica (Figura 17).

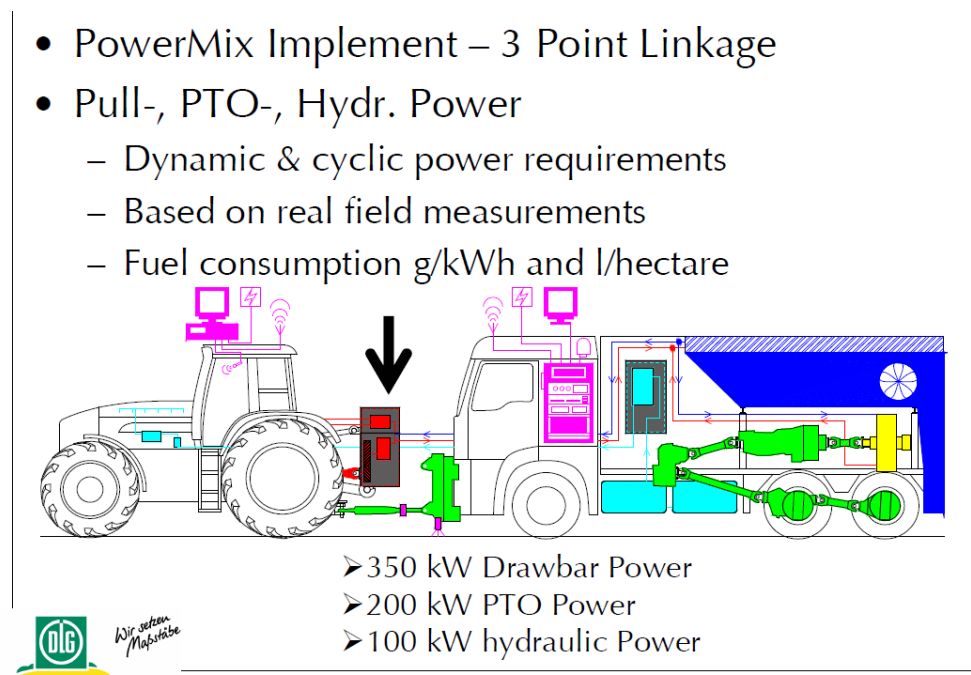


Figura 17.- Carro PowerMix para medida de potencia de tracción (cerde) y TDF e Hidráulica (rojo)

Los ensayos según el Código de la OCDE no difieren de los efectuados en cualquier otra Estación. La diferencia la establecen los ensayos PowerMix.

Los ciclos de los ensayos PowerMix

Existen 12 ciclos que representan el trabajo de campo del tractor y al menos 2 de transporte, pero puede haber más si el tractor tiene capacidad para circular a 50 y 60 km/h. De los 12 de campo, 4 son de tracción, 6 de tracción+TDF y 2 de tracción+TDF+hidráulico (Figura 18).

DLG-PowerMix cycles field operations – full load and part load cycles				
Load type	Name of cycle	Driving speed [km/h]	pto speed [min-1]	acceptance criteria for each cycle
Drawbar work	ploughing 100 % Z1P	9		ave. decrease of driving speed < 2,5 km/h exception: tractor is not able to spend more power; e.g Z1G
	ploughing 60 % Z2P	9		
	cultivator 100% Z1G	12		
	cultivator 60% Z2G	12		
Drawbar work + pto work	power harrow 100% Z3K	6	900	ave. Decrease of pto speed < 7,5% and of driving speed < 2,5 km/h main focus here is the pto speed level
	power harrow 70% Z4K	6	900	
	power harrow 40% Z5K	6	900	
	mowing 100% Z3M	16	900	
	mowing 70% Z4M	16	900	
	mowing 40% Z5M	16	900	
Drawbar- + pto- + hydraulic work	manure spreading Z6MS	7	1000	
	balling Z7PR	10	1000	

Figura 18.- Los 12 ciclos para simular ensayos de campo

Para definir los ciclos se hacen ensayos en campo en colaboración con empresas (Figura 19) y Universidades registrando los parámetros que se aplicarán al carro en el ensayo PowerMix, como el ciclo que aparece en la figura 20.



Figura 19.- Ensayos de campo para la toma de datos que sirvan para elaborar los ciclos PowerMix. Pieke, C. 2016

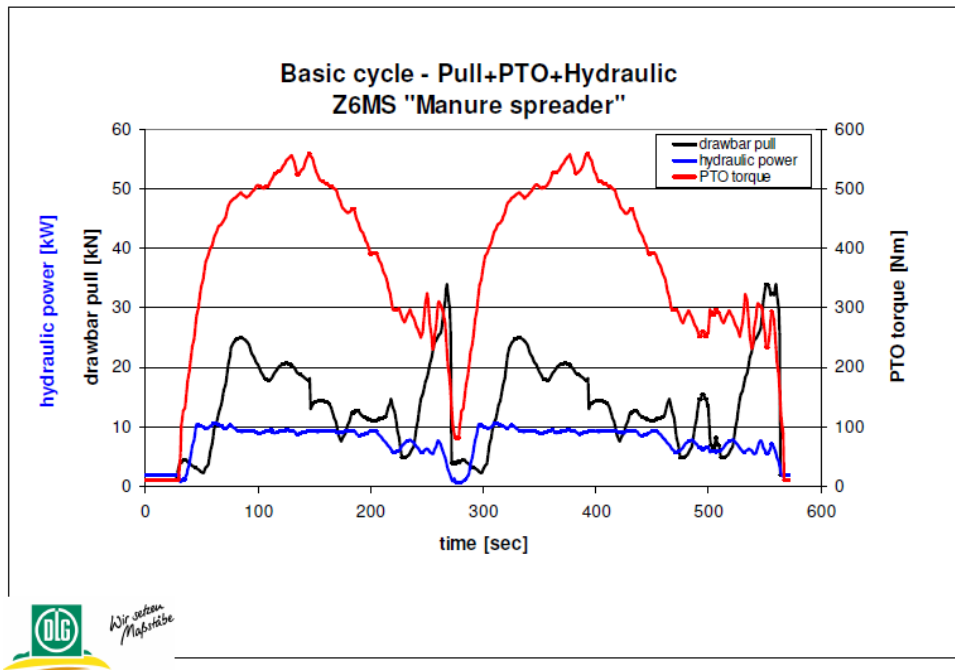


Figura 20.- Ciclo de tracción+TDF+potencia hidráulica. Se representa en función del tiempo del ensayo la fuerza de tracción (kN), el par en la toma de fuerza (Nm) y la potencia hidráulica (kW)

Inicialmente, los resultados se publicaban en la revista *profi* como **profitest** y se presentaban comparados con los obtenidos con la media de los ensayos anteriores. En la figura 21 aparecen los resultados de los ensayos de campo del tractor **MASSEY FERGUSON 7615 DYNA-6**. En cada ensayo se presenta la variación del valor medido respecto a la media de los ensayos realizados con ese ciclo. Si el rectángulo es verde, ha consumido menos que la media. En la figura 22 se presentan los resultados del mismo tractor en ensayos de transporte, en la que se observan algunos valores medidos superiores a la media.

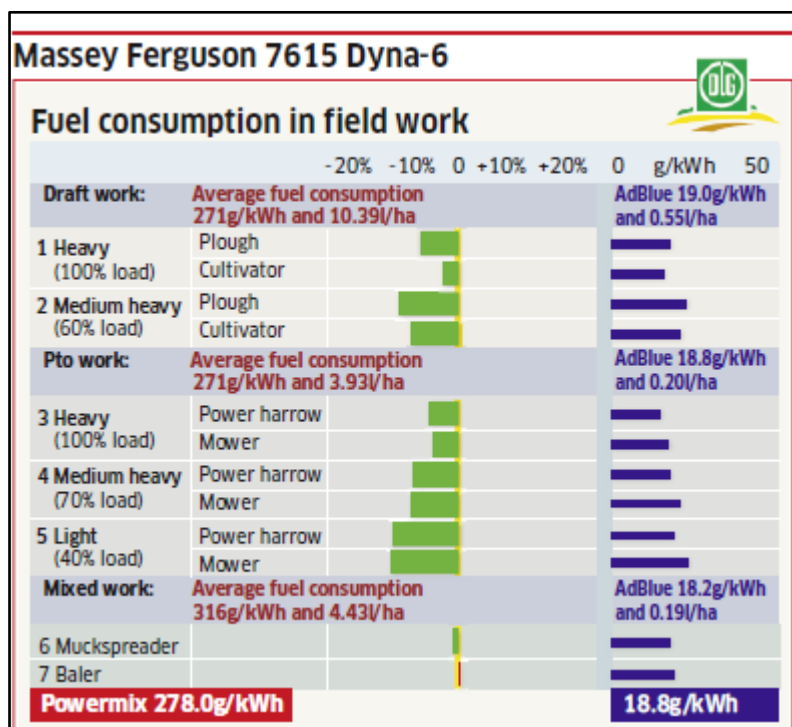


Figura 21.- Resultados de los ensayos de campo PowerMix del tractor Massey Ferguson 7615 Dyna-6

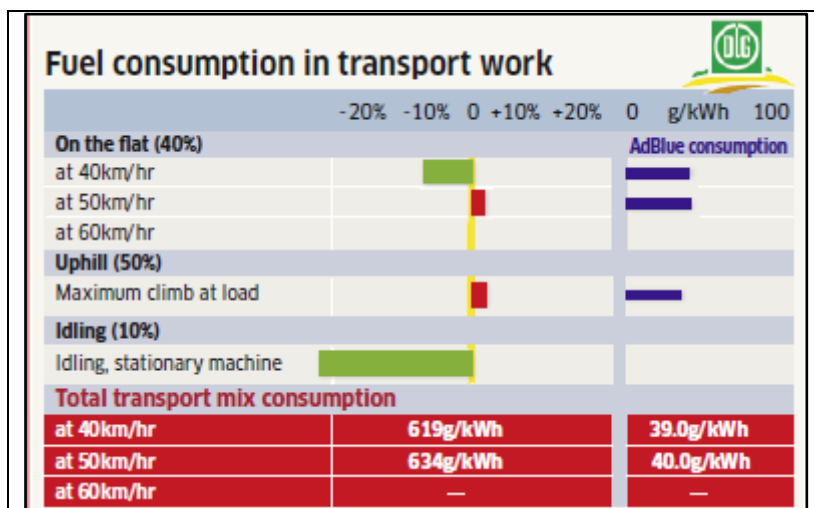


Figura 22.- Resultados de los ensayos de transporte PowerMix del tractor Massey Ferguson 7615 Dyna-6

En una segunda etapa, los boletines PowerMix ofrecían los resultados en tablas como la de la figura 23, correspondiente al tractor **NEW HOLLAND T7.315 AUTOCOMMAND**, ya sin comparar con la media de todos los tractores ensayados.

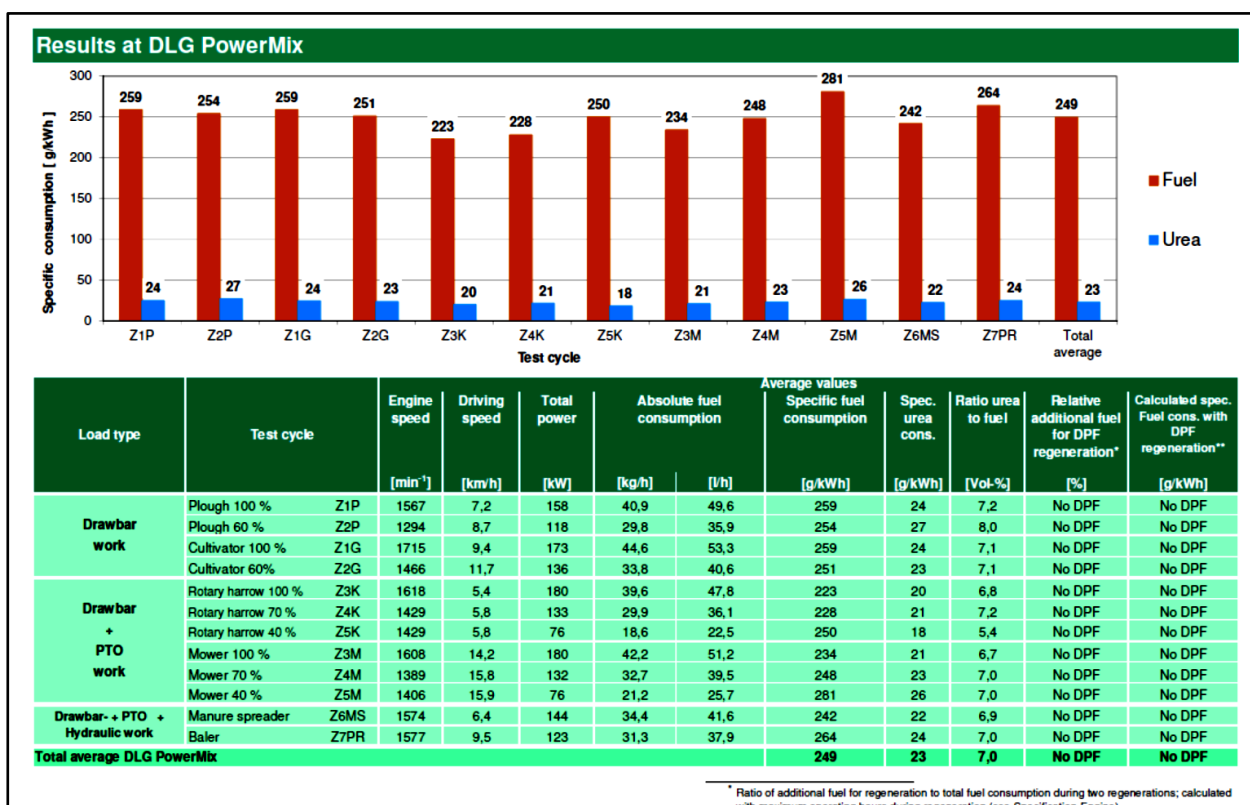


Figura 23.- Ensayos de campo PowerMix del tractor New Holland T7.315 AutoCommand. Test Nº DLG-2015-854

Actualmente, los boletines se presentan como indica la figura 24 con los datos de todos los ciclos y los valores los valores medios del consumo en ensayos de campo y transporte.

NEW HOLLAND T6.175 DYNAMIC COMMAND

PowerMix - performance and fuel consumption during field and transport applications

Performance and fuel consumption during exemplary field work		Engine speed	Driving speed	Delivered net power	Diesel consumption		Ratio AdBlue to diesel	Specific consumption	
		1/min	km/h	kW	kg/h	l/h	Vol-%	Diesel g/kWh	AdBlue
Z1P	ploughing, heavy tine cultivator	1649	6,9	75	19,6	23,6	6,6	263	22
Z1G	cultivator, disc harrow	1776	8,5	77	20,3	24,5	5,9	266	20
Z2P	mech. seed drill, planter	1427	8,6	57	15,2	18,3	5,8	268	20
Z2G	stubble working, seed bed combination	1558	11,6	65	17,2	20,7	5,9	264	20
Z3K	milling, rotary harrows seeding combination	1586	4,1	89	20,1	24,1	6,4	226	19
Z3M	cut 1. step, cultivator-rotary harrows-seeding combination	1692	12,0	95	23,0	27,7	6,5	241	20
Z4K	pneumatic seeding drill, milling as plant care, mulch	1458	6,0	73	16,9	20,4	6,4	233	20
Z4M	cut 2. step, direct seeding machine	1458	13,5	71	17,6	21,2	6,9	249	23
Z5K	plant protector, mineral fertiliser, tedder, swather	1458	6,0	42	10,9	13,1	6,0	261	20
Z5M	cut 3. step, airseeder	1460	15,5	43	12,5	15,0	6,3	288	24
Z6MS	self-loading wagon, manure spreading	1621	6,1	77	19,2	23,1	7,0	249	23
Z7PR	high pressure baler, round baler or square baler	1812	9,2	65	18,1	21,8	6,1	279	22
								257	21

Performance and fuel consumption during exemplary transport work		Engine speed	Driving speed	Delivered net power	Diesel consumption		Ratio AdBlue to diesel	Specific consumption	
		min ⁻¹	km/h	kW	kg/h	l/h	Vol-%	Diesel g/kWh	AdBlue
ZTB	Transportwork at full load (uphill)	1956	18	70	24,1	29,0	0,0	347	30
ZTE40	Transportwork at flat section with 40 km/h	1603	39	26	14,2	17,1	0,0	609	42
ZTE50	Transportwork at flat section with 50 km/h	2048	50	36	21,0	25,3	0,0	622	40
ZTE60	Transportwork at flat section with 60 km/h	-	-	-	-	-	-	-	-
Idle		860	-	-	1,5	-	-	-	-
								478	36

Figura 24. New Holland. T6.175 Dynamic Command. PowerMix test 6799. DLG Test no. 2017-00432

En cada ensayo (figura 25) se mide la fuerza y potencia de tracción (y TDF e Hidráulica en ensayos Mix), la velocidad avance y el consumo de combustible, se puede calcular el consumo superficial y la capacidad de trabajo (ha/h). Lo mismo se hace en los ensayos de transporte, aunque en este caso el consumo se expresa en L/ 100 km/t) y la capacidad de trabajo, en t/km/h.

Para ello, los 12 ciclos de campo se reducen a 6. Los dos primeros: Z1P (laboreo pesado y Z1G (grada) se reúnen en el apartado “trabajo pesado de laboreo (heavy pulling work) y se pone la media de todos los parámetros de los dos ciclos. Así, el régimen medio es 1713 (1649+1776)/2 y lo mismo para los demás. Los ciclos 3 y 4 de la figura 20 se convierten en “trabajo de laboreo medio (medium pulling work” y de igual forma se hace con cada pareja de ciclos. Por último, se hace la media del consumo y capacidad de trabajo de todos los ciclos de campo PowerMix.

PowerMix - Field work	Engine speed	Delivered net power	Specific consumption		Consumption / hectare		Area output
	min ⁻¹	kW	Diesel	AdBlue	Diesel	AdBlue	ha/h
			g/kWh		l/ha		
Heavy pulling work	1713	76	265	21	12,4	0,8	2,2
Medium pulling work	1492	61	266	20	7,7	0,5	2,9
Heavy PTO shaft work	1639	92	234	20	6,0	0,4	6,5
Medium PTO shaft work	1458	72	241	21	3,6	0,2	7,8
Light PTO shaft work	1459	43	275	22	2,3	0,1	8,7
Drawbar + PTO + Hydraulic work	1717	71	264	23	3,9	0,3	5,8
Overall result at field work			257	21	6,0	0,4	5,7

PowerMix - Transport work	Engine speed	Delivered net power	Specific consumption		Consumption / 100 kilometre / tonne		Transport power
	min ⁻¹	kW	Diesel	AdBlue	Diesel	AdBlue	tkm/h
			g/kWh		l/100km/t		
Heavy transportwork	1956	70	347	30	6,9	0,4	424
Light transportwork at 40 km/h	1603	26	609	42	1,8	0,1	945
Optional: light transportwork at 50 km/h	2048	36	622	40	2,1	0,1	1216
Optional: light transportwork at 60 km/h	-	-	-	-	-	-	-
Overall result transport work at 40 km/h			478	36	4,3	0,3	684

Figura 25.- Valores medios en los ensayos de campo y transporte PowerMix

En la figura 26 se recoge los valores medios de todos los ciclos de campo y transporte Power-Mix.



	Diesel	AdBlue		Diesel	AdBlue
Energy efficiency	257	21 g/kWh	Energy efficiency	478	36 g/kWh
Consumption per hectare	6,0	0,4 l/ha	Consumption per 100 kilometre per tonne	4,3	0,3 l/100km/t
Area output	5,7 ha/h		Haul capacity	684 tkm/h	

Figura 26.- Valores medios del conjunto de ensayos de campo y transporte

PARTE 3.- ENSAYO DEL TRACTOR MASSEY FERGUSON 7616 Dyna6



Se van a aplicar las explicaciones del ensayo OCDE al tractor **MASSEY FERGUSON 7616 Dyna 6**, de transmisión escalonada, ensayado en la estación francesa del Irstea (Unité de recherche Technologies pour la sécurité et les performances des agroéquipements. Centre d'Antony) del que se dispone del boletín de ensayos completo y el reducido de Nebraska. Este tractor no aparece en la base de datos de la DLG, donde sí figura el MF-7615 Dyna6 (en alemán, publicado como profitest), que no se va a utilizar en este trabajo.

Son 4 documentos: El boletín del Irstea con el ensayo completo; 2 documentos de la página de la OCDE (el resumen y una hoja de cálculo con los datos del ensayo del motor) y el de Nebraska, recogiendo también el resumen del ensayo del Irstea. Las referencias son (Tabla 24):

Tabla 24.- Referencias del ensayo OCDE del tractor Massey Ferguson 7616 Dyna 6

Documento	Referencia	Referencia	Fecha
Boletín del Irstea	Interna del Irstea Nº aprobación OCDE	Rapport d'essai N° 17083 N°: 2/2 789	Octobre 2013
Oficial OCDE	Resumen	2/2 789	21/10/2013
Oficial OCDE	Hoja de cálculo del ensayo del motor	2/2 789	21/10/2013
Estación de Nebraska	Interna de Nebraska Aprobación OCDE	NEBRASKA SUMMARY 923 Summary of OCDE test 2789	May 2014

Se va a utilizar indistintamente información de los documentos anteriores y aportaciones particulares cuando se considere necesario.

Las características del tractor aparecen en la figura 27. La transmisión es escalonada, SemiPowerShift, con 24 marchas hacia adelante y 24 hacia atrás. Se organiza con una caja PowerShift con 6 marchas bajo carga (A, B, C, D y E) y 4 gamas (1,2,3 y 4) en cada marcha bajo carga (Figura 28).

El gobierno de la caja se consigue con 3 frenos y 3 embragues para la caja PowerShift, 1 freno y un embrague para el inversor y 2 sincronizadores para la caja de gamas (tabla 25).

Engine, Transmission, Power take-off Specifications

<i>Make, Model</i>	AGCO POWER Inc	66 AWI 694
<i>Type, Supercharging</i>	Direct injection	Yes
<i>Cylinders, Disposition</i>	6	vertical in line
<i>Capacity, Cooling</i>	6596 cm ³	Liquid
<i>Gear box</i>		Dyna6
<i>Number of forward and reverse speeds</i>		24
<i>Speed at rated engine speed</i>	from 1,55	to 40,00 km/h
<i>Standard Power take-off speed</i>	540 min ⁻¹	1000 min ⁻¹
<i>Power take-off speed at rated engine speed</i>	573 min ⁻¹	1034 min ⁻¹
<i>Diameter of the shaft</i>	34,9 mm	34,9 mm
<i>Number of splines</i>	6	21

Figura 27.- Características del motor, transmisión y TDF del tractor Massey Ferguson 7116 Dyna6

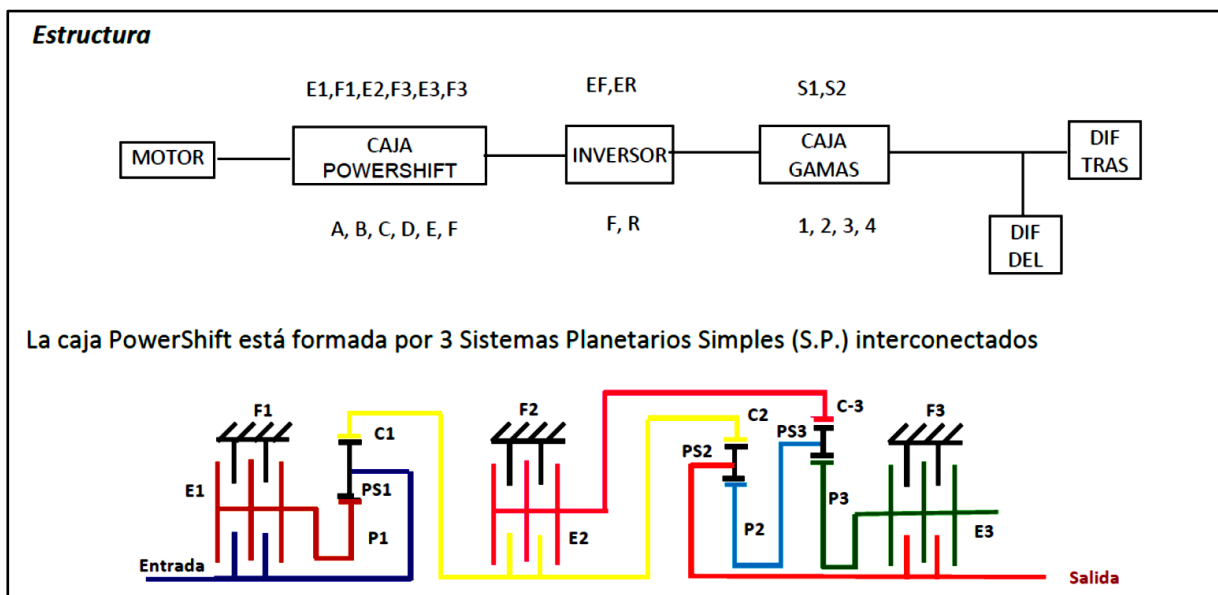


Figura 28.- Estructura de la transmisión del tractor Massey Ferguson 7616 Dyna 6

Tabla 25.- Órganos de gobierno y marchas de la transmisión del tractor Massey Ferguson 7616 Dyna6

Marcha	Embragues									
	E1	F1	E2	F2	E3	F3	E-F-E-R	S1	S2	
1A	x			x		x	x			lz
1B	x			x	x		x			lz
1C	x		x			x	x			lz
1D	x		x		x		x			lz
1E		x	x			x	x			lz
1F		x	x		x		x			lz
2A	x			x		x	x			Dc
2B	x			x	x		x			Dc
2C	x		x			x	x			Dc
2D	x		x		x		x			Dc
2E		x	x			x	x			Dc
2F		x	x		x		x			Dc
3A	x			x		x	x			lz
3B	x			x	x		x			lz
3C	x		x			x	x			lz
3D	x		x		x		x			lz
3E		x	x			x	x			lz
3F		x	x		x		x			lz
4A	x			x		x	x			Dc
4B	x			x	x		x			Dc
4C	x		x			x	x			Dc
4D	x		x		x		x			Dc
4E		x	x			x	x			Dc
4F		x	x		x		x			Dc

Las relaciones de transmisión y velocidades de avance resultantes aparecen en la tabla 26, calculada con el radio índice de 0,875 m para el régimen nominal de 2100 r/min. En la parte inferior se consigna la relación mecánica entre el eje delantero y trasero, que en este tractor vale 1,326.

Tabla 26.- Velocidades de avance hacia adelante del tractor Massey Ferguson 7616 Dyna 6

N° de vitesse Gear	position speed shift	Nombre de tours du moteur pour un tour de roue motrice Number of engine revolutions for one revolution of the driving wheels	Vitesse d'avancement nominale ① à la vitesse nominale du moteur de 2100 min ⁻¹ Nominal travelling speed ① at rated Engine speed of 2100 min ⁻¹ km/h
1 Avant Forward	A	447,59	1,55
	B	372,29	1,86
	C	317,18	2,19
	D	263,58	2,63
	E	224,13	3,09
	F	186,26	3,72
2 Avant Forward	A	165,45	4,19
	B	137,62	5,03
	C	117,25	5,91
	D	97,43	7,11
	E	82,85	8,36
	F	68,85	10,06
3 Avant Forward	A	81,46	8,51
	B	67,76	10,22
	C	57,73	12,00
	D	47,97	14,44
	E	40,79	16,98
	F	33,90	20,44
4 Avant Forward	A	35,32	19,62
	B	29,38	23,58
	C	25,03	27,68
	D	20,80	33,30
	E	17,69	39,16
	F	14,70	40,00 ②

① : Calculées à partir du rayon index des pneumatiques de 20.8 R 38 : 875 mm (ETRTO 2012)
Calculated with dynamic radius index of tyres 20.8 R 38 : 875 mm (ETRTO 2012)

② : un capteur sur la vitesse d'avancement limite cette vitesse à 40 km/h en diminuant le régime moteur
A sensor on the travelling speed limits this speed to 40 kph by decreasing the engine speed

Nombre de révolutions des roues avant pour une révolution des roues arrière : 1,326
Number of revolutions of front wheels for one revolution of rear-wheels

Las condiciones del tractor durante los ensayos aparecen en las figuras 29 y 30. La densidad del combustible es de 0,838 kg/L

	Non alourdi / unballasted	
	Sans conducteur without driver	avec conducteur with driver
Avant / front	3090 kg	3105 kg
Arrière / rear	3610 kg	3670 kg
Totale / total	6700 kg	6775 kg

Figura 29.- Peso del tractor sin lastre durante el ensayo

Tracteur non alourdi / tractor unballasted		Avant / front	Arrière / rear
Marque / make	C	MICHELIN	MICHELIN
Type	C	Agribib	Agribib
Dimensions	C	16.9 R 28	20.8 R 38
nombre de plis / ply rating		/	/
indice de charge / load index	C	143 D	158 D
type de carcasse / type of casing	C	radial	radial
charge maximale (selon le fabricant) maximum load (tyre manufacturer's)	D	22,4 kN	46,3 kN
charge maximale (selon le constructeur) maximum load (tractor manufacturer's)	D	22,4 kN	46,3 kN
pression de gonflage (selon le fabricant) inflation pressure (tyre manufacturer's)	D	160 kPa	160 kPa
rayon index dynamique / dynamic index radius	C	675 mm	875 mm
circonférence de roulement / rolling circumference (mesurée pour l'essai / measured for the test)	C	4250 mm	5450 mm
voie retenue / chosen track width	C	1850 mm	1900 mm

Figura 30.- Neumáticos del tractor durante el ensayo

Los datos relativos a los neumáticos corresponden a la información del fabricante, que incluye la presión de inflado de marcación de 160 kPa, pero se comprobará posteriormente el valor de la presión de inflado con el que hizo el ensayo a la barra. El radio de la circunferencia de rodadura trasera es de 5450 mm, con radio de rodadura de 875 mm, al que se denomina "radio índice dinámico", que coincide con el radio índice de marcación que se ha utilizado en la tabla de velocidades (tabla 26).

El resumen de la OCDE de los ensayos se recoge en la tabla 27, del boletín resumido de la OCDE.

Tabla 27.- Resumen de los ensayos OCDE de motor y barra del tractor Massey Ferguson 7616 Dyna 6

Power take-off Test			
<u>One hour test at maximum power</u>			
<i>Power, Engine and Power take-off speed</i>	105,3 kW	1998 min ⁻¹	984 min ⁻¹
<i>Hourly and specific consumption</i>		30,41 l/h	242 g/kWh
<u>Test at maximum power at rated engine speed</u>			
<i>Power, Engine and Power take-off speed</i>	94,0 kW	2099 min ⁻¹	1034 min ⁻¹
<i>Hourly and specific consumption</i>		28,42 l/h	253 g/kWh
<u>Test at standard Power take-off speed</u>			
<i>Power, Engine and Power take-off speed</i>	102,8 kW	2030 min ⁻¹	1000 min ⁻¹
<i>Hourly and specific consumption</i>		29,98 l/h	244 g/kWh
<u>Torque rise</u>			44,4 %
<u>Maximum torque. Engine speed corresponding</u>		617,0 Nm	1001 min ⁻¹
Drawbar Test			
<i>Front tyres, Rear tyres</i>		16.9 R28	20.8 R38
<u>Test with tractor</u>		<u>unballasted</u>	<u>ballasted</u>
<i>Total Mass</i>		6700 kg	
<i>Maximum drawbar pull</i>		59,7 kN	
<i>at speed of</i>		1,60 km/h	Not
<i>Maximum power</i>		89,4 kW	Applicable
<i>at speed of</i>		7,54 km/h	

En la figura 31 se muestran las curvas del ensayo del motor a la toma de fuerza, en las dos posiciones del acelerador (a tope y al régimen normalizado de la toma de fuerza), con los puntos extra de consumo de combustible del resumen de la OCDE. La curva de par es la roja; la potencia es la azul, consumo horario es la verde y la de consumo específico es la morada.

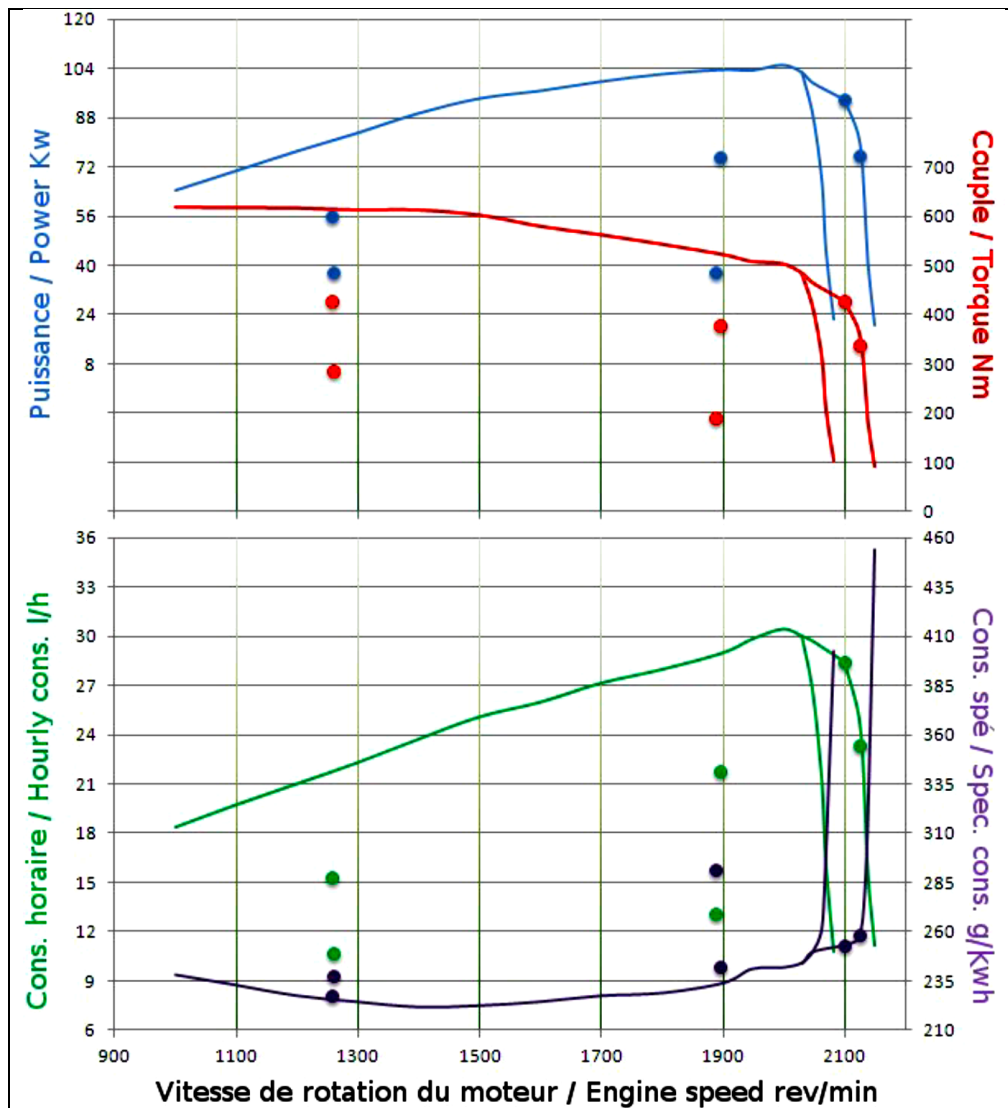


Figura 31.- Curvas características del tractor Massey Ferguson 7616 Dyna 6

El resumen de Nebraska (Figura 32), aunque no es el ensayo completo, contiene más información que el de la página de la OCDE. Está organizado de acuerdo con el esquema definido en el Código 2. Incluye la reserva de par estándar, a la que llama máxima (44%), además de la reserva de par a 1700 r/min (32%), que es un dato que no aparece en el ensayo completo, de manera que es un parámetro particular de la estación de Nebraska. Como inconveniente, el resumen ofrece los datos en los dos sistemas de unidades, el imperial y el sistema internacional de unidades.

Hay una pequeña discrepancia entre los datos de los dos resúmenes en cuanto al punto de par máximo, que el resumen OCDE consigna como 617 Nm a 1001 r/min y el de Nebraska pone 615,8 Nm a 1100 r/min. El boletín completo coincide con Nebraska (figura 33), así que se utilizará ese dato. También incluye el dato del régimen en vacío (2153 r/min) y los valores numéricos del par nominal (427,3 Nm) y del que corresponde a la potencia máxima (502,6 Nm).

POWER TAKE-OFF PERFORMANCE						
Power HP (kW)	Crank shaft speed rpm	Diesel Consumption		D.E.F. Consumption		Mean Atmospheric Conditions
		Gal/hr (l/h)	lb/hp.hr (kg/kW.h)	Hp.hr/gal (kW.h/l)	Gal/hr (l/h)	
MAXIMUM POWER AND FUEL CONSUMPTION						
Rated Engine Speed—(PTO speed—1034 rpm)						
126.1 (94.0)	2099	7.51 (28.42)	0.415 (0.253)	16.80 (3.31)	0.30 (1.15)	
Standard Power Take-off Speed (1000 rpm)						
137.9 (102.8)	2030	7.92 (29.98)	0.401 (0.244)	17.41 (3.43)	0.36 (1.35)	
Maximum Power (1 hour)						
141.2 (105.3)	1998	8.03 (30.41)	0.397 (0.242)	17.58 (3.46)	0.36 (1.38)	
VARYING POWER AND FUEL CONSUMPTION						
126.1 (94.0)	2099	7.51 (28.42)	0.415 (0.253)	16.80 (3.31)	0.30 (1.15)	Air temperature
108.8 (81.1)	2124	6.59 (24.95)	0.422 (0.257)	16.27 (3.25)	0.29 (1.08)	71°F (22°C)
82.1 (61.2)	2133	5.37 (20.34)	0.456 (0.278)	15.27 (3.01)	0.22 (0.85)	Relative humidity
54.6 (40.7)	2138	4.08 (15.45)	0.523 (0.318)	13.37 (2.63)	0.16 (0.60)	60%
27.5 (20.5)	2149	2.94 (11.12)	0.747 (0.454)	9.36 (1.84)	0.10 (0.39)	Barometer
--	2153	1.83 (6.93)	--	--	--	29.8" Hg (100.8 kPa)
Maximum torque - 454.2 lb.-ft. (615.8 Nm) at 1100 rpm						
Maximum torque rise - 44.1%						
Torque rise at 1700 engine rpm - 32%						
Power increase at 1998 engine rpm - 12.0%						

Figura 32.- Resultados del ensayo del motor a la toma de fuerza en el resumen de Nebraska

Essai à la prise de force principale / main power take-off tests (suite / continued)	
Régime maximal du moteur à vide: <i>No load maximum engine speed</i>	2153 min ⁻¹
Couple équivalent au moteur, à la puissance maximale : <i>Torque (equivalent crankshaft) at maximum power</i>	502,6 Nm
Couple équivalent au moteur, à la puissance maximale au régime nominal du moteur : <i>Torque (equivalent crankshaft) at maximum power at rated engine speed</i>	427,3 Nm
Valeur maximale du couple équivalent au moteur : <i>Maximum torque (equivalent crankshaft)</i>	615,8 N.m à / at 1100 min ⁻¹

Figura 33.- Datos del ensayo del motor a la toma de fuerza del boletín completo de la OCDE

En la figura 34 se repiten las curvas características del boletín completo (por cierto, con la referencia interna del ensayo del Irstea), que incluye los puntos medidos en la zona de sobrecarga con mayor precisión en la consulta de datos. Como en este tractor se ha podido descargar la hoja de cálculo del ensayo del motor, se conocen los valores numéricos de los parámetros en cada punto medido.

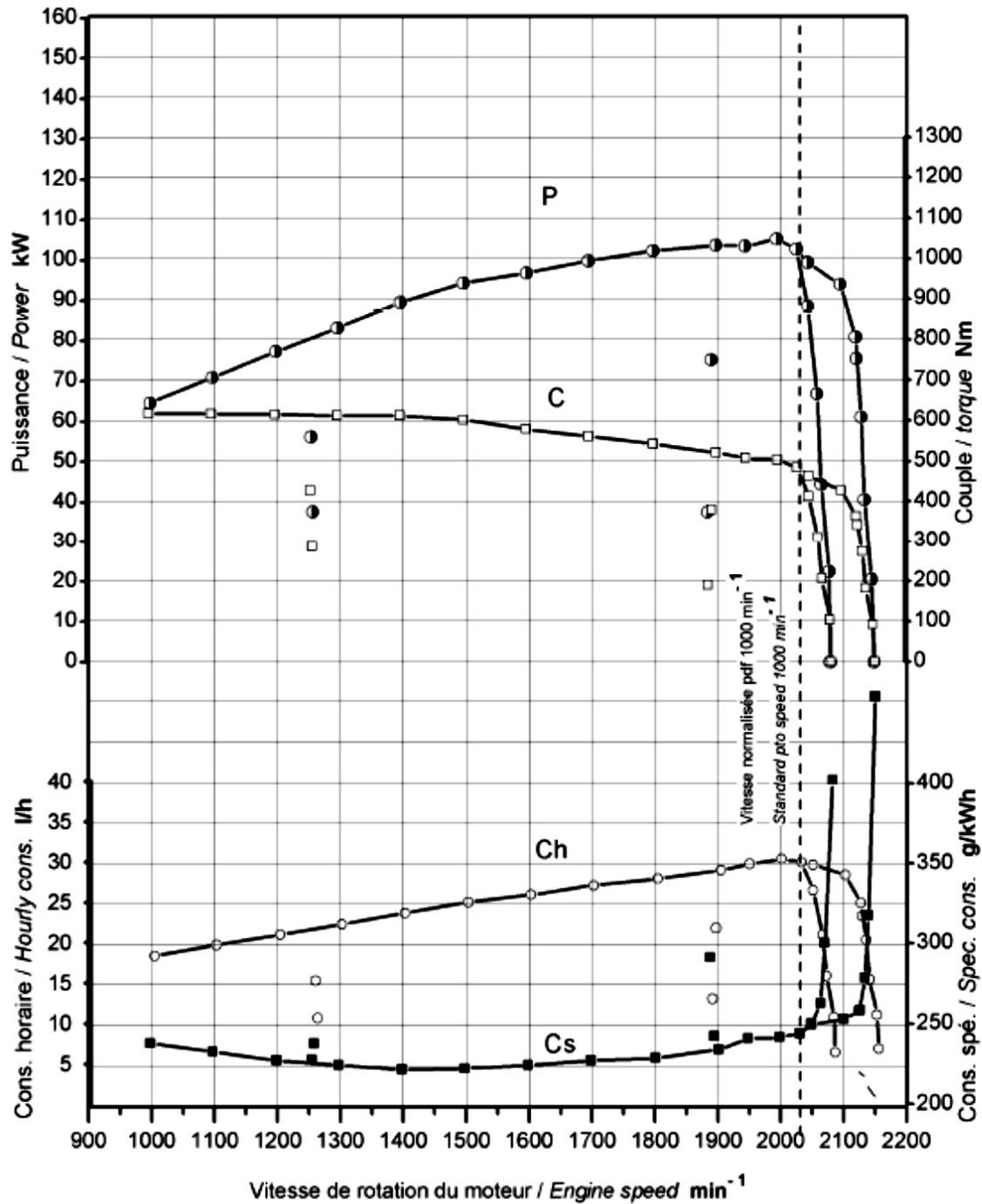


Figura 35.- Curvas características del motor tractor Massey Ferguson en el boletín completo del ensayo

En la tabla 28 se presenta sólo parte de la hoja de cálculo. A fin de simplificar, no se han incluido los puntos extra, pero se encuentran en la hoja de cálculo. Aparece como par máximo 617 Nm a 1001 r/min. También aparece el punto que en el boletín completo y el resumen de Nebraska consignan como par máximo de 615,8 Nm a 1100 r/min, creando la duda del valor definitivo del par máximo. La diferencia entre los dos puntos no es significativa (en ambos casos se obtiene el 44% de reserva de par), pero queda constancia de este detalle.

Tabla 28.- Hoja de cálculo de la OCDE con parte del ensayo **del motor** a la toma de fuerza

	Power Puissance kW	Engine speed Vitesse moteur min ⁻¹	PTO speed Vitesse PDF min ⁻¹	Torque Couple N.m	Hourly consumption Consommation horaire l/h	Specific consumption Consommation spécifique g/kWh	Make & model Marque & modèle
	94,0	2099	1034	427,3	28,42	253	MASSEY FERGUSON 7616 (4WD) OECD approval number Numéro d'approbation OCDE 2/2 789
	99,5	2048	1009	463,8	29,67	249	
	102,8	2030	1000	483,5	29,98	244	
Maximum power Puissance maximale	105,3	1998	984	502,6	30,41	242	
	103,5	1948	959	507,4	29,80	241	
	103,7	1901	937	520,8	28,99	234	
	102,3	1801	887	541,8	27,97	229	
	99,9	1699	837	561,2	27,12	227	
	96,9	1600	788	578,3	25,97	224	
	89,6	1400	689	611,2	23,72	221	
	83,2	1300	640	611,4	22,29	224	
	77,4	1201	592	615,1	21,02	227	
	70,9	1100	542	615,8	19,73	233	
Maximum torque Couple maximal	64,6	1001	493	617,0	18,38	238	

Los resultados del ensayo a la barra del boletín completo correspondientes a potencia máxima en determinadas marchas (transmisión escalonada; se seleccionan marchas) están en la tabla 29 y la figura 36. La presión de inflado durante el ensayo fue de 105 kPa (delante) y 100 kPa (detrás).

Tabla 29.- Resultados del ensayo a la barra de potencia máxima en determinadas marchas del tractor **MASSEY FERGUSON 7616** (boletín completo OCDE 2/2 789)

3.3 Essai de traction et de consommation de carburant sur piste (tracteur non alourdi) <i>Drawbar power and fuel consumption (unballasted tractor)</i>												
Dates des essais / date of test : 08 janvier / 8 th January 2013						Pression des pneumatiques / tyres inflation pressure						
Type de piste / type of track : TARMACADAM						Avant / front			Arrière / rear			
Hauteur de la barre d'attelage / height of drawbar						105 kPa			100 kPa			
0,50 m												
3.3.1 Puissance maximale dans les rapports essayés / maximum power in tested gears												
Rapport de vitesse gear ratio	Puissance power kW	Effort à la barre Drawbar pull KN	Vitesse d'avancement Speed km/h	Régime du moteur engine speed min ⁻¹	Ventilateur fan min ⁻¹	Glissement Wheel slip %	Consommation spécifique specific consumption g/kWh	Energie spécifique specific energy kWh/l	Températures temperatures			
									① °C	② °C	③ °C	
1A	21,8	59,5	1,36	2137	402	14,1	453	1,84	34	83	99	
1B	26,4	59,7	1,60	2135	759	15,4	415	2,01	37	82	102	
1C	30,3	59,1	1,86	2133	826	15,1	402	2,07	35	82	107	
1D	37,2	58,3	2,24	2130	923	14,8	350	2,38	36	82	108	
1E	42,4	58,6	2,71	2123	1021	14,2	350	2,38	34	83	110	
1F	52,1	58,7	3,17	2121	1087	14,7	335	2,49	35	83	111	
2A	56,3	58,6	3,59	2117	1094	13,7	316	2,64	34	83	109	
2B	68,2	55,2	4,36	2101	1138	13,2	283	2,94	32	84	109	
2C	75,1	53,1	5,07	2005	1075	8,3	266	3,13	34	83	108	
2D	83,9	47,9	6,39	2000	1130	6,6	260	3,20	32	84	110	
2E	89,4	42,7	7,54	1998	1192	4,0	260	3,20	32	85	110	
2F	88,0	34,3	9,23	2007	1040	3,4	266	3,13	22	83	110	
3A	88,8	42,1	7,58	1995	1130	5,7	262	3,18	29	85	111	
3B	88,9	34,3	9,37	1999	1157	4,0	270	3,09	30	86	111	
3C	88,1	28,9	10,82	1997	1164	4,5	267	3,12	31	86	112	
3D	88,4	23,8	13,08	2000	1136	4,2	269	3,10	31	86	113	
3E	86,5	19,7	16,00	2012	1157	3,6	272	3,07	31	86	112	
3F	80,7	15,3	19,48	2011	1096	2,8	289	2,88	31	87	113	

La potencia máxima de 89,4 kW se consigue en la marcha 2E con una fuerza de tracción de 42,7 kN a de 7,54 km/h. La fuerza máxima de tracción de 58,9,7 kN se produce en la marcha 1B a una velocidad de avance de 1,6 km/h. Estos son los valores que proporciona el resumen de la OCDE (tabla 27). Nebraska, de las 18 marchas que incluye el ensayo completo, elimina algunas y deja 13 (Tabla 30).

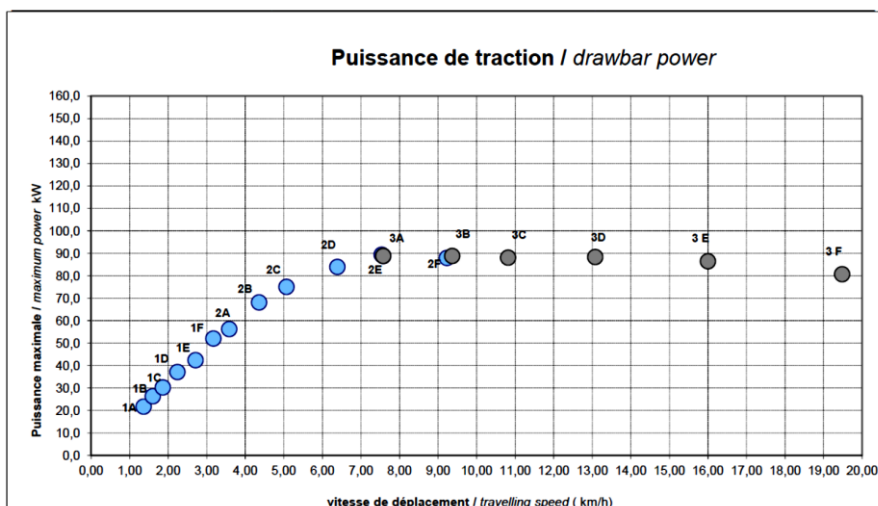


Figura 36.- Potencia máxima en las marchas 1A a 3F en el ensayo a la barra del tractor Massey Ferguson 7616 Dyna 6 (boletín completo OCDE 2/2 789)

Tabla 30.- Ensayo de potencia máxima en determinadas marchas en el resumen de Nebraska

DRAWBAR PERFORMANCE									
(Unballasted - Front Drive Engaged)									
MAXIMUM POWER IN SELECTED GEARS									
Power Hp (kW)	Drawbar pull lbs (kN)	Speed mph (km/h)	Crank- shaft speed rpm	Slip %	Fuel Consumption lb/hp.hr (kg/kWh)	Temp. ^o F(°C) cool- ing med	Temp. ^o F(°C) Air dry bulb	Barom. inch Hg (kPa)	
6th(1F) Gear									
69.9 (52.1)	13195 (58.7)	1.99 (3.20)	2121	14.7	0.550 (0.335)	12.64 (2.49)	181 (83)	40 (4)	30.1 (102.0)
7th(2A) Gear									
79.5 (59.3)	13175 (58.6)	2.26 (3.64)	2117	13.7	0.519 (0.316)	13.40 (2.64)	181 (83)	40 (4)	30.1 (102.0)
8th(2B) Gear									
91.5 (68.2)	12440 (55.3)	2.75 (4.44)	2101	12.2	0.466 (0.283)	14.92 (2.94)	183 (84)	40 (4)	30.1 (102.0)
9th(2C) Gear									
100.7 (75.1)	11770 (52.4)	3.21 (5.17)	2005	8.3	0.437 (0.266)	15.89 (3.13)	181 (83)	40 (4)	30.1 (102.0)
10th(2D) Gear									
112.5 (83.9)	10770 (47.9)	3.92 (6.31)	2000	6.6	0.428 (0.260)	16.24 (3.20)	183 (84)	40 (4)	30.1 (102.0)
11th(2E) Gear									
119.9 (89.4)	9600 (42.7)	4.68 (7.54)	1998	5.0	0.428 (0.260)	16.24 (3.20)	185 (85)	40 (4)	30.1 (102.0)
12th(3A) Gear									
119.1 (88.8)	9305 (41.4)	4.80 (7.72)	1995	4.7	0.431 (0.262)	16.14 (3.18)	185 (85)	40 (4)	30.1 (102.0)
13th(2F) Gear									
118.0 (88.0)	7745 (34.5)	5.71 (9.20)	2007	4.4	0.437 (0.266)	15.89 (3.13)	181 (83)	39 (4)	30.1 (102.0)
14th(3B) Gear									
119.2 (88.9)	7710 (34.3)	5.80 (9.33)	2003	4.3	0.443 (0.270)	15.68 (3.09)	187 (86)	38 (3)	30.1 (102.0)
15th(3C) Gear									
118.1 (88.1)	6495 (28.9)	6.82 (10.97)	1997	4.2	0.439 (0.267)	15.84 (3.12)	187 (86)	38 (3)	30.1 (102.0)
16th(3D) Gear									
118.5 (88.4)	5390 (24.0)	8.24 (13.26)	2000	3.4	0.442 (0.269)	15.74 (3.10)	187 (86)	38 (3)	30.1 (102.0)
17th(3E) Gear									
116.0 (86.5)	4430 (19.7)	9.82 (15.80)	2005	2.6	0.446 (0.272)	15.57 (3.07)	187 (86)	38 (4)	30.1 (102.0)
18th(3F) Gear									
108.2 (80.7)	3545 (15.8)	11.45 (18.43)	2011	2.0	0.475 (0.289)	14.62 (2.88)	189 (87)	38 (4)	30.1 (102.0)

Los resultados del ensayo a la barra de consumo de combustible en el boletín completo se encuentran en la tabla 31, tanto los puntos a velocidad próxima a 7,5 km/h (cuadrado de trazo continuo) como los de 7-10 km/h (trazo discontinuo). El resumen OCDE no informa de estos ensayos y Nebraska (Tabla 32) incorpora los puntos correspondientes a las marchas que permiten obtener velocidades entre 7 y 10 km/h con algunas pequeñas diferencias no significativas en la velocidad y el deslizamiento.

Tabla 31.- Ensayos de consumo de combustible en el ensayo a la barra en el boletín completo OCDE del tractor **MASSEY FERGUSON 7616**

Rapport de vitesse gear ratio	Puissance power kW	Effort à la barre Drawbar pull KN	Vitesse d'avancement Speed km/h	Régime du moteur engine speed min ⁻¹	Ventilateur fan min ⁻¹	Glissement Wheel slip %	Consommation spécifique specific consumption g/kWh	Energie spécifique specific energy KWh/l	Températures temperatures		
									① °C	② °C	③ °C
3.3.2.1 Rapport choisi le plus proche de 7,5 km/h au régime nominal / selected gear nearest to 7,5 km/h at rated speed											
2D	73,1	39,2	6,78	2102	1166	5,2	284	2,93	31	85	110
3.3.2.1.1 Résultats à 75% de l'effort à puissance maximale au régime nominal de 3.3.2.1 / 75% of pull at maximum power at rated speed of 3.3.2.1											
2D	56,2	29,5	7,01	2128	956	3,4	314	2,65	33	83	110
3.3.2.1.2 Résultats à 50% de l'effort à puissance maximale au régime nominal de 3.3.2.1 / 50% of pull at maximum power at rated speed of 3.3.2.1											
2D	38,0	19,6	7,15	2141	910	2,7	344	2,42	33	83	112
3.3.2.1.3 Rapports de vitesse supérieur, régime du moteur réduit pour obtenir le même effort et la même vitesse qu'en 3.3.2.1.1 Next higher gear at reduced engine speed, same pull and travelling speed as in 3.3.2.1.1											
2E	56,4	29,3	6,92	1781	882	3,0	276	3,02	34	83	109
3.3.2.1.4 Rapport de vitesse ci-dessus, régime du moteur réduit pour obtenir le même effort et la même vitesse qu'en 3.3.2.1.2 Next higher gear at reduced engine speed, same pull and travelling speed as in 3.3.2.1.2											
2E	38,2	19,5	7,16	1802	874	2,3	297	2,80	34	83	108
3.3.2.2 Rapport choisi le plus proche de 7 à 10 km/h au régime nominal / selected gear nearest between 7 and 10 km/h at rated engine speed											
3A	80,0	35,3	7,99	2100	1094	4,8	284	2,94	31	84	110
3.3.2.2.1 Résultats à 75% de l'effort à puissance maximale au régime nominal de 3.3.2.2 / 75% of pull at maximum power at rated speed of 3.3.2.2											
3A	60,3	26,4	8,34	2126	997	2,8	295	2,82	32	83	109
3.3.2.2.2 Résultats à 50% de l'effort à puissance maximale au régime nominal de 3.3.2.2 / 50% of pull at maximum power at rated speed of 3.3.2.2											
3A	41,3	17,6	8,41	2133	870	2,2	344	2,42	32	83	111
3.3.2.2.3 Rapports de vitesse supérieur, régime du moteur réduit pour obtenir le même effort et la même vitesse qu'en 3.3.2.2.1 Next higher gears at reduced engine speed, same pull and travelling speed as in 3.3.2.2.1											
3B	60,6	26,1	8,34	1783	876	3,5	266	3,13	32	84	110
3.3.2.2.4 Rapports de vitesse supérieur, régime du moteur réduit pour obtenir le même effort et la même vitesse qu'en 3.3.2.2.2 Next higher gears at reduced engine speed, same pull and travelling speed as in 3.3.2.2.2											
3B	41,6	17,6	8,49	1784	803	2,1	306	2,72	32	84	109

Tabla 32.-Resultados del ensayo a la barra de consumo en el resumen de Nebraska

DRAWBAR PERFORMANCE (Unballasted - Front Drive Engaged) FUEL CONSUMPTION CHARACTERISTICS									
Power Hp (kW)	Drawbar pull lbs (kN)	Speed mph (km/h)	Crank-shaft speed rpm	Slip %	Fuel Consumption lb/hp.hr (kg/kW.h)	Hp.hr/gal (kW.h/l)	Temp. °F (°C) cooling med	Air dry bulb	Barom. inch Hg (kPa)
Maximum Power—12th(3A) Gear									
107.3 (80.0)	7935 (35.3)	5.07 (8.16)	2100	4.4	0.466 (0.284)	14.91 (2.94)	183 (84)	38 (4)	30.1 (102.0)
75% of Pull at Maximum Power—12th(3A) Gear									
80.9 (60.3)	5880 (26.2)	5.16 (8.30)	2126	3.6	0.486 (0.295)	14.31 (2.82)	181 (83)	38 (4)	29.8 (101.0)
50% of Pull at Maximum Power—12th(3A) Gear									
55.4 (41.3)	3955 (17.6)	5.25 (8.45)	2133	2.2	0.566 (0.344)	12.28 (2.42)	181 (83)	38 (4)	30.1 (102.0)
75% of Pull at Reduced Engine Speed—14th(3B) Gear									
81.3 (60.6)	5875 (26.1)	5.19 (8.36)	1775	3.5	0.437 (0.266)	15.89 (3.13)	183 (84)	38 (3)	30.1 (102.0)
50% of Pull at Reduced Engine Speed—14th(3B) Gear									
55.8 (41.6)	3955 (17.6)	5.29 (8.51)	1784	2.1	0.503 (0.306)	13.81 (2.72)	183 (84)	38 (3)	30.1 (102.0)

Para interpretar el ensayo de consumo, en la figura 37 se encuentran las rectas n-Vt correspondientes a las 12 marchas de las gamas 2 y 3, construidas con los datos de la tabla 26. Se observan 2 parejas de

marchas casi superpuestas, la pareja 11(2E)-12(3ª) y la pareja 13(2F)-14(3B), aunque en cada pareja, una marcha es de la gama 2 y la otra, de la 3.

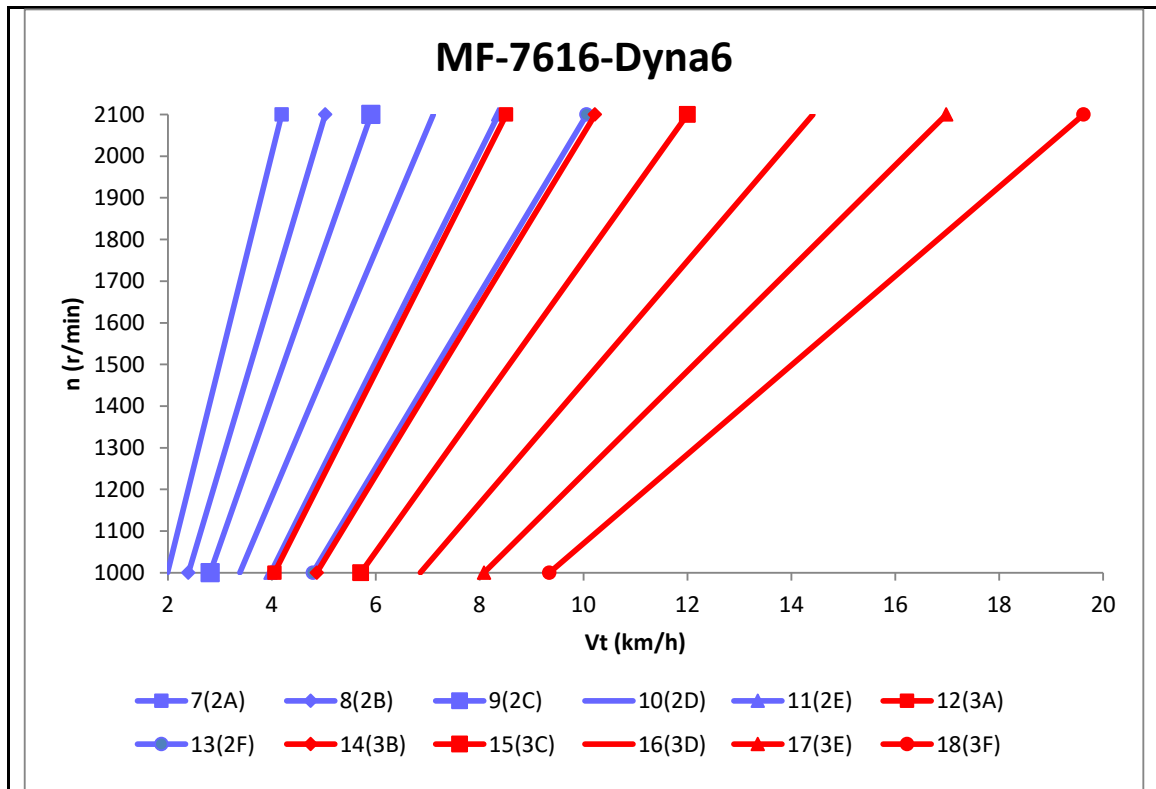


Figura 37.- Diagrama de velocidades teóricas de avance (Vt) en función del régimen del motor n)

Para representar los puntos medidos en el ensayo de consumo de combustible, se dejan las marchas en las que se han medido los 10 puntos del ensayo (Figura 38), que permiten analizar la estrategia a 7,5 km/h con las marchas 10(2D) y la 11(2E) y las 12(3A) y 14(3B) para 7-10 km/h.

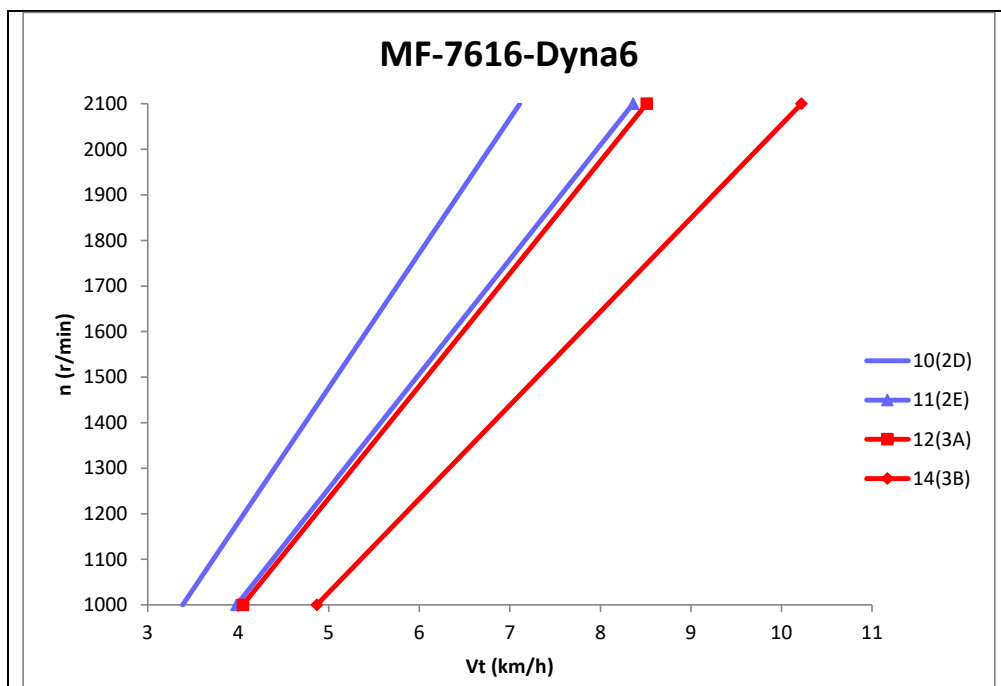


Figura 38.- Diagrama Vt-n para las marchas en las que se realizó el ensayo de consumo a la barra

En la gráfica de 3 cuadrantes (figura 39) se representan los 5 puntos medidos en los ensayos realizados en las marchas 10(2D) y 11(2E) con velocidad próxima a 7,5 km/h, desarrollando una potencia de 56,4 kW (60% de la nominal). Si se comparan los puntos 1.1 y 1.3 se observa que el 1.1 (marcha corta) desarrolla una fuerza de tracción de 29 kN a 2128 r/min y el 1.3 (en la marcha más larga) desarrolla la misma fuerza, potencia y velocidad a 1781 r/min, con una diferencia de consumo de combustible (referido a potencia a la barra) entre ambos puntos de 314-276= 38 g/kWh, lo que, para una potencia de 56,4 kW supone una diferencia de consumo horario de:

$$C_h = \frac{C_{SB} (g/kWh) * N_B(kW)}{\rho_c(kg/L) * 1000 (g/kg)} = \frac{38 * 56,4}{0,838 * 1000} = 2,56 L/h$$

Valor que resulta considerable en una jornada de 8 horas.

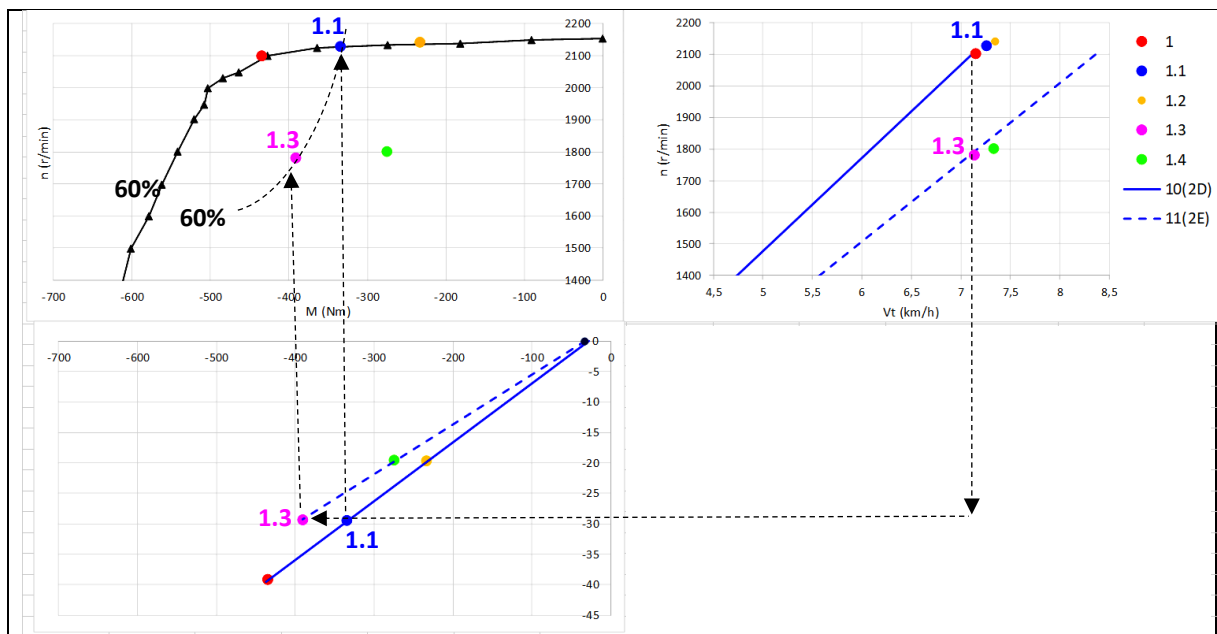


Figura 39.- Diagrama de 3 cuadrantes del ensayo de consumo a velocidad próxima a 7,5 km/h

En un proyecto de colaboración entre la empresa Agco Iberia SA y la Universidad Politécnica de Madrid se hicieron ensayos de tracción en el año 2015 en la Estación de Mecánica Agrícola de Madrid (figura 40) para comparar el mismo tractor con transmisión escalonada (Dyna-6) y continua (Dyna-VT) en el marco de un trabajo de Tesis Doctoral (Farias, M. 2016).

El planteamiento del ensayo se basó en los datos del ensayo a la barra y la metodología que está aplicando Nebraska, aparte de los ensayos OCDE, en ensayos comparativos de tractores de transmisión escalonada y CVT (Howard, C.N., 2013) basada en la estrategia SUTB (shift up, Throttle, back).

El tractor se ensayó en tres velocidades de avance (5,16; 7,29 y 10,48 km/h) y en cada una, una marcha con el acelerador a tope y una (SUTB1) o dos (SUTB2) marchas más largas a distinto régimen. En la figura 40 se presenta el planteamiento del ensayo. Con el acelerador a tope se consigue la velocidad V1 en la marcha 8(2B), la velocidad V2 en la marcha 10(2D) y la velocidad V3 en la marcha 14(3B). En la estrategia SUTB-2, V1 se consigue a 1524 r/min en la marcha 10 (2D), V2 en la marcha 13(2F), a 1522 r/min y V3, en la marcha 16(3D), a 1524 r/min. La estrategia STUB-1 sólo se aplicó a conseguir V2 en la marcha 11(2E), a 1824 r/min. En la tabla 33 y figura 41 se resumen las condiciones de los ensayos.



Figura 40.- Ensayo del tractor Massey Ferguson 7616 Dyna6 en la EMA. 2015

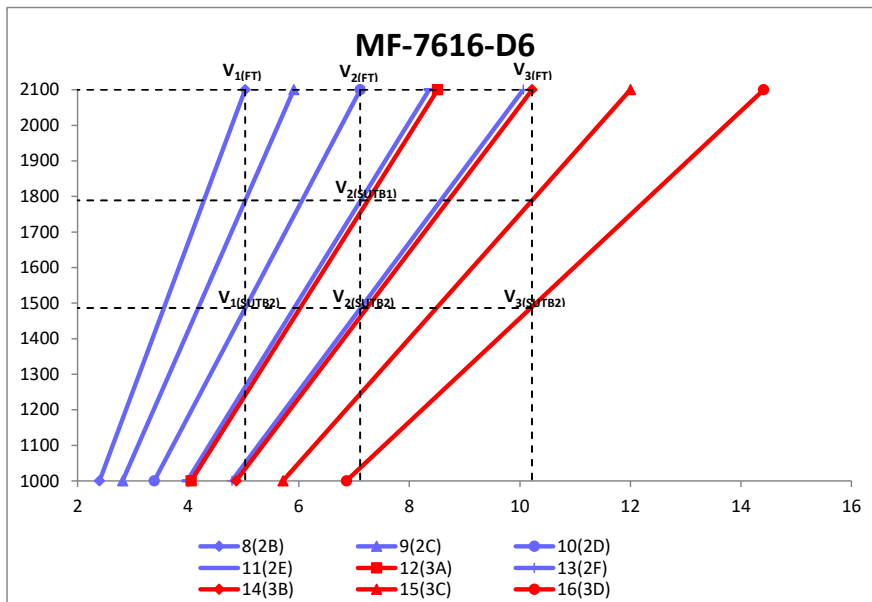


Figura 40.- Condiciones de ensayo en la EMA del tractor Massey Ferguson 7616 Dyna6

Tabla 33.- Velocidades de avance y marchas en el ensayo del tractor **MASSEY FERGUSON 7616 DYNA6** en la EMA de Madrid (2015)

VELOCIDAD		MARCHA/RÉGIMEN								
V	Km/h	FT			SUTB 2			SUTB 1		
		it	Marcha	n	it	Marcha	n	it	Marcha	n
V1	5,16	137,65	2B	2153	94,46	2D	1524			
V2	7,29	97,46	2D	2153	68,87	2F	1522	82,87	2E	1824
V3	10,48	67,77	3B	2153	47,98	3D	1524			

PARTE 4.- ENSAYO DEL TRACTOR FENDT 942 GEN6



Minería de datos

Se utiliza información del fabricante, dos artículos publicados por la revista profi en julio 2019 (informe de conducción) y el de octubre de 2020 (informe de los ensayos) y los documentos de los resultados de los ensayos realizados cuyas referencias aparecen en la tabla 34.

Los ensayos de la tabla 34 corresponden a los efectuados en la Estación de la OCDE alemana y se encuentran recogidos en 3 documentos con 4 referencias. Uno de los documentos es el publicado por la Estación de la OCDE de la DLG, donde se hicieron los ensayos OCDE y Power-Mix y tiene 2 referencias, una es la referencia conjunta Test Report 7042 que primero incluye los ensayos oficiales OCDE y luego los de la Power-Mix, pero los ensayos Power-Mix tienen una referencia particular de la Estación de ensayos, que es Test nº 2019-00552. El segundo documento es el que publica la Estación de Nebraska (Estación OCDE USA) que contiene sólo el resumen de los ensayos OCDE hechos en Alemania y se le asigna una referencia interna de la Estación de Nebraska “Nebraska Summary 1181”, en el que se consigna la referencia del número asignado por la OCDE al ensayo (OECD Tests Report 3192, December 2020). El tercero es el boletín oficial completo que publica la OCDE, el 3192. Los dos primeros se pueden descargar desde las páginas de Internet de las dos Estaciones de Ensayo, pero, como se ha comentado, conseguir el ensayo completo de la OCDE requiere agradecer a **EUGENIO CAVALLO**, responsable de la sede de Torino del Consejo Nacional de Investigación en Maquinaria Agrícola Italiano.

Tabla 34.- 4 Referencias de los 2 documentos de ensayo del tractor **FENDT 942 GEN6**

Documento	Referencia	Descripción
1	DLG Test Report 7042	Código Estación donde se ensaya según Código OCDE
	Test nº 2019-00552	Código ensayo DLG Power-Mix
2	Nebraska 1181	Código Estación Nebraska
3	OECD Test Report 2/3192	Código OCDE



Resulta significativa la precisión y cuidado con que se informa del ensayo PowerMix en la página de Internet de AGXCO. No los llama ensayos oficiales, sino que, con mucha precisión, los denomina “*prueba independiente PowerMix 2.0 de la DLG (Sociedad Agrícola Alemana)*”. Menciona que se le han

hecho “12 ciclos de carga y 2 pruebas de transporte. Los ciclos reflejan el trabajo práctico en el campo y transporte e incluyen tareas con el arado y cultivador, grada de discos, segadora, abonadora y empacadora. Para evaluar la eficiencia en carretera también se probaron trabajos de transporte ligero y pesado”. Al poner “los ciclos reflejan el trabajo práctico en campo” no dice que se haya trabajado en campo, aunque pueda ser interpretarlo así. Como se ha indicado, la prueba PowerMix se realiza en pista artificial con un carro dinamométrico que aplica ciclos de trabajo tomados en campo con distintos aperos.

El tractor FENDT 942 GEN6

Antes de pasar a resultados de ensayos y comparaciones, hagamos una presentación breve de algunas características de este tractor. Se trata de un tractor de **305 kW de potencia efectiva máxima**, medida según el código ECE R 120, como indica la tabla 35 del documento PowerMix, a diferencia de los 277 kW que rinde en el ensayo a la toma de fuerza según el código de la OCDE.

Tabla 35.- Potencia efectiva y a la toma de fuerza del tractor **FENDT 942** (DLG Test Report 7042)

	Boost	Standard		Boost	Standard
Rated power	-	305 kW	Rated power	-	277 kW
Maximum power	-	305 kW	Maximum power	-	277 kW
According to	UNECE R 120		According to	OECD Code 2	

El tractor equipa un motor MAN de 9,037 litros y relación de compresión 20:1, con transmisión CVT que permite un rango de velocidades hacia delante de 0,02 a 60 km/h y 0,02 a 33 km/h. TDF trasera de 540E/1000, una TDF trasera opcional 1000/1000E y TDF delantera opcional de 1000. La batalla es de 3,15 m y tiene 12000 kg de masa en vacío (con cabina, depósitos llenos y sin conductor). A 40 km/h el peso máximo autorizado es de 20000 kg. Como *neumáticos estándar*, el fabricante propone 650/60R38 para neumáticos delanteros y 750/70R44 para los traseros. En el ensayo OCDE, el tractor no disponía de toma de fuerza delantera y las características de la toma de fuerza, neumáticos y masa se indicarán oportunamente. En la tabla 36 se recogen algunos de los datos incluidos en el informe de profi de octubre de 2020 y en la tabla 37, información del fabricante.

Tabla 36.- Datos del tractor **FENDT 942 GEN6** (DLG Test Report 7042)

Motor	MAN de 6 cilindros refrigerado por agua con una cilindrada de 9,0 l, fase V
Transmisión	Transmisión Vario Drive sin escalonamiento TA 300, desde 0,02 hasta 60 km/h hacia adelante, máx. 33 km/h hacia atrás, inversor conmutable bajo carga, 60 km/h a 1450 revoluciones
Frenos	Frenos multidisco húmedos en el eje trasero, activación de tracción a las cuatro ruedas; sistema de aire comprimido de serie
Sistema eléctrico	2 pilas, 12 V, 180 Ah; stárter 24 V, 7 kW, dínamo 14 V, 275 A
Elevador	Cat. III; ELC sin pernos de medición de fuerza, estabilizadores laterales manuales, elevador frontal/ toma de fuerza frontal opcional
Sistema hidráulico	Bomba de pistones axial 165 l/min de serie, equipo de prueba 220 l/min (220 + 210 l/min opcional), 200 bar, máx.8 unidades de control con control de tiempo/flujo; 90 l de aceite disponible
Toma de Fuerza (TDF)	540E/1 000 o 1 000/1000E, 1 3/8" de pulgadas, 6 o 21 acanaladuras, accionada electrohidráulicamente

Fuente: profi, 10/2020

Es inevitable comentar la información sobre la toma de fuerza. Para la tabla 36 el tractor dispone de toma de fuerza de 540/1000 r/min o 1000/1000E de 1 3/8" con 6 o 21 acanaladuras. En los datos técnicos que incluye el documento de la DLG (Figura 41) se diferencia entre la trasera, de 1 3/4" con 6

acanaladuras y 540/540E/1000/1000E y la frontal es de 1 $\frac{3}{8}$ " , con 6 acanaladuras y las mismas opciones de régimen. El documento de Nebraska no hace referencia más que a la velocidad de 1000 r/min.

Tabla 37.- Características técnicas del tractor **FENDT 942 GEN6** (Doc. Agco Iberia SA)

		942 Vario
Motor		
Potencia nominal ECE R 120	kW/CV	305/415
Potencia máxima ECE R 120	kW/CV	305/415
Potencia constante ECE R 120	kW/CV	305/415
Nº de cilindros	Número	6
Diámetro del cilindro/carrera	mm	115/145
Cilindrada	cm ³	9037
Régimen nominal	rpm	1700
Par máximo	Nm	1970
Reserva de par motor	%	15.0
Nivel de combustible	litros	625.0
Depósito AdBlue	litros	70.0
Rango de potencia constante	rpm	1600-1700
Transmisión y TdF		
Tipo de transmisión		TA 300
Gama de velocidades marcha adelante	km/h	0.02-60
Gama de velocidades marcha atrás	km/h	0.02-33
Velocidad máxima	km/h	60
Toma de fuerza trasera		540E/1000
Toma de fuerza trasera opcional		1000/1000E
Toma de fuerza delantera opcional		1000
Elevador y sistema hidráulico		
Bomba de caudal variable	l/min	165
Bomba de caudal variable opcional 1	l/min	220
Bomba de caudal variable opcional 2	l/min	220+210
Presión de trabajo / presión de control	bar	200
Válvulas máx. (delante/centro/atrás) Power / Power Plus	Número	0/0/4
Válvulas máx. (delante/centro/atrás) Profi / Profi Plus	Número	2/0/6
Máx. volumen de aceite hidráulico disponible	litros	90
Máx. capacidad de elevación del elevador hidráulico trasero	daN	12410
Máx. capacidad de elevación del elevador hidráulico delantero	daN	5584
Neumáticos		
Neumáticos delanteros (estándar)		650/60R38
Neumáticos traseros estándar		750/70R44
Dimensiones		
Anchura de vía delantera (neumáticos estándar)	mm	2100
Anchura de vía trasera (neumáticos estándar)	mm	2000
Anchura total con neumáticos estándar	mm	2750
Altura total de la cabina con neumáticos estándar sin VarioGuide	mm	3385
Altura total de la cabina con neumáticos estándar con VarioGuide	mm	3425
Máx. distancia respecto al suelo	mm	603
Batalla	mm	3150
Pesos		
Peso en vacío (tractor básico con cabina - depósitos llenos, sin conductor)	kg	11780.0
Peso total autorizado máx. hasta 40 km/h permiso específico del país necesario	kg	20000.0
Peso total autorizado máx. hasta 50 km/h permiso específico del país necesario	kg	19000.0
Peso total autorizado máx. hasta 60 km/h	kg	17000.0
Carga máx. en enganche de remolque	kg	20000.0

Para profi todas las tomas de fuerza son de 1 $\frac{3}{8}$ ". Se supone que 6 acanaladuras para 540 y 21 para 1000 r/min. La DLG incluye todas las velocidades posibles, ¿todas de 1 $\frac{3}{4}$ "? ¿También las de 6 acanaladuras? En la información del fabricante no aparece la de 45 mm (1 $\frac{3}{4}$ "). No se mencionan los tipos normalizados (ISO-500) que emparejan 540 r/min-1 $\frac{3}{8}$ " con 6 acanaladuras (TDF tipo 1); 1000-1 $\frac{3}{8}$ " con 21 acanaladuras (tipo 2) y 1000-1 $\frac{3}{4}$ " con 20 acanaladuras (tipo 3), ésta última recomendada para tractores de hasta 275 kW a la toma de fuerza. Las normas son orientativas, a menos que algún organismo, con capacidad para ello, las haga obligatorias, cosa que no se ha producido en las tomas de fuerza de los tractores. Al presentar los datos del ensayo OCDE se despejarán las dudas de la toma de fuerza que equipa el tractor en el ensayo. Otra cosa son las opciones que puede ofrecer...

Rear PTO Shaft				
Profile	6 spline (1 3/4")			
Transmission ratio*				
PTO mode	540	540E	1000	1000E
Engine speed [min ⁻¹]	-	1274	1604	1286
Front PTO Shaft				
Profile	6 spline (1 3/4")			
Transmission ratio*				
PTO mode	540	540E	1000	1000E
Engine speed [min ⁻¹]	-	-	1618	-

Figura 41.- Datos técnicos de la toma de fuerza del tractor **FENDT 942 GEN6**. DLG Test Report 7042

Un detalle interesante: Al describir las características de la transmisión, el boletín completo de la OCDE no incluye el radio, al igual que sucedía en el tractor New Holland T7.210, de transmisión CVT y consigna que no se pueden incluir relaciones de transmisión por ser continua. El detalle es que, en este tractor, al indicar la relación cinemática entre los ejes, menciona que es variable porque la caja transfer para la gestión de la doble tracción lo permite:

Number of revolutions of front wheels for one revolution of rear-wheels:	Variable
--	----------

Ensayos OCDE

En los apartados anteriores se ha descrito la base de los ensayos OCDE. Ahora lo que se pretende es presentar directamente las tablas de resultados, extraer de ellas los datos y aplicarlos.

a) Ensayo del motor según código 2 de la OCDE a la toma de fuerza en el freno dinamométrico

Se realizó con la toma de fuerza al régimen de 1000 r/min con densidad de combustible de 0,8408 kg/l. En cuanto al tipo o diámetro y acanaladuras del eje empleado, ensayo completo OCDE saca de dudas con toda claridad: el ensayo se efectuó con un eje tipo 3, de 1 3/4" y 20 acanaladuras (tabla 38).

Tabla 38.- Toma de fuerza del tractor FENDT 942 ensayado con el Código OCDE (Test Report 2/3192)

1.4.1.1 Power take-off proportional to engine speed	
Power take-off at 1000 rev/min	
C Location:	At the rear of the tractor
C Diameter of power take-off shaft end:	45mm
C Number of splines:	20
C In conformity/not in conformity with ISO 500-1:2014, ISO 500-2:2004, ISO 500-3:2014-04	Yes, type 3
C Height above ground:	965 mm, at a rear speed radius index of 1025 mm
C Distance from the median plane of the tractor:	0 mm
C Distance behind rear-wheel axis:	617 mm
C PTO speed at rated engine speed	
- 1000:	1060 rev/min
- 1000E:	1322 rev/min
C Engine speed at standard power take-off speed:	
- 1000:	1604 rev/min
- 1000E:	1286 rev/min
C Ratio of rotation speeds (engine speed/p.t.o speed):	
- 1000:	2.3600
- 1000E:	1.6040

En la tabla 38 se encuentran los ensayos del motor publicados por Nebraska y en la 39, los del boletín completo de la OCDE.

Tabla 38.- Ensayo del motor a la TDF del tractor **FENDT 942 GEN6** (Nebraska SUMMARY 1181)

POWER TAKE-OFF PERFORMANCE						
Power HP (kW)	Crank shaft speed rpm	Diesel Consumption Gal/hr (l/h)	lb/hp.hr (kg/kW.h)	Hp.hr/gal (kW.h/l)	D.E.F. Consumption Gal/hr (l/h)	Mean Atmospheric Conditions
MAXIMUM POWER AND FUEL CONSUMPTION						
Rated Engine Speed—(PTO speed—1060 rpm)						
371.3 (276.9)	1700	18.34 (69.41)	0.347 (0.211)	20.25 (3.99)	1.58 (5.98)	
Standard Power Take-off Speed (1000 rpm)						
368.8 (275.0)	1604	18.14 (68.65)	0.345 (0.210)	20.33 (4.01)	1.52 (5.77)	
VARYING POWER AND FUEL CONSUMPTION						
371.3 (276.9)	1700	18.34 (69.41)	0.347 (0.211)	20.25 (3.99)	1.58 (5.98)	Air temperature
321.8 (240.0)	1733	16.16 (61.18)	0.353 (0.214)	19.91 (3.92)	1.45 (5.50)	68°F (20°C)
244.5 (182.3)	1756	12.84 (48.60)	0.368 (0.224)	19.04 (3.75)	1.09 (4.14)	Relative humidity
164.1 (122.4)	1769	9.51 (36.00)	0.407 (0.247)	17.26 (3.40)	0.71 (2.70)	62%
82.7 (61.7)	1782	6.31 (23.90)	0.536 (0.326)	13.10 (2.58)	0.50 (1.90)	Barometer
--	1796	3.41 (12.90)	--	--	0.17 (0.66)	29.7" Hg (100.6 kPa)
Maximum torque - 1339 lb.-ft. (1816 Nm) at 1350 rpm Maximum torque rise - 16.8% Torque rise at 1400 engine rpm - 14% Power increase at 1604 engine rpm - 0.0%						CONSUMABLE Fluids: Fuel No. 2 Diesel Specific gravity converted to 60°/60°F (15°/15°C) 0.8408 Fuel weight 7.01 lbs/gal (0.840 kg/l)

En este tractor, la potencia nominal coincide con la máxima y se produce a un régimen realmente bajo de 1700 r/min. El par máximo alcanza el valor de 1816 Nm a 1350 r/min. La reserva de par es de un 16,8%. Nebraska mantiene la información doble de la reserva de par, proporcionando tanto la máxima normalizada (16,8%) como la correspondiente a 1400 r/min, que es de un 14%

El tractor no dispone de sobrepotencia en la acepción de que, en una determinada curva de potencia (y par), la potencia máxima sea superior a la nominal, ya que son iguales. El boletín del ensayo DLG informa de los requisitos de activación de la sobrepotencia (figura 42), que son que la velocidad de avance sea superior a 20 km/h o trabajo a la toma de fuerza con velocidad de avance superior a 0,5 km/h, pero no se dispone de información de ensayo en estas condiciones.

Boost activation requirement
 Load at the power take-off and driving speed > 0,5 km/h or
 driving speed above 20 km/h

Figura 41.- Requisitos para la activación de la sobrepotencia

La figura 43 presenta las curvas características del motor.

Tabla 39.- Ensayo del motor a la TDF del tractor FENDT 942 GEN6 (OECD Test Report 2/3192)

Power kW	Speed			Fuel consumption			Specific energy kWh/dm ³	Reagent consumption		
	Engine min ⁻¹	P.T.O. min ⁻¹	Fan	Hourly kg/h	dm ³ /h	Specific g/kWh		Hourly kg/h	dm ³ /h	Specific g/kWh
3.1.1 MAXIMUM POWER - ONE-HOUR TEST										
276.91	1700	1060	2412	58.4	69.4	211	3.99	6.49	5.98	23.7
3.1.2 POWER AT RATED ENGINE SPEED										
276.91	1700	1060	2412	58.4	69.4	211	3.99	6.49	5.98	23.7
3.1.3 POWER AT STANDARD PTO SPEED [1000 ± 25 min⁻¹]										
275.0	1604	1000	2274	57.7	68.7	210	4.01	6.38	5.77	23.1
3.1.4 PART LOADS										
3.1.4.1 the torque corresponding to maximum power at rated engine speed										
276.91	1700	1060	2412	58.4	69.4	211	3.99	6.49	5.98	23.7
3.1.4.2 85% of torque obtained in 3.1.4.1										
240	1733	1081	2460	51.5	61.2	214	3.92	6.10	5.50	25.2
3.1.4.3 75% of torque defined in 3.1.4.2										
182.33	1756	1095	2490	40.9	48.6	224	3.75	4.54	4.14	25
3.1.4.4 50 % of torque defined in 3.1.4.2										
122.45	1769	1103	2508	30.3	36.0	247	3.40	2.98	2.7	24.3
3.1.4.5 25 % of torque defined in 3.1.4.2										
61.68	1782	1111	2532	20.1	23.9	326	2.58	2.10	1.9	33.8
3.1.4.6 unloaded										
0.0	1796	1120	2550	10.8	12.9	-	-	0.74	0.66	-
3.1.5 PART LOADS AT STANDARD POWER TAKE-OFF SPEED [1000 ± 25 min⁻¹]										
3.1.5.1 the torque corresponding to maximum power										
275.0	1604	1000	2274	57.7	68.7	210	4.01	6.38	5.77	23.1
3.1.5.2 85 % of torque obtained in 3.1.5.1										
240.0	1647	1027	2338	50.58	60.16	211	3.99	5.85	5.27	24.1
3.1.5.3 75 % of torque obtained in 3.1.5.2										
181.3	1659	1034	2353	39.76	47.29	219	3.83	4.48	4.12	24.9
3.1.5.4 50 % of torque obtained in 3.1.5.2										
121.8	1672	1042	2372	29.23	34.76	240	3.50	2.92	2.72	24.5
3.1.5.5 25 % of torque obtained in 3.1.5.2										
61.4	1684	1050	2388	19.09	22.71	311	2.70	2.08	1.98	35.4
3.1.5.6 unloaded										
0.0	1696	1057	2406	10.53	12.52	-	-	0.6	0.56	-
3.1.6 PART LOADS AT DIFFERENT ENGINE SPEEDS										
3.1.6.1 maximum power at rated engine speed										
276.91	1700	1060	2412	58.4	69.4	211	3.99	6.49	5.98	23.7
3.1.6.2 80 % of power obtained in 3.1.6.1 at max. speed setting										
221.41	1742	1086	2472	47.8	56.8	216	3.90	5.49	5.07	25.2
3.1.6.3 80 % of power obtained in 3.1.6.1 with governor control set to 90 % of rated engine speed										
222.22	1535	957	2178	46.5	55.3	209	4.02	5.36	4.8	23.7
3.1.6.4 40 % of power obtained in 3.1.6.1 with governor control set to 90 % of rated engine speed										
110.83	1532	955	2178	26.1	31.1	236	3.57	2.82	2.54	25.2
3.1.6.5 60 % of power obtained in 3.1.6.1 with governor control set to 60 % of rated engine speed										
166.08	1050	655	1492	34.2	40.7	206	4.08	5.74	5.29	35
3.1.6.6 40 % of power obtained in 3.1.6.1 with governor control set to 60 % of rated engine speed										
110.9	1021	636	1473	23.6	28.0	212	3.96	4.28	3.84	38.0
No load maximum engine speed: Torque (equivalent crankshaft) at maximum power								1796 min ⁻¹		
- At rated engine speed:								1555.5 Nm		
- At 1-hour test:								1555.5 Nm		
Maximum torque (equivalent crankshaft):								1816.2 Nm		
At engine speed:								1350 min ⁻¹		

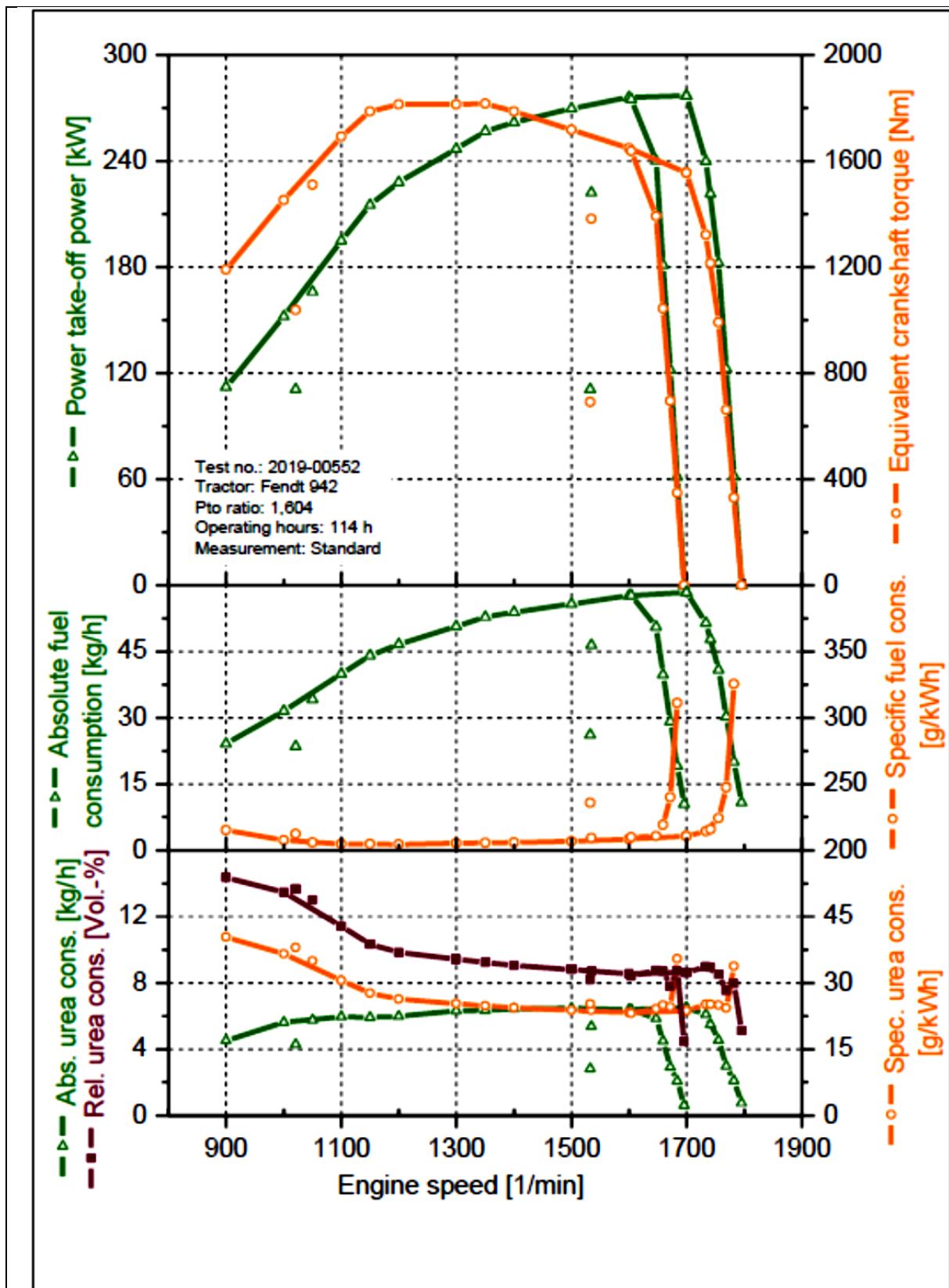


Figura 43.- Curvas características del motor del tractor Fendt 942 GEN6 (OECD Test Report 2/3192)

De la curva se puede deducir que el par a 1000 r/min vale 1446 Nm, de manera que el *Par de arranque* resulta ser de un 93% ($100 \cdot 1446 / 1555,6$)

b) Ensayo de tracción en pista con el carro dinamométrico

En la tabla 40 se encuentran los resultados del ensayo a la barra según Código 2 de la OCDE.

Tabla 40.- Resultados del ensayo a la barra del tractor **FENDT 942 GEN6** (OECD Test Report 2/3192)

Neumáticos		Trasero	IF 900/60R42 190D		Masa (con conductor) kg/kN		12870/126								
Michelin Axiobib		Delantero	IF 710/60R34 164D												
3.3 Compulsory drawbar power and fuel consumption test (unballasted tractor)															
Date of tests: October 16-17, 2019 Type of track: Concrete				Height of drawbar above ground mm		Tyre inflation pressure Front kPa Rear kPa									
				630		80 80									
Speed setting	Power kW	Drawbar-pull kN	Speed km/h	Engine speed min ⁻¹	Fan speed min ⁻¹	Slip of wheels and/or tracks %	Specific fuel consumption g/kWh	Specific energy kWh/dm ³	Specific reagent consumption g/kWh	Temperature Fuel °C	Temperature Coolant °C	Temperature Engine oil °C	Temperature °C	Relative humidity %	Pressure kPa
3.3.1 MAXIMUM POWER IN TESTED GEARS/SPEED SETTINGS															
3	123.3	131.64	3.37	1761	2498	12.5	312	2.65	30.26	72	58	114	21	55	99.5
4	157.0	133.35	4.24	1749	2483	13.1	293	2.82	31.83	72	57	117	21	51	99.5
5	193.1	132.22	5.26	1731	2456	12.5	279	2.97	28.84	71	62	118	21	55	99.5
6	208.7	131.28	5.72	1698	2407	13.8	280	2.96	31.57	74	74	118	20	56	99.5
7,5	235.4	112.24	7.55	1678	2382	3.9	249	3.33	26.51	73	81	119	20	58	99.6
9	237.8	96.16	8.90	1679	2382	2.7	246	3.37	27.77	72	83	118	21	56	99.6
11	238.7	77.50	11.09	1680	2384	1.8	245	3.40	27.37	72	91	119	21	56	99.6
13	240.0	65.69	13.15	1681	2384	1.7	243	3.42	30.43	69	89	120	20	57	99.6
15	241.1	57.97	14.98	1680	2384	1.6	244	3.42	26.97	71	90	119	20	56	99.5
17	239.7	50.95	16.93	1687	2393	1.5	245	3.40	26.70	71	88	118	19	60	99.5
19	239.4	45.62	18.89	1687	2395	1.5	246	3.38	27.85	70	89	119	19	60	99.6
3.3.2 FUEL CONSUMPTION															
3.3.2.1 in selected gear/speed setting nearest 7.5 km/h, at maximum power at rated engine speed															
7,5	234.4	112.67	7.49	1678	2382	3.9	250	3.33	21.72	72	74	117	21	51	99.59
3.3.2.1.1 75 % of pull corresponding to maximum power at rated engine speed															
7,5	187.8	84.45	8.00	1744	2474	2.3	253	3.28	29.57	74	78	117	21	54	99.59
3.3.2.1.2 50 % of pull corresponding to maximum power at rated engine speed															
7,5	129.8	56.27	8.31	1765	2503	1.2	272	3.06	25.51	73	76	113	21	50	99.58
3.3.2.1.3 highest gear/speed setting at reduced engine speed able to achieve both 3.3.2.1.1 and 3.3.2.1.2 ; same pull and travelling speed as in 3.3.2.1.1															
9	188.6	84.43	8.04	1489	2116	2.2	241	3.44	27.74	69	82	117	21	56	99.59
3.3.2.1.4 same gear/speed selection as 3.3.2.1.3 at reduced engine speed; same pull and travelling speed as in 3.3.2.1.2															
9	129.1	56.22	8.26	1501	2135	1.2	256	3.25	24.82	69	87	114	21	53	99.59
3.3.2.2 in selected gear/speed setting nearest between 7 km/h and 10 km/h at rated engine speed															
9	237.7	95.14	8.99	1679	2382	2.7	246	3.36	28.07	75	83	118	22	53	99.54
3.3.2.2.1 75 % of pull corresponding to maximum power at rated engine speed															
9	187.6	71.36	9.47	1745	2478	1.6	254	3.27	30.76	76	88	117	22	51	99.57
3.3.2.2.2 50 % of pull corresponding to maximum power at rated engine speed															
9	129.4	47.51	9.81	1764	2504	1.0	276	3.01	28.50	75	90	114	22	52	99.56
3.3.2.2.3 highest gear/speed setting at reduced engine speed able to achieve both 3.3.2.2.1 and 3.3.2.2.2 ; same pull and travelling speed as in 3.3.2.2.1															
11	188.5	71.42	9.50	1436	2040	1.8	238	3.48	27.03	69	87	118	22	50	99.54
3.3.2.2.4 same gear/speed setting as 3.3.2.2.3 at reduced engine speed; same pull and travelling speed as in 3.3.2.2.3															
11	129.1	47.56	9.77	1449	2058	1.0	253	3.27	26.44	68	93	114	22	51	99.57

La fuerza máxima de tracción es de 133,35 kN, (lo que supone un 106% del peso del tractor) a 4,4 km/h y 157 kW de potencia a la barra, con un deslizamiento del 13,1%. El tractor, en una superficie de alta adherencia, como es la pista de ensayo, tira más de lo que pesa.

La potencia máxima a la barra de 241,1 kW se produce a 14,98 km/h con una fuerza de tiro de 57,97 kN y un deslizamiento de 1,6%.

Los ensayos de consumo ponen de manifiesto las diferencias entre puntos conseguidas. Como ejemplo, el punto 2.3, con la misma potencia a la barra (188 kW), fuerza de tracción (71,5 kN) y

velocidad real (9,5 km/h) que el punto 2.1, consigue una diferencia de 16 g/kWh (254-238) que, para la potencia a la barra desarrollada y la densidad del combustible considerada (0,840 kg/L; tabla 38) suponen 3,58 L/h de diferencia (16 g/kWh*188kW/840g/L). Lo mismo sucede entre los puntos 2.2 y 2.4 (129 kW de potencia a la barra, 47,5 kN y casi 10 km/h), teniendo el punto 2.4 un consumo específico de 23 g/kWh menor que el 2.2 (276-253) y 3,53 L/h menos de consumo horario.

Ensayos PowerMix

En la tabla 41 aparece la masa del tractor en los ensayos Power-Mix en los distintos ciclos de trabajo. En todos los ciclos, menos el de campo con tracción pesada, la masa (12795 kg) es la misma que la del ensayo OCDE (tabla 42), que informa de la masa sin/con conductor, lo que permite comprobar que Power-Mix presenta la masa sin conductor. En el ensayo de tracción pesada, si se le suman los 75 kg asignados al conductor (12870-12795) la masa en el ciclo Power-Mix es casi la máxima autorizada, que en la tabla 37 el fabricante informaba que era de 20000 kg.

Tabla 41.- Masa del tractor en el ensayo PowerMix (DLG Test Report 7042)

PowerMix	Ballast		Axle load distribution				Gross weight	Tire pressure		PTO mode	Boost power available
	front	rear	front	rear	front	rear		front	rear		
	kg	kg	kg	%	kg	%	kg	bar	bar	1000/1000E	yes/no
Performance and fuel consumption during exemplary field work											
heavy drawbar work	2500	3800	8605	45	10490	55	19095	1,2	1,2	-	-
medium havy drawbar w.	0	0	5590	44	7205	56	12795	1,2	1,2	-	-
heavy PTO work	0	0	5590	44	7205	56	12795	1,2	1,2	1000	-
medium heavy PTO work	0	0	5590	44	7205	56	12795	1,2	1,2	1000E	-
light PTO work	0	0	5590	44	7205	56	12795	1,2	1,2	1000E	-
Drawbar + PTO + hyd.	0	0	5590	44	7205	56	12795	1,2	1,2	1000E	-
Performance and fuel consumption during exemplary transport work											
Transport work	0	0	5590	44	7205	56	12795	1,6	1,6	-	-

Tabla 42.- Masa del tractor en los ensayos OCDE

2.3 Tractor mass with frame and cab					
	Permissible gross weight	Unballasted		Ballasted	
		W/o driver	With driver	W/o driver	With driver
	kg	kg	kg	kg	kg
Front	8500	5590	5615	n.a.	n.a.
Rear	11500	7205	7255	n.a.	n.a.
Total	17000	12795	12870	n.a.	n.a.

En la tabla 43 figuran los neumáticos utilizados en los ensayos Power-Mix, los mismos que en el ensayo OCDE.

Tabla 43.- Neumáticos del tractor en el ensayo PowerMix (DLG Test Report 7042)

Tires	front	rear
Manufacturer	Michelin AxioBib	Michelin AxioBib
Tire size	IF 710/60 R 34	IF 900/60 R 42

los resultados completos de los ensayos PowerMix realizados para el tractor Fendt 942 GEN6 (DLG Test Report 7042) aparecen en la tabla 44.

Tabla 44.- Resultados completos de los ensayos en pista PowerMix del tractor **FENDT 942 GEN6** (DLG Test Report 7042)

PowerMix - performance and fuel consumption during field and transport applications								
Performance and fuel consumption during exemplary field work	Engine speed	Driving speed	Delivered net power	Diesel consumption		Ratio AdBlue to diesel	Specific consumption	
				kg/h	l/h		Vol-%	Diesel	AdBlue
	1/min	km/h	kW				g/kWh	
Z1P ploughing, heavy tine cultivator	1333	7,5	210	51,2	61,0	8,9	244	28
Z1G cultivator, disc harrow	1503	9,4	218	53,6	63,9	8,5	246	26
Z2P mech. seed drill, planter	1143	8,6	147	35,5	42,3	12,2	242	39
Z2G stubble working, seed bed combination	1219	11,6	167	40,6	48,4	10,2	242	32
Z3K milling, rotary harrows seeding combination	1391	5,5	225	49,0	58,4	9,2	218	26
Z3M out 1. step, cultivator-rotary harrows-seeding combination	1383	14,0	227	51,8	61,8	8,9	228	26
Z4K pneumatic seeding drill, milling as plant care, mulch	1132	5,6	160	35,0	41,8	12,4	218	35
Z4M out 2. step, direct seeding machine	1110	14,2	160	36,9	44,0	12,8	230	38
Z5K plant protector, mineral fertiliser, tedder, swather	1145	6,0	95	22,8	27,2	9,5	241	30
Z5M out 3. step, airseeder	1142	15,9	100	25,4	30,3	11,9	255	39
Z6MS self-loading wagon, manure spreading	1256	5,7	170	39,7	47,4	10,2	234	31
Z7PR high pressure baler, round baler or square baler	1261	7,6	146	35,5	42,3	9,9	243	31
							237	32
Performance and fuel consumption during exemplary transport work	Engine speed	Driving speed	Delivered net power	Diesel consumption		Ratio AdBlue to diesel	Specific consumption	
	min⁻¹	km/h	kW	kg/h	l/h		Vol-%	Diesel	AdBlue
							g/kWh	
ZTB Transportwork at full load (uphill)	1626	36	164	58,4	70,7	8,6	356	40
ZTE40 Transportwork at flat section with 40 km/h	1015	40	29	16,8	21,0	9,9	580	82
ZTE50 Transportwork at flat section with 50 km/h	1201	50	38	23,0	28,4	9,2	610	80
ZTE60 Transportwork at flat section with 60 km/h	1448	61	47	30,5	37,4	7,6	643	67
Idle	650	-	-	2,0	2,4	-	-	-
							383	45

El boletín ofrece, además, resultados reducidos, tal como aparecen en la tabla 45, en la que se hace la media de cada 2 ciclos de los ensayos completos



Tabla 45.- Resumen de resultados PowerMix del tractor Fendt 942 GEN6 (DLG Test Report 7042)

PowerMix - Field work		Engine speed min ⁻¹	Delivered net power kW	Specific consumption		Consumption / hectare		Area output ha/h
				Diesel g/kWh	AdBlue	Diesel l/ha	AdBlue	
Heavy pulling work		1418	214	245	27	11,4	1,0	6,3
Medium pulling work		1181	157	242	35	6,9	0,8	7,6
Heavy PTO shaft work		1387	226	223	26	4,8	0,4	18,0
Medium PTO shaft work		1121	160	224	37	3,4	0,4	18,3
Light PTO shaft work		1143	97	248	35	2,1	0,2	20,3
Drawbar + PTO + Hydraulic work		1259	158	239	31	3,9	0,4	11,6
Overall result at field work				237	32	5,4	0,5	13,7

PowerMix - Transport work		Engine speed min ⁻¹	Delivered net power kW	Specific consumption		Consumption / 100 kilometre / tonne		Transport power tkm/h
				Diesel g/kWh	AdBlue	Diesel l/100km/t	AdBlue	
Heavy transportwork		1626	164	356	40	7,2	0,6	988
Light transportwork at 40 km/h		1015	29	580	82	1,9	0,2	1094
Optional: light transportwork at 50 km/h		1201	38	610	80	2,1	0,2	1367
Optional: light transportwork at 60 km/h		1448	47	643	67	2,3	0,2	1649
Overall result transport work at 40 km/h				383	45	4,5	0,4	1041

Y en la tabla 46 se encuentra el resumen global, en el que se hace la media de todos los ensayos de campo y transporte. Como no se dispone de la norma que rige los ensayos, no se puede explicar por qué el valor asignado al consumo en transporte a 40 km/h resulta ser de 383 g/kWh, ya que el valor medio definitivo de los ensayos de campo de 237 g/kWh sí se comprueba con los datos de la tabla 44.

Tabla 46.- Resumen global del consumo en los ensayos PowerMix de campo (izquierda) y transporte (derecha) del tractor Fendt 942 GEN6 (DLG Test Report 7042)

	Diesel	AdBlue		Diesel	AdBlue
Energy efficiency	237	32 g/kWh	Energy efficiency	383	45 g/kWh
Consumption per hectare	5,4	0,5 l/ha	Consumption per 100 kilometre per tonne	4,5	0,4 l/100km/t
Area output	13,7 ha/h		Haul capacity	1041 tkm/h	

Aparte del boletín de la DLG., los ensayos PowerMix se publican en la revista profi como profitest, que mantiene la presentación gráfica comparativa de los resultados (figura 44), que tiene unas pequeñas diferencias con el boletín debido a que la versión del boletín es GEN6, posterior a ensayada por profi en 2019, pero sirve para mostrar la manera tan intuitiva de indicar que los resultados del tractor están en todos los ciclos en zona de consumo inferior a todos los ensayos en pruebas PowerMix.

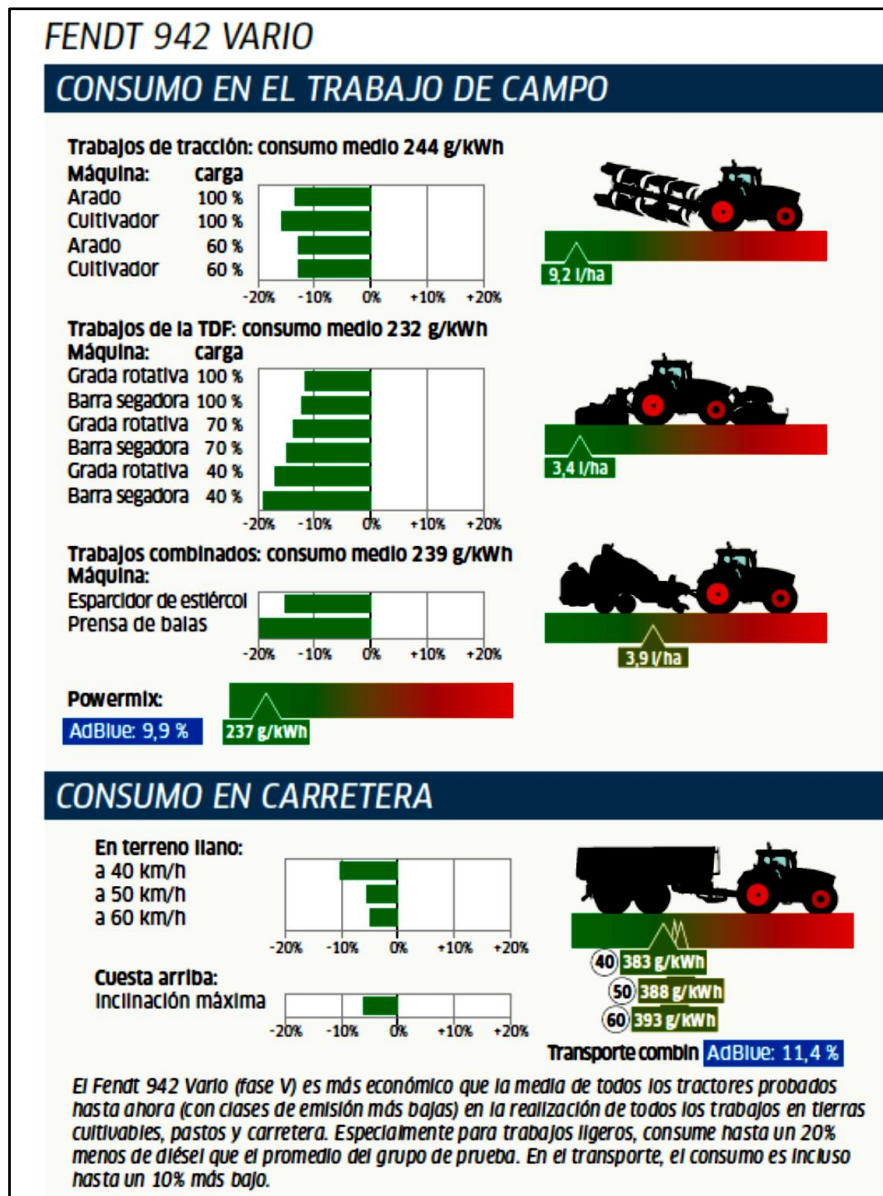


Figura 44.- Presentación gráfica del ensayo PowerMix del tractor Fendt 942 Ref: **Profi**. Prueba técnica. Fendt 942. 680521-profi-1020-fendt-942-vario-es. Revista profi 10/2020.

Comparación Código 2 OCDE con PowerMix

Una vez presentados los resultados de ambos ensayos, procede *intentar* compararlos. Es importante analizar **los valores de peso que lleva el tractor**. Para las labores pesadas de tracción es de **19095 kg** (sin conductor), mientras que en los ensayos OCDE es de 12870 kg. **El tractor tira por lo que pesa (y por lo que pisa)**, así que es difícil comparar PowerMix con OCDE, al menos en el ciclo ZIP labor pesada de tiro). En el resto de los ensayos de tracción el peso es similar al de la OCDE.

La superficie soporte es la misma, la pista de ensayo. Los neumáticos son los mismos que en el ensayo OCDE, pero las presiones de inflado, no. En OCDE era 80 kPa en ambos ejes. En PowerMix, 1,2 bar en los ensayos que simulan campo y 1,6 bar en los de transporte.

A pesar de la influencia de la presión de inflado en el comportamiento del tractor, no es un parámetro que esté normalizado. En este caso el tractor se ensaya primero con 80 kPa en la DLG con el carro

PowerMix en las condiciones que establece el Código 2 y después, con el mismo carro y el mismo tractor y neumáticos, se cambia la presión para los ensayos PowerMix.

El boletín del ensayo de la DLG incluye los resultados del ensayo del motor según el Código OCDE y los ensayos PowerMix a la barra, pero no los de la OCDE a la barra.

PowerMix no proporciona la fuerza de tracción desarrollada, ni precisa si la velocidad es teórica o real, pero asumiendo que es real y de 7,5 km/h en el ensayo Z1P de tracción pesada, si se compara con el OCDE de potencia máxima a 7,55 km/h, resulta que en el ensayo OCDE la potencia máxima de tracción es de 235,7 kW con el motor a 1678 r/min, desarrollando una fuerza de tracción de con 112,24 kN. Resultaría lógico suponer que la potencia del ensayo PowerMix fuera superior, dado que pesa 19180 kg respecto a los 12780 del ensayo OCDE, pero no es así. En el PowerMix, los 19180 kg producen una potencia de 210 kW y, aunque no aparece el dato, con esa potencia y 7,5 km/h, la fuerza desarrollada será de 100,8 kN a 1333 r/min. El consumo específico PowerMix (244 g/kWh) es inferior al del ensayo OCDE (249 g/kWh), pero con mucha más masa.

Utilización de los datos de los ensayos para realizar una prueba en campo

Con los datos de los ensayos oficiales y PowerMix se plantea planificar una prueba en terreno agrícola en la que el tractor pudiera desarrollar la potencia máxima en tracción y la fuerza máxima de tiro, en unas velocidades establecidas y considerando como factor limitante no superar un deslizamiento de un 15%. A nivel general, hay que tomar una serie de decisiones:

- Seleccionar las velocidades objetivo de la prueba
- Seleccionar las variables que se van a medir
- Buscar el tractor/tractores que van a hacer de “carro dinamométrico” en campo
- Definir las condiciones del vehículo-freno

Es preferible no trabajar con aperos que se introduzcan en el suelo, porque el suelo es incontrolable, y muy variable, de manera que siempre quedará la duda de si las diferencias que se puedan producir en distintas pruebas son debidas a la variabilidad del terreno.

Se requiere:

- Una parcela llana. Con buena voluntad, siempre se encuentra
- Instrumentación de medida.
Los tractores llevan instrumentación electrónica a bordo que permite tomar una enorme cantidad de datos. Por tanto, lo mejor es ponerse en manos de los técnicos de la empresa y programar el ordenador de a bordo para registrar los parámetros que interesen
- Calibración del tractor y la instrumentación
Hay que comprobar que la instrumentación está calibrada para los neumáticos que lleva el tractor, es decir, que, UNA VEZ DEFINIDA LA CONDICIÓN DE REFERENCIA, EL DESLIZAMIENTO MEDIDO ES CERO en esa condición. Se recomienda hacer una comprobación de la velocidad real, mediante el expeditivo procedimiento de cronometrar el tiempo en recorrer una determinada distancia (dos árboles pueden valer, que son buena referencia) y calcular la velocidad.
- Marcación de la zona de pruebas.
Si se mide consumo, hay que dejar una zona de entrada de la calle de prueba, para poner en las condiciones establecidas el tractor de prueba y el vehículo-freno y hay que dejar otra zona a la salida para que salga del todo el vehículo-freno, a fin de que sean comparables los resultados.
- ***No se deben modificar las condiciones de funcionamiento del tractor*** una vez que se han establecido para la prueba.

El tractor debe responder solo, sin que el operador introduzca acciones que harían imposible la comparación.

- Diario de la prueba

Hay que anotar las características del tractor ensayado: peso, distribución, radios, presiones de inflado y todas las opciones que se ofrecen al conductor. Sobre el guion original, multitud de razones in situ lo modifican y llevar el diario permite resolver las dudas en la interpretación de los resultados. Una buena práctica es nombrar el ensayo de una manera muy detallista, en el que consten las condiciones, aunque salga un título largo, para reducir el riesgo del error.

Los datos y cálculos previos ayudan, pero a veces es necesario ir al campo y hacer unos ensayos previos para confirmar el planteamiento realizado, sobre todo en lo referente de las condiciones del tractor y el vehículo-freno. No hay que olvidar que en gabinete se están utilizando datos de ensayos en pista y la capacidad portante del suelo no es la misma, ni el peso y la presión de inflado.

Planteamiento de pruebas en campo del tractor Fendt 942 a partir de los datos del ensayo OCDE

Se utilizan los datos y cálculos del ensayo OCDE con los supuestos que se precisan para el cálculo, siendo i_t la relación de transmisión motor-ruedas traseras. En la tabla 47 están los resultados del ensayo de potencias máximas a distintas velocidades en el ensayo a la barra.

Tabla 47.- Ensayo a la barra de potencia máxima a distintas velocidades con estimación de la potencia del motor del tractor **FENDT 942 GEN6** Fuente OECD Test Report 2/3192

TRACTOR:	FENDT 942 GEN 6						Nº OCDE:	2/3 192		Dic 2011			
ENSAYO A LA BARRA													
<i>Datos del boletín de ensayos:</i>													
Pot Nom TDF (kW)	276,9	1700 r/min	NT	IF 900/60R42 190 D	pinf = 80 kPa								
Pot Max TDF (kW)	276,9	1700 r/min	NT	IF 900/60R42 190 D	pinf = 80 kPa								
Pot reg norm TDF (kW)	275	1606 r/min	ND	IF 710/60R34 164D	pinf = 80 kPa								
Dens. Combust (kg/L)	0,841			Peso P: 12780 kg	125,37 kN								
<i>Supuestos:</i>													
Radio neum Tras r (m)	0,944			Coef Resist Rodad k =	0,04								
Rend. Transmisión η_t	0,87			Resist Rodadura Rk =	5,01 kN								
Ensayo de Potencia máxima a distintas velocidades													
Valores medidos							Valores calculados						
Vel obj/marcha km/h	NB kW	Q kN	Vr km/h	n r/min	δ %	Cs _B g/kWh	Vt km/h	i _t	M Nm	N kW	Ch L/h	Cs g/kWh	
3,0	123,3	131,6	3,37	1791	12,5	557	3,9	165,5	896,0	168,0	81,7	408,7	
4,0	157,0	132,4	4,24	1749	13,1	514	4,9	127,6	1168,4	214,0	96,0	377,1	
5,0	193,1	132,2	5,26	1731	12,5	460	6,0	102,5	1453,1	263,4	105,6	337,2	
6,0	208,7	131,3	5,72	1698	13,8	421	6,6	91,1	1624,0	288,8	104,5	304,3	
7,5	235,4	112,2	7,55	1678	3,9	383	7,9	76,0	1673,8	294,1	107,2	306,5	
9,0	237,8	96,2	8,90	1679	2,7	362	9,1	65,3	1680,5	295,5	102,4	291,3	
11,0	238,7	77,5	11,09	1680	1,8	309	11,3	52,9	1691,2	297,5	87,7	247,9	
13,0	240,0	65,7	13,15	1681	1,7	284	13,4	44,7	1715,6	302,0	81,1	225,7	
15,0	241,1	58,0	14,98	1680	1,6	293	15,2	39,3	1740,2	306,1	84,0	230,7	
17,0	239,7	51,0	16,93	1687	1,5	292	17,2	34,9	1738,5	307,1	83,2	227,9	
19,0	239,4	45,6	18,89	1687	1,5	306	19,2	31,3	1755,0	310,0	87,1	236,3	
$V_t = \frac{V_r}{1 - \delta}$	$i_t = \frac{3,6 * 2 * \pi * n * r}{60 * V_t}$					$M = \frac{(Q + R_k) * 1000 * r}{\eta_t * i_t}$				$N = \frac{M * 2 * \pi * n}{60000}$			
						$C_h = \frac{C_{sB} * N_B}{\rho_c * 1000}$				$C_s = \frac{C_h * 1000 * \rho_c}{N}$			

La potencia máxima (Figura 45) a la barra se produce a unos 7,5 km/h, pero a partir de esa velocidad se mantiene casi constante hasta los 15 km/h, de manera que se puede ensayar a la máxima velocidad que permita el terreno para necesitar menos fuerza de tracción. La fuerza de tracción máxima la desarrolla a 4 km/h y luego disminuye rápidamente.

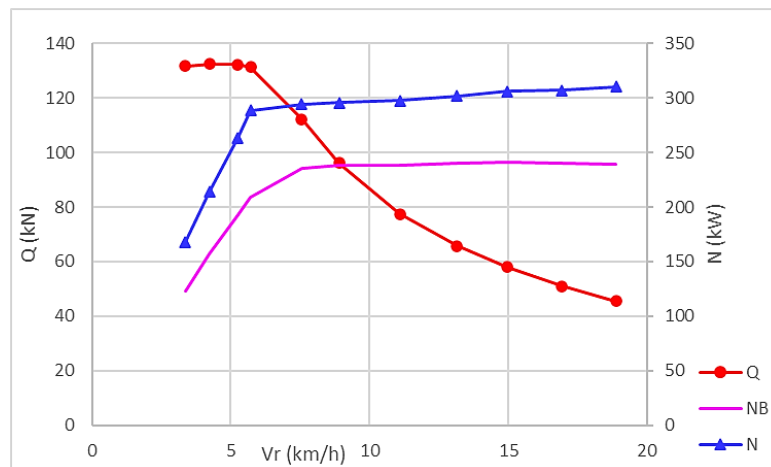


Figura 45.- Fuerza de tracción y potencia máxima a distintas velocidades en el intervalo 3-17 km/h.-

Los resultados sugieren ensayar por encima de los 9 km/h si se quiere obtener la potencia máxima, pero depende de la máxima fuerza de tracción que se puede conseguir con el vehículo-freno. Como procedimiento operativo se plantea, como ensayos previos (Figura 46) poner ambos tractores a 15 km/h e ir bajando la velocidad del tractor-freno lo que se pueda. Con ello se determinará la máxima fuerza de tracción que se puede lograr.

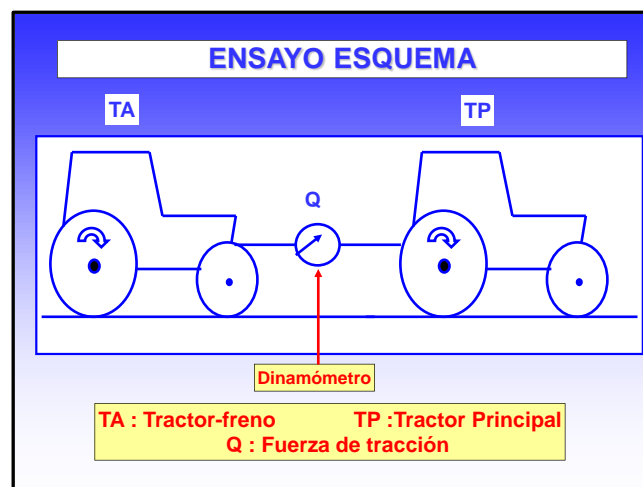


Figura 46.- Ensayo de campo del tractor **FENDT 942 GEN6**

Ensayo de estrategias de conducción

Para analizar consumo de combustible se van a considerar los datos de la tabla 48, correspondientes al ensayo a la barra de consumo de combustible y en la figura 47 se presentan los datos en el diagrama de cuadrantes. En la gráfica se utilizan valores del par del ensayo a la toma de fuerza, por lo que el punto rojo se sale de la curva. El motor tiene como potencia efectiva 305 kW (tabla 35) en lugar de los 277 del ensayo a la toma de fuerza. Estos valores sugieren seleccionar una velocidad de, al menos, 11 km/h, es decir, los puntos 2.2 y 2.4 de la tabla, que corresponden a un 60% de la potencia del motor en el ensayo a la barra y en los que se llegan a desarrollar 47 kN de fuerza de tracción.

Tabla 48.-Ensayo a la barra de consumo de combustible con estimación de la potencia del motor calculado a partir del ensayo OECD (Test Report 2/3192) del tractor FENDT 942 GEN6

TRACTOR:	FENDT 942 GEN 6		Nº OCDE:	2/3 192	Dic 2011									
ENSAYO A LA BARRA														
<i>Datos del boletín de ensayos:</i>														
Pot nominal TDF (	276,9	1700 r/min	NT	IF 900/60R42 190 D	pinf = 80 kPa									
Pot max TDF (kW)			ND	IF 710/60R34 164D	pinf = 80 kPa									
Pot reg norm TDF	275	1606 r/min	Peso P:	12870 kg	126,3 kN									
Dens. Combust (kg/L)	0,841													
<i>Supuestos:</i>														
Radio neum Tras	0,944	Coef Resist Rodad k =	0,04											
Rend. Transmisión	0,87	Resist Rodadura Rk =	5,05 kN											
Ensayo de consumo de combustible														
Valores medidos								Valores calculados						
Punto	Vel obj km/h	NB kW	Q kN	Vr km/h	n r/min	δ %	C _{SB} g/kWh	Vt km/h	Ft kN	i _t	M Nm	N kW	Ch L/h	Cs g/kWh
3.3.2.1	7,5	234,4	112,7	7,5	1678	3,9	250	7,8	117,7	76,6	1667,1	292,9	69,7	200,0
3.3.2.1.1	7,5	187,8	84,5	8,0	1744	2,3	253	8,2	89,5	75,8	1281,2	234,0	56,5	203,1
3.3.2.1.2	7,5	129,8	56,3	8,31	1765	1,2	272	8,4	61,3	74,7	890,9	164,7	42,0	214,4
3.3.2.1.3	9,0	188,6	84,4	8,04	1489	2,2	241	8,2	89,5	64,5	1506,3	234,9	54,1	193,5
3.3.2.1.4	9,0	129,1	56,2	8,26	1501	1,2	256	8,4	61,3	63,9	1040,5	163,6	39,3	202,1
3.3.2.2	9,0	237,7	95,1	8,99	1679	2,7	246	9,2	100,2	64,7	1681,0	295,6	69,5	197,8
3.3.2.2.1	9,0	187,6	71,4	9,47	1745	1,6	254	9,6	76,4	64,5	1284,9	234,8	56,7	202,9
3.3.2.2.2	9,0	129,4	47,5	9,81	1764	1	276	9,9	52,6	63,4	900,2	166,3	42,5	214,8
3.3.2.2.3	11,0	188,5	71,4	9,5	1436	1,8	238	9,7	76,5	52,8	1570,7	236,2	53,4	189,9
3.3.2.2.4	11,0	129,1	47,6	9,77	1449	1	253	9,9	52,6	52,3	1092,5	165,8	38,8	197,0
$V_t = \frac{V_r}{1 - \delta}$		$i_t = \frac{3,6 * 2 * \pi * n * r}{60 * V_t}$		$F_t = Q + R_k$		$M = \frac{F_t * 1000 * r}{\eta_t * i_t}$		$N = \frac{M * 2 * \pi * n}{60000}$		$C_h = \frac{C_{SB} * N_B}{\rho_c * 1000}$		$C_s = \frac{C_h * 1000 * \rho_c}{N}$		

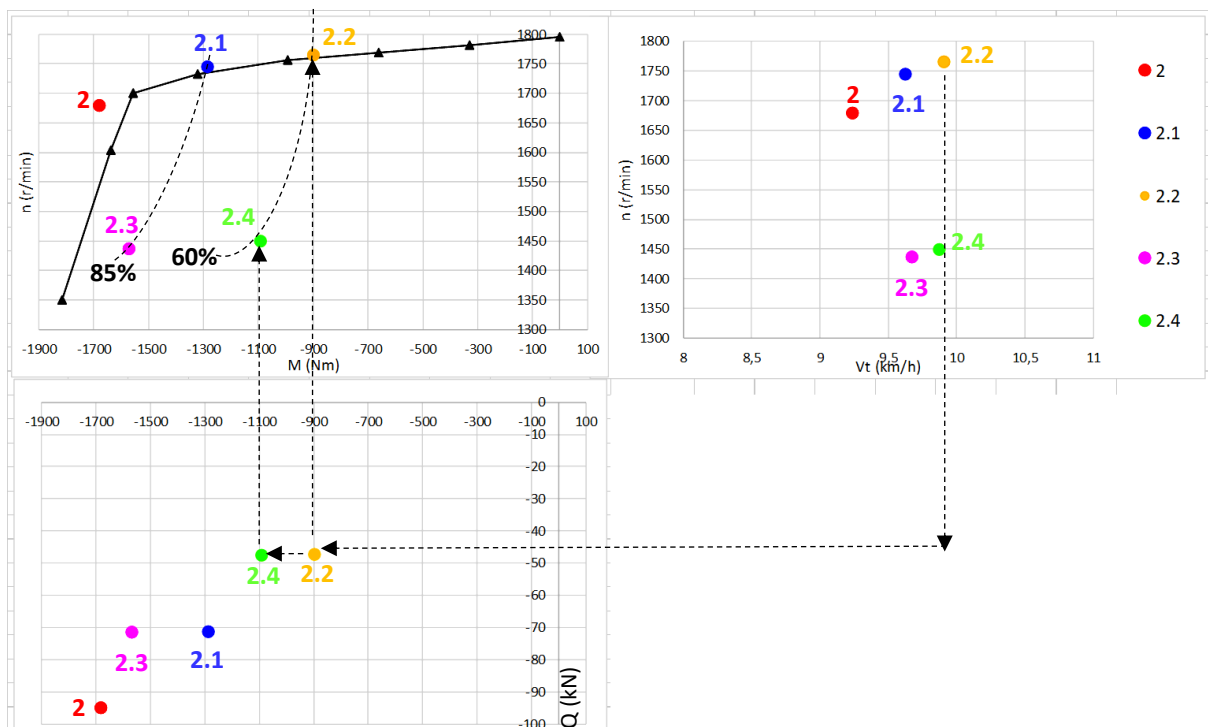


Figura 47.- Ensayo de consumo de combustible y estrategias de conducción.

Ensayo previo EN CAMPO con parámetros de cálculo para terreno agrícola

Para **estimar** la potencia desarrollada por el motor con mayor precisión, se modifican las hipótesis de cálculo utilizadas en el ensayo a la barra por unos parámetros más acordes con el trabajo de campo y se establecen los siguientes valores:

- Coeficiente de resistencia a la rodadura: 0,06
- Masa del tractor: 12780 kg (125,37 kN)
- Radio de la rueda trasera: 0,94 m
- Rendimiento en la transmisión: 0,87
- Deslizamiento: 5% para 47 kN y 6% para 71 kN

Para la masa del tractor se ha utilizado el peso del ensayo a la barra del Código OCDE, muy inferior a la del ensayo de la PowerMix, que para trabajos pesados de tracción llegaba a los 19095 kg, aunque en el ensayo en campo se comprobará la masa del tractor y el reparto entre los ejes.

Se seleccionan los puntos 2.2 y 2.4, situados en la curva de isopotencia del 60% de potencia nominal) y con una fuerza de tracción ambos de 47,5 kN, que se espera poder conseguir con el vehículo freno. Para desarrollar más potencia sin incrementar en exceso la fuerza de tracción -que hay que sospechar que será el limitante en el campo-se propone añadir otra pareja de puntos (denominados 2.5 y 2.6), seleccionados con el siguiente criterio: misma fuerza que 2.2 y 2.4, pero mayor velocidad para conseguir la misma potencia que 2.1 y 2.3. Es decir:

Punto 2.5:

- Misma fuerza que el 2.2 (47,5 kN)
- Misma potencia a la barra que el punto 2.1 (187,6 kW) con una potencia en el motor próxima al 85% de la potencia nominal del punto 2.1 (234,8 kW) en lugar del 60% del punto 2.2
Para definir el punto hay que conocer la velocidad y régimen del motor. Para una potencia a la barra de 187,6 kW y una fuerza de tracción de 47,5 kN la velocidad real de avance resulta:

$$187,6 \text{ kW} = \frac{47,5 \text{ kN} * V_r(\text{km/h})}{3,6} \Rightarrow V_r = 14,22 \text{ km/h}$$

Se supone un deslizamiento del 6% (en pista era del 1%, pero en campo se incrementa ese valor). De esta manera, la velocidad teórica, vale:

$$V_t = \frac{14,22}{1 - 0,06} = 15,0 \text{ km/h}$$

El régimen del motor no puede ser el del punto 2.1 (aumenta la potencia y se sale de la zona limitada por la línea del acelerador a tope), así que el régimen se reduce a 1700 r/min.

Punto 2.6:

- Misma fuerza que el punto 2.4 (47,6 kN)
- Misma potencia a la barra que el punto 2.3 (188,5 kW) con una potencia a la barra también próxima al 85% de la potencia nominal del punto 2.3 (234,8 kW) en lugar del 60% del punto 2.4
Para situar el punto hay que conocer la velocidad. Para una potencia a la barra de 188,5 kW y una fuerza de tracción de 47,6 kN la velocidad real de avance resulta:

$$188,5 \text{ kW} = \frac{47,6 \text{ kN} * V_r(\text{km/h})}{3,6} \Rightarrow V_r = 14,3 \text{ km/h}$$

Se supone un deslizamiento del 6% (en pista era del 1%, pero en campo se incrementa ese valor). De esta manera, la velocidad teórica, vale:

$$V_t = \frac{14,3}{1 - 0,06} = 15,1 \text{ km/h}$$

El régimen se mantiene el de los puntos 2.3 y 2.4 (de 1436 r/min).

En la tabla 49 y figura 48 se representan los puntos del ensayo OCDE de la serie 3.2 con los cálculos aplicados a los datos de campo y los dos puntos adicionales. En la tabla se han marcado en rojo los valores adoptados para la condición de trabajo en campo.

Tabla 49.- Puntos del ensayo de combustible y puntos adicionales en el ensayo de campo

TRACTOR:		FENDT 942 GEN 6										
ENSAYO DE TRACCIÓN EN CAMPO						Basado en ensayo OCDE N° 2/3 192					Dic 2011	
<i>Datos del boletín de ensayos:</i>												
Pot nominal TDF (	276,9	1700	r/min	NT	IF 900/60R42	190	D	pinf =	80	kPa		
Pot max TDF (kW)				ND	IF 710/60R34	164	D	pinf =	80	kPa		
Pot reg norm TDF	275	1606	r/min	Peso P:	12870	kg	126,255	kN				
Dens. Combust (kg/L)	0,841											
<i>Supuestos:</i>												
Radio neum Tras	0,944	Coef Resist Rodad k =	0,06									
Rend. Transmisión	0,87	Resist Rodadura Rk =	7,58	kN								
Ensayo de consumo de combustible												
Valores medibles							Valores calculados					
Punto	NB kW	Q kN	Vr km/h	n r/min	δ %	C _{SB} g/kWh	Vt km/h	i _t	M Nm	N kW	Ch L/h	C _s g/kWh
3.3.2.2.1	187,6	71,4	9,47	1745	6		10,1	61,6	1389,5	253,9	0,0	0,0
3.3.2.2.2	129,4	47,5	9,81	1764	5		10,3	60,8	983,2	181,6	0,0	0,0
3.3.2.2.3	188,5	71,4	9,5	1436	6		10,1	50,6	1695,1	254,9	0,0	0,0
3.3.2.2.4	129,1	47,6	9,77	1449	5		10,3	50,1	1193,1	181,0	0,0	0,0
2.5	187,6	47,5	14,22	1700	5		15,0	40,4	1478,8	263,3	0,0	0,0
2.6	188,5	47,6	14,3	1436	5		15,1	34,0	1762,1	265,0	0,0	0,0
$V_t = \frac{V_r}{1 - \delta} \quad i_t = \frac{3,6 * 2 * \pi * n * r}{60 * V_t}$							$M = \frac{(Q + R_k) * 1000 * r}{\eta_t * i_t}$			$N = \frac{M * 2 * \pi * n}{60000}$		
$C_h = \frac{C_{SB} * N_B}{\rho_c * 1000}$						$C_s = \frac{C_h * 1000 * \rho_c}{N}$						

La comparación de los puntos 2.3 y 2.6 muestra que el punto 2.3 tiene los datos del ensayo OCDE (tabla 48) excepto el deslizamiento que se ha supuesto de un 5% para los 47,5 kN de fuerza de tracción. El punto 2.6 tiene la misma potencia a la barra, pero desarrolla menos fuerza de tracción que el 2.3 (71,4 kN) y precisa más potencia del motor. Con igual potencia a la barra y menor fuerza de tracción, la velocidad real es mayor en 2.6. y el par motor superior que el del punto 2.3. Con 47,6 kN se requiere más par motor que con 71,42kN, pero la multiplicación del par motor es de 34 en el punto 2.6 y de 50,1 en el 2.3.

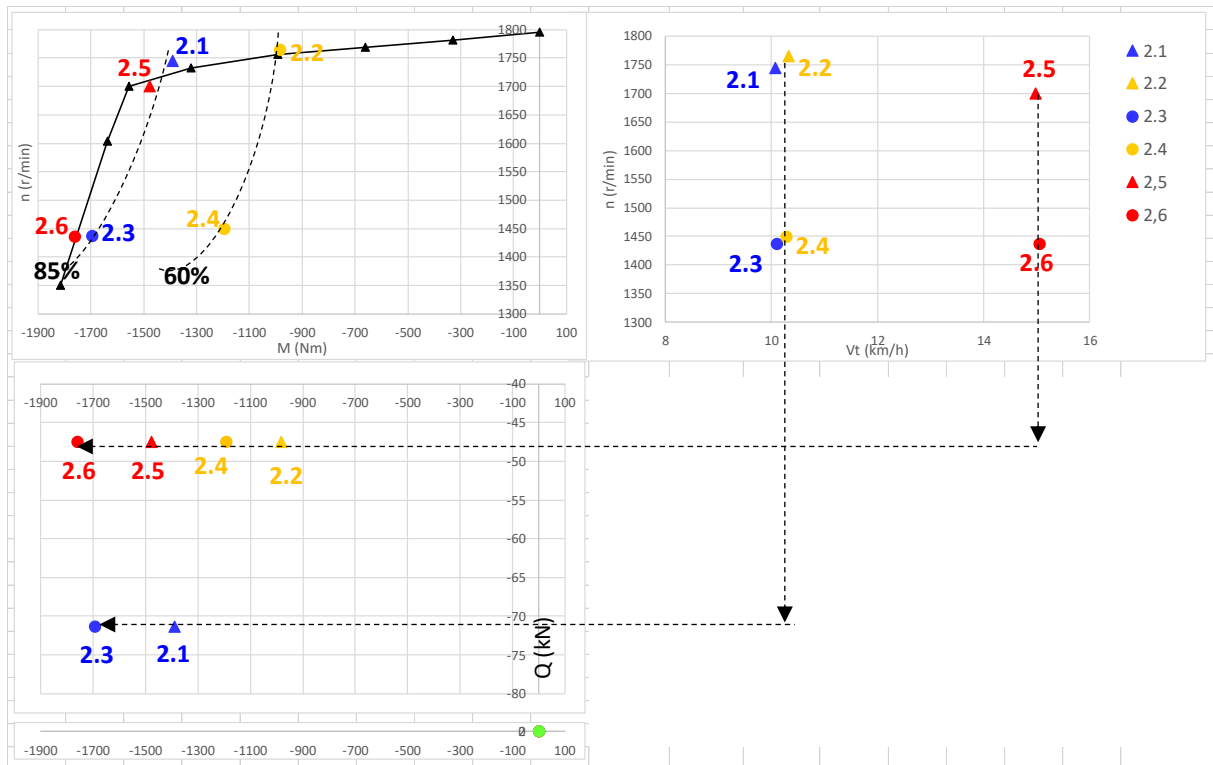


Figura 48.- Puntos con datos del ensayo OCDE adaptados a condiciones de campo

La secuencia de cálculos para el punto 2.6 es la siguiente (Figura 49):

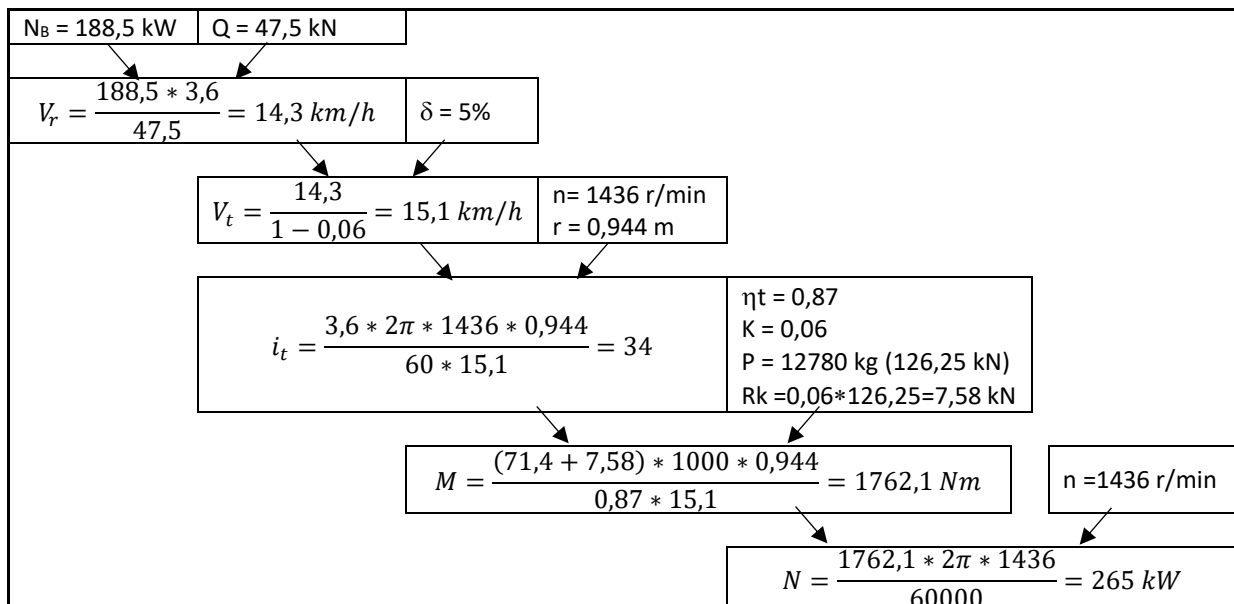


Figura 49.- Secuencia de cálculo del punto 2.6

La figura 48 pone en evidencia que los puntos 2.5 y 2.6 están situados en zonas potencialmente inestables, por lo que se van a ajustar los parámetros de campo. La potencia y el par motor estimados para los puntos 2.1 a 2.4 son mayores que los del ensayo OCDE (tabla 48) debido a las pérdidas por rodadura y deslizamiento calculadas con los parámetros establecidos para las condiciones de campo.

Parámetros suelo-vehículo

Se utilizan los siguientes valores para la resistencia a la rodadura (tabla 50) y deslizamiento (figura 50)

Tabla 50.- Valores del coeficiente de resistencia a la rodadura

Coeficiente de resistencia a la rodadura k	Suelo	k
	Pista hormigón	0,02-0.04
	Camino tierra	0,04-0,05
	Suelo seco	0,06-0.08
	Suelo húmedo	0,08-0,1
	Suelo limoso húmedo	0,1-0,2

Las curvas de la figura 50 son del CNEEMA (Centre National d'Etudes et d'Experimentation du Machinisme Agricole. Tracteurs et machines agricoles. Livre du maître Tome 1: Les moteurs. Les tracteurs agricoles: technologie, fonctionnement et entretien. 1960) y proporcionan el deslizamiento en función de la fuerza de tracción expresada en porcentaje del peso del tractor.

Se selecciona la curva 1, correspondiente a suelo agrícola de consistencia media-firme. La 2 es para suelo muy blando.

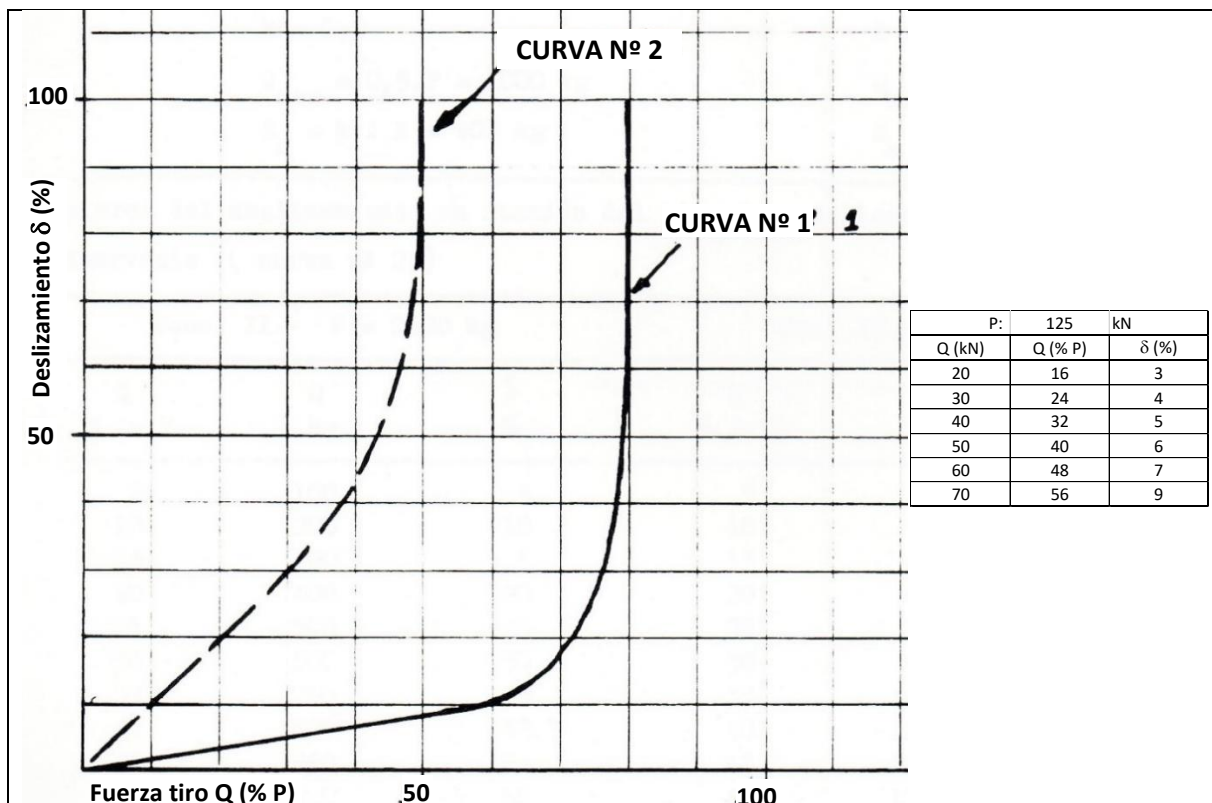


Figura 50.- Curvas deslizamiento-fuerza de tracción. Fuente: CNEEMA, 1960

En el caso estudiado, se considera un coeficiente de resistencia a la rodadura de 0,08 y para el deslizamiento, 10% para 71,4 kN y 7% para 47,5 kN

En estas condiciones, la tabla 51 presenta los valores obtenidos, que se representan en la figura 51.

Tabla 51.-Condiciones de funcionamiento en campo con variación de los parámetros suelo-vehículo

TRACTOR:		FENDT 942 GEN 6										
ENSAYO DE TRACCIÓN EN CAMPO					Basado en ensayo OCDE N° 2/3 192					Dic 2011		
<i>Datos del boletín de ensayos:</i>												
Pot nominal TDF (k 276,9 1700 r/min			NT		IF 900/60R42 190 D			pinf = 80 kPa				
Pot max TDF (kW)			ND		IF 710/60R34 164D			pinf = 80 kPa				
Pot reg norm TDF (275 1606 r/min			Peso P: 12870 kg		126,25 kN							
Dens. Combust (kg/L) 0,841												
<i>Supuestos:</i>												
Radio neum Tras r 0,944			Coef Resist Rodad k = 0,08									
Rend. Transmisión 0,87			Resist Rodadura Rk = 10,10 kN									
Ensayo de consumo de combustible												
Valores medibles							Valores calculados					
Punto	NB kW	Q kN	Vr km/h	n r/min	δ %	Cs _B g/kWh	Vt km/h	i _t	M Nn	N kW	Ch L/h	Cs g/kWh
3.3.2.2.1	187,6	71,4	9,47	1745	10		10,5	59,0	1497,6	273,7	0,0	0,0
3.3.2.2.2	129,4	47,5	9,81	1764	7		10,5	59,5	1050,4	194,0	0,0	0,0
3.3.2.2.3	188,5	71,4	9,50	1436	10		10,6	48,4	1827,0	274,7	0,0	0,0
3.3.2.2.4	129,1	47,6	9,77	1449	7		10,5	49,1	1274,6	193,4	0,0	0,0
2.5	187,6	47,5	14,22	1700	7		15,3	39,6	1579,9	281,3	0,0	0,0
2.6	188,5	47,6	14,3	1449	7		15,4	33,5	1865,6	283,1	0,0	0,0
$V_t = \frac{V_r}{1 - \delta} \quad i_t = \frac{3,6 * 2 * \pi * n * r}{60 * V_t}$							$M = \frac{(Q + R_k) * 1000 * r}{\eta_t * i_t}$			$N = \frac{M * 2 * \pi * n}{60000}$		
$C_h = \frac{C_{sB} * N_B}{\rho_c * 1000}$							$C_s = \frac{C_h * 1000 * \rho_c}{N}$					

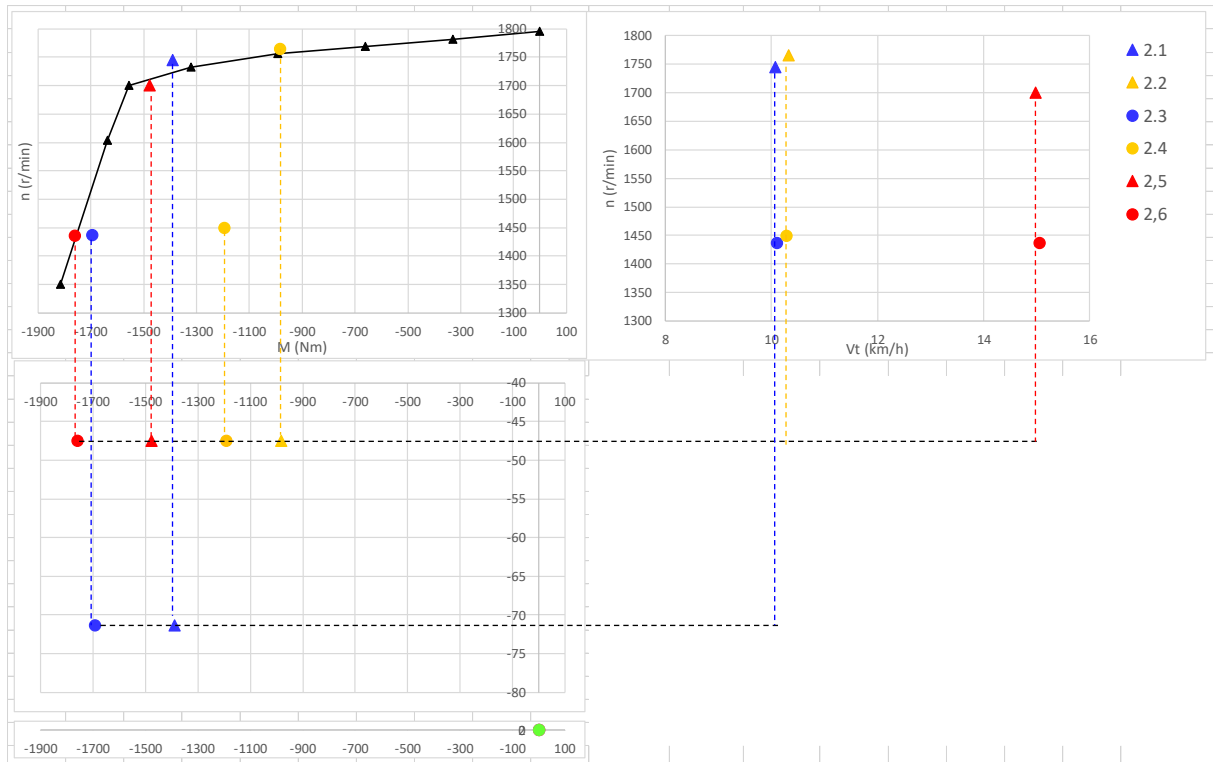


Figura 51.- Diagrama de 3 cuadrantes de los puntos en condiciones de campo modificadas

Análisis de condiciones de utilización del 80% de la potencia del motor en campo

Las condiciones de campo hacen que aumente la potencia y el par requerido, con los puntos fuera de la curva debido a que la curva emplea los datos del ensayo del motor en la toma de fuerza y las potencias calculadas en la tabla 51 son potencias efectivas del motor. El ensayo en estas condiciones sería muy problemático. Se analiza desarrollar el 80% de la potencia nominal en el intervalo de velocidad teórica de 12-16 km/h (Tabla 52 y gráfica 52). Se eligen dos valores del régimen del motor, 1700 y 1400 r/min y tres valores de velocidad teóricas, 16, 14 y 12 km/h, lo que supone desarrollar 33, 39,5 y 47,5 kN. Por aproximaciones sucesivas con el deslizamiento y la fuerza de tracción se llega al resumen de la tabla 53.

Tabla 52.- Condiciones para trabajar al 80% de la potencia nominal en el intervalo de 12-16 km/h

TRACTOR: FENDT 942 GEN 6		ENSAYO DE TRACCIÓN EN CAMPO. 80% POTENCIA NOMINAL			
<i>Datos del boletín de ensayos:</i>					
Pot nominal TDF (k	276,9	1700 r/min	NT	IF 900/60R42 190 D	pinf = 80 kPa
Pot max TDF (kW)			ND	IF 710/60R34 164D	pinf = 80 kPa
Pot reg norm TDF (	275	1606 r/min	Peso P:	12870 kg	126,25 kN
Dens. Combust (kg/L)	0,841				

<i>Supuestos:</i>	
Radio neum Tras r	0,944 Coef Resist Rodad k = 0,08
Rend. Transmisión	0,87 Resist Rodadura Rk = 10,10 kN

Condiciones del ensayo					Valores calculados			
N	n	Vt	δ		M	Vr	it	Q
%Nn	kW	r/min	km/h	(%)	Nm	km/h		kN
80	221,5	1750	16	6	1209	15,04	38,92	33,3
80	221,5	1700	16	6	1244	15,04	37,81	33,3
80	221,5	1650	16	6	1282	15,04	36,70	33,3
80	221,5	1600	16	6	1322	15,04	35,59	33,3
80	221,5	1550	16	6	1365	15,04	34,48	33,3
80	221,5	1500	16	6	1410	15,04	33,36	33,3
80	221,5	1450	16	6	1459	15,04	32,25	33,3
80	221,5	1400	16	6	1511	15,04	31,14	33,3
80	221,5	1350	16	6	1567	15,04	30,03	33,3
80	221,5	1750	14	7	1209	13,02	44,48	39,5
80	221,5	1700	14	7	1244	13,02	43,21	39,5
80	221,5	1650	14	7	1282	13,02	41,94	39,5
80	221,5	1600	14	7	1322	13,02	40,67	39,5
80	221,5	1550	14	7	1365	13,02	39,40	39,5
80	221,5	1500	14	7	1410	13,02	38,13	39,5
80	221,5	1450	14	7	1459	13,02	36,86	39,5
80	221,5	1400	14	7	1511	13,02	35,59	39,5
80	221,5	1350	14	7	1567	13,02	34,32	39,5
80	221,5	1750	12	8	1209	11,04	51,90	47,7
80	221,5	1700	12	8	1244	11,04	50,42	47,7
80	221,5	1650	12	8	1282	11,04	48,93	47,7
80	221,5	1600	12	8	1322	11,04	47,45	47,7
80	221,5	1550	12	8	1365	11,04	45,97	47,7
80	221,5	1500	12	8	1410	11,04	44,48	47,7
80	221,5	1450	12	8	1459	11,04	43,00	47,7
80	221,5	1400	12	8	1511	11,04	41,52	47,7
80	221,5	1350	12	8	1567	11,04	40,04	47,7

$$M = \frac{N * 60000}{2 * \pi * n} \quad V_r = V_t (1 - \delta) \quad i_t = \frac{3,6 * 2 * \pi * n * r}{60 * V_t} \quad Q = \frac{M * \eta_t * i_t}{1000 * r} - k * P$$

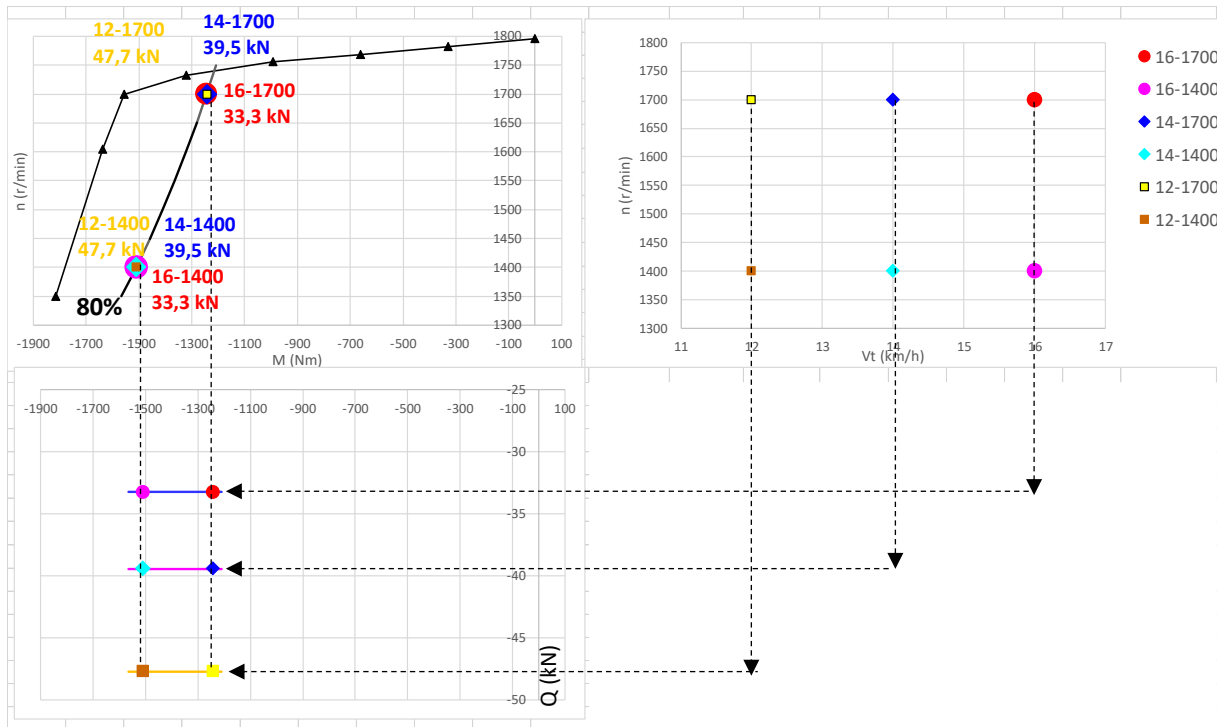


Figura 52.- Gráfica de opciones para el 80% de la potencia nominal en el intervalo 12-16 km/h de velocidad teórica con régimen de 1700 y 1400 r/min

Tabla 53.- Condiciones de los ensayos para desarrollar el 80% de la potencia en campo

Punto	Condiciones del ensayo					Valores calculados			
	N	n	Vt	δ	M	Vr	i_t	Q	
	%Nn	kW	r/min	km/h	(%)	Nn	km/h	kN	
16-1700	80	221,5	1700	16	6	1244	15,04	37,81	33,3
16-1400	80	221,5	1400	16	6	1511	15,04	31,14	33,3
14-1700	80	221,5	1700	14	7	1244	13,02	43,21	39,5
14-1400	80	221,5	1400	14	7	1511	13,02	35,59	39,5
12-1700	80	221,5	1700	12	8	1244	11,04	50,42	47,7
12-1400	80	221,5	1400	12	8	1511	11,04	41,52	47,7

$$M = \frac{N * 60000}{2 * \pi * n} \quad V_r = V_t(1 - \delta) \quad i_t = \frac{3,6 * 2 * \pi * n * r}{60 * V_t} \quad Q = \frac{M * \eta_t * i_t}{1000 * r} - k * P$$

RESUMEN

Al terminar el estudio descriptivo de los ensayos oficiales y Power-Mix de los tractores agrícolas procede volver al punto de partida. ¿Qué aplicaciones se puede dar a tan valiosa información? Ambos ensayos sirven para comparar modelos de tractores, puesto que siempre se ensayan en las mismas condiciones (pasaremos por alto el tema de las presiones de inflado) y para los técnicos del sector es una información de primera clase. Luego está el trabajo de campo: ambos sirven también, aunque los ensayos OCDE proporcionan la información de la fuerza de tracción desarrollada, que sirve como orientación de aperos agrícolas y la Power-Mix refiere a ensayos de campo que asimilan a aperos agrícolas, aunque no se sabe en concreto la aplicación de los ciclos a tractores de distinta potencia y, consiguientemente, aperos de diferente capacidad. Se puede (o se debe) suponer que la biblioteca de

ciclos que han elaborado esté compartimentada en diferentes sectores de potencia y que las máquinas sean las adecuadas para esos tractores.

La confianza en la capacidad técnica de la DLG es absoluta, pero sería interesante conocer con precisión las condiciones de los ensayos. Se ha aplicado con estos ensayos el sistema que tan buen resultado ha dado en Estados Unidos al desarrollar un procedimiento para facilitar el cambio de neumáticos en tractores de doble tracción: el Índice de la Circunferencia de Rodadura. Se le asigna un número al neumático que permite cambiarlo por cualquier otro que tenga el mismo número. Es muy práctico y la mayoría de los usuarios lo utiliza sin conocer a fondo la teoría del procedimiento que aplica, pero en una norma SAE (Sociedad de Ingenieros Americana) está explicada la teoría en la que se basa y con la que se puede enseñar, asesorar y usar.

Para planificar pruebas de campo ante agricultores, técnicos o clientes a los que hay que responder a ciertas cuestiones, sin duda el ensayo OCDE es el adecuado. Para ello hay que saber interpretarlo, pero., con las ideas claras, es una maravilla de información. Sólo queda pasar de la teoría a la práctica y adaptar el proyecto a las condiciones de las que se dispone. Pero se lleva un proyecto. Modificable, pero claro y concreto.

Los ejemplos que se han presentado justifican la preparación de una metodología de pruebas de campo, que se va a presentar resumida como un anexo al trabajo realizado, que siempre queda como documento de consulta ante posibles dudas que puedan surgir al aplicar la metodología.

Comprende una serie de tablas cuya información se obtiene de los ensayos OCDE y que se emplean en los cálculos que se requieren. Se incluyen las tablas en blanco y para facilitar la comprensión, se rellenan con los datos del ensayo del tractor FENDT 942 GEN6 que se ha utilizado con detalle.

Vaya un apunte personal: Cuando iniciaba mi andadura en el campo de los tractores agrícolas hubo que hacer un ensayo con una empresa (John Deere, en este caso). Los técnicos de la empresa, con una gran experiencia, estaban tranquilos ante la tarea a realizar y me dijeron algo que nunca olvidé: *“cuando vamos a hacer un ensayo ante personal exterior, sabemos exactamente lo que va a dar, porque antes hemos hecho ensayos previos, analizados los resultados y ajustado las condiciones; luego repetimos en esas condiciones antes de hacer las pruebas definitivas con público”*. Aprovecho para agradecer a José Flores, Gregorio Campos y Antonio Puerta lo mucho que aprendí de ellos.

Luego los datos proporcionan la información definitiva. Y queda la apasionante tarea de interpretar los resultados obtenidos y comparar con las previsiones que se llevaba en el zurrón.

Ojalá sea posible llevar a cabo un ensayo de campo con un tractor así...

Bibliografía

- **OECD (2019)**. OECD Guidelines on Code 2.- OECD Tractor Test Code. 60th anniversary of the OECD Tractor Codes (1959-2019). www.oecd.org/agriculture/tractors
- **OECD (2021)**. OECD STANDARD CODES FOR THE OFFICIAL TESTING OF AGRICULTURAL AND FORESTRY TRACTORS. General Texts. Organisation for Economic Co-operation and Development
- PARIS – February 2021. Sugerencia. www.oecd.org/agriculture/tractors/codes/01-oecd-tractor-codes-general-texts.pdf
- **Grisso, R (2020)** [Using Tractor Test Data for Selecting Farm Tractors](#). Virginia Cooperative Extension. Virginia University. Publication 442-072

- **Kocher, M; Smith, B; Hoy, R; Wolstadt, J; Pitla, S.2017.** Fuel Consumption Models for Tractor Test Reports. [Transactions of the ASABE \(American Society of Agricultural and Biological Engineers\)](#) 60(3):693-701
- <https://www.dlg.org/en/agriculture/tests/information-for-manufacturers/tractors-machines-utility-vehicles-tests-and-services/tests-to-oecd-tractor-codes>
- **Pieke, C; Stark, W. 2016.** “Vehicle in the Loop” Test Methodology for Tractor Efficiency Optimization. John Deere. “Apply & Innovate 2016” IPG Technology Conference Karlsruhe
- **DLG PowerMix.** Basic Cicles
- **Linares, P. 2019.** Gestión conjunta motor-transmisión en tractores con cambio escalonado II. Aplicación de la estrategia CARABA-SUTB. Interempresas. Agricultura nº 166 Mayo.
- **Linares, P. 2019.** Gestión conjunta motor-transmisión en tractores con cambio escalonado: Estrategia CARABA-SUTB. Interempresas. Agricultura nº 164. Febrero
- **Farias, M. 2016.** Economía de combustivel de tractores agrícolas utilizando diferentes transmissões e estrategia de conduçao. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciencias Rurais
- **Howard, C.N.; Kocher, M.F.; Hoy, R.M. 2013.** TESTING THE FUEL EFFICIENCY OF TRACTORS WITH CONTINUOUSLY VARIABLE AND STANDARD GEARED TRANSMISSIONS. Transactions of the ASABE. Vol. 56(3): 869-879
- **Howard, C. N. 2010.** Testing fuel efficiency of tractors with both continuously variable and standard geared transmissions. Unpublished MS thesis. Lincoln, Neb.: University of Nebraska. Available at: <http://digitalcommons.unl.edu/biosysengdiss/10/>. Accessed on 17 June 2011
- **Profi.** Prueba técnica. Fendt 942. 680521-profi-1020-fendt-942-vario-es. Revista profi 10/2020
- **CNEEMA, 1960.** Tracteurs et machines agricoles. Livre du maître Tome 1: Les moteurs. Les tracteurs agricoles: technologie, fonctionnement et entretien. Centre National d’Études et d’Experimentation du Machinisme Agricole.Antony. Paris
- **Linares, P; Catalán, H; Méndez, V. 2006.** Teoría de la Tracción de tractores agrícolas Publicaciones de la ETSIA. UPM. Madrid
- **Linares, P; Jevenois, J. 1992.** El tractor y el terreno, una armonía difícil. Ed Agrícola Española. Madrid

ANEXO.- PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE ENSAYO EN CAMPO

1.- Datos de partida (del ensayo OCDE)

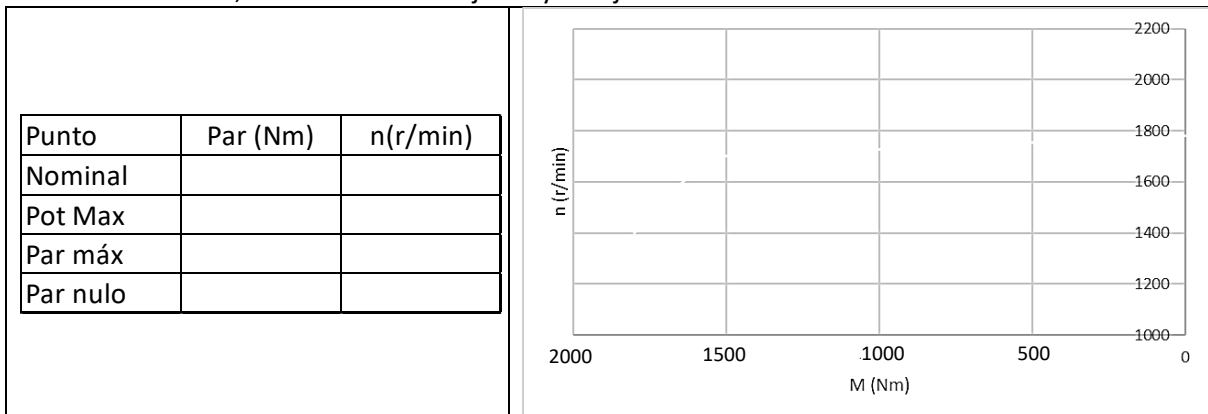
Rellenar las celdas en blanco. Automáticamente se calculará el par en los puntos de potencia máxima y nominal, así como la potencia a par máximo y la masa en kN. En caso de no utilizar hoja de cálculo, calcular con las fórmulas de la parte inferior.

TRACTOR:		Nº OCDE:				
MOTOR	Punto	Pot (kW)	Reg (r/min)	Par (Nm)		
	Potencia nominal a la TDF			#¡DIV/0!		
	Potencia Maxima a la TDF			#¡DIV/0!		
	Par Maximo eq (a la TDF)	0,0				
	Par nulo (rég máximo)	0,0		0,0		
Condiciones	Masa		kg	0	kN	
	Neum Tr			Radio (n)		
				pres.Infl		
BARRA	Potencia Barra Máxima a distintas marchas/velocidades		Vel/marcha	NB (kW)	Q (kN)	n (r/min)
	Fuerza tracción Maxima		Q max (kN)	NB (kW)	Vr (km/h)	n (r/min)
	Ensayo Consumo Combustib	Puntos 3.3.2	Vr /km/h	NB (kW)	Q (kN)	n (r/min)
		2				
		2.1				
2.2						
2.4						

$$P (kN) = \frac{P \text{ kg} * 9,810}{1000} \quad M = \frac{N * 60000}{2 * \pi * n} \quad N = \frac{M * 2 * \pi * n}{60000}$$

Curva M-n

De la tabla anterior, rellenar la tabla adjunta y dibujar la curva



2.- Datos para estimar la potencia y el par motor

Rendimiento de la transmisión η_t	0,85-0,9	
Coefficiente de resistencia a la rodadura k	Suelo	k
	Pista hormigón	0,02-0,04
	Camino tierra	0,04-0,05
	Suelo seco	0,06-0,08
	Suelo húmedo	0,08-0,1
	Suelo limoso húmedo	0,1-0,2

- **Deslizamiento**

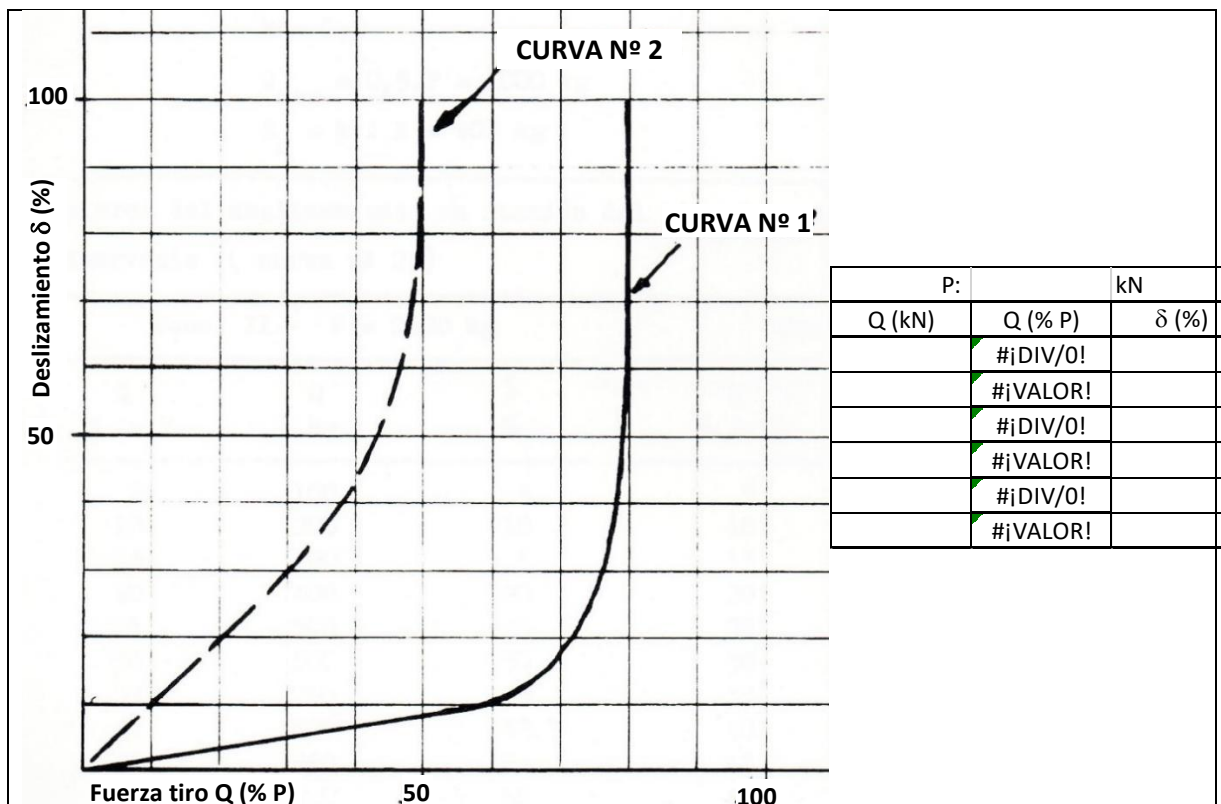
Se utilizan las curvas del CNEEMA (Centre National d'Etudes et d'Experimentation du Machinisme Agricole. Tracteurs et machines agricoles. Livre du maître Tome 1: Les moteurs. Les tracteurs agricoles : technologie, fonctionnement et entretien . 1960) que proporciona el deslizamiento en función de la fuerza de tracción expresada en porcentaje del peso del tractor.

Se selecciona la curva 1, correspondiente a suelo agrícola de consistencia media-firme. La 2 es para suelo muy blando.

Anotar el peso del tractor.

Seleccionar los valores de fuerza de tracción del ensayo a la barra

Rellenar la tabla con los valores del deslizamiento obtenidos de la curva



3.- Puntos del ensayo a la barra con datos de campo

Rellenar la tabla con los puntos del ensayo OCDE a la barra de consumo de combustible (puntos 2.1 a 2.4) con los puntos añadidos 2.5 y 2.6, definidos por :

Punto	NB (kW)	Q (kN)	Velocidad
2.5	= a 2.1	= a 2.2	3,6 * NB/Q
2.6	= a 2.3	= a 2.4	3,6 * NB/Q

	Punto	DEL ENSAYO OCDE				SUPUESTOS/CALCULADOS					
		NB (kW)	Q (kN)	Vr (km/h)	n (r/min)	δ (%)	Vt (km/h)	it	M (Nm)	N (kW)	N (%Nn)
Pot de 2.1	2.1						0	####	#jDIV/0!	#####	#jDIV/0!
Tiro de 2.2	2.2						0	####	#jDIV/0!	#####	#jDIV/0!
	2.3						0	####	#jDIV/0!	#####	#jDIV/0!
	2.4						0	####	#jDIV/0!	#####	#jDIV/0!
	2.5						0	####	#jDIV/0!	#####	#jDIV/0!
	2.6						0	####	#jDIV/0!	#####	#jDIV/0!
	$\eta_t =$		Peso P =		kN		Potencia nominal Nn =				kW
	k =	Rk = k * P	radio r =		m						
	$V_t = \frac{V_r}{1 - \delta}$	$i_t = \frac{3,6 * 2 * \pi * n * r}{60 * V_t}$		$R_k = k * P$		$M = \frac{(Q + R_k) * 1000 * r}{\eta_t * i_t}$		$N = \frac{M * 2 * \pi * n}{60000}$			

Dibujar los puntos en la curva M-n

4.- Puntos para desarrollar el 80% de la potencia nominal en campo

Se selecciona la velocidad considerada adecuada para desarrollar el 80% de la potencia nominal con una fuerza de tracción en el intervalo 30-40 kN (que se supone se podrá desarrollar en campo) y se definen los puntos que cumplen las siguientes condiciones:

Potencia	Régimen	Velocidad
80% Nn	Nominal nn Régimen de par máximo nm	V1: velocidad inferior a V2 V2: la de los puntos 2.5 y 2.6 V3: velocidad superior a V2

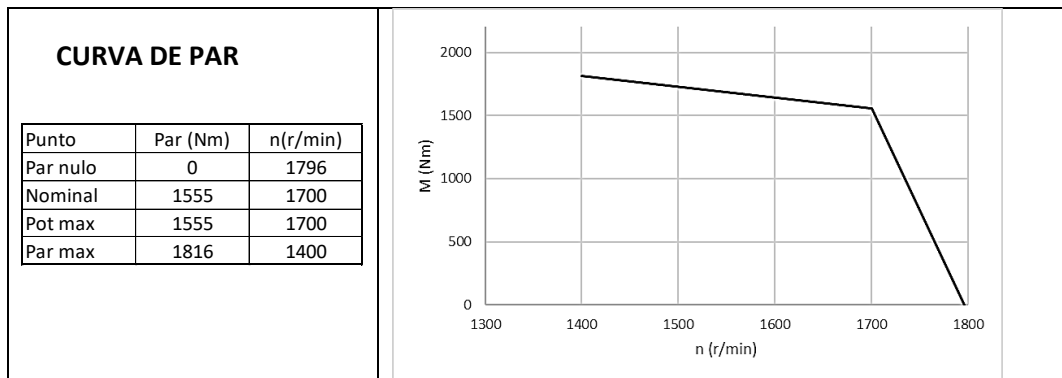
Se estima el deslizamiento y se rellena la tabla:

Valores conocidos o estimados				Valores calculados				
N	Vt	δ	n	M	Vr	it	Q	Punto
% Nn	kW	km/h	r/min	Nm	km/h		kN	
		V1	nn				Q1	V1-nn
		V1	nm				Q1	V1-nm
80		V2	nn				Q2	V2-nn
		V2	nm				Q2	V2-nm
		V3	nn				Q3	V3-nn
		V3	nm				Q3	V3-nm
Nn =	kW	nn =	r/min	k =			$\eta_t =$	
r =	m	nm =	r/min	P =			kN	
$M = \frac{N * 60000}{2 * \pi * n}$	$V_r = V_t(1 - \delta)$		$i_t = \frac{3,6 * 2 * \pi * n * r}{60 * V_t}$				$Q = \frac{M * \eta_t * i_t}{1000 * r} - k * P$	

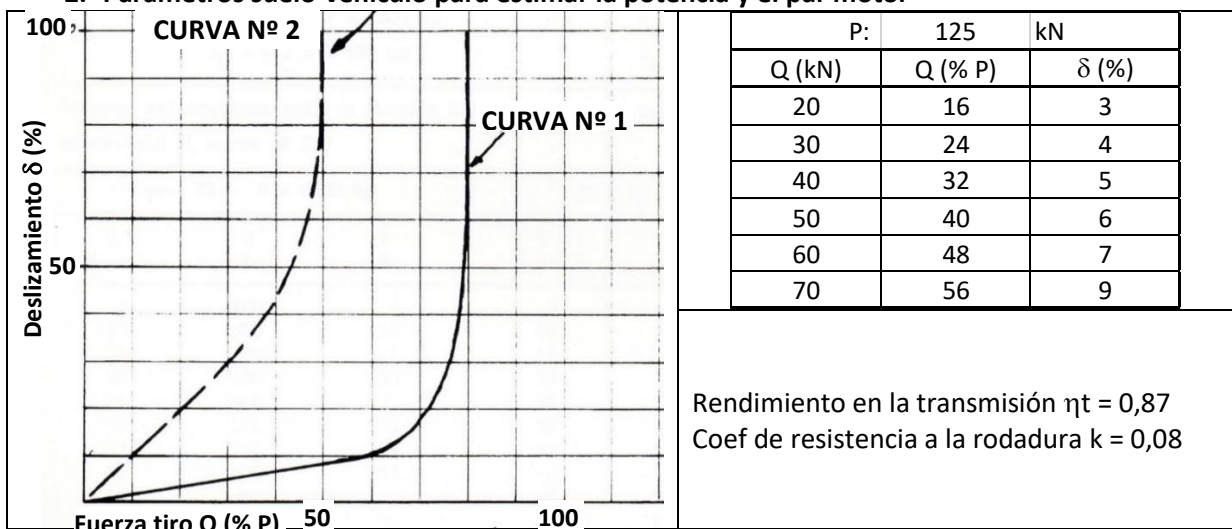
EJEMPLO: TRACTOR FENDT 942 GEN6

1.- Datos de partida del ensayo OCDE del tractor FENDT 942 GEN6

TRACTOR:	FENDT 942 GEN6		Nº OCDE:	2/3192			
MOTOR	Punto		Pot (kW)	Reg (r/min)	Par (Nm)		
	Potencia nominal a la TD		276,9	1700	1555,4		
	Potencia Maxima a la TD		276,9	1700	1555,4		
	Par Maximo eq (a la TDF)		266,2	1400	1816,0		
	Par nulo (rég máximo)		0,0	1796	0,0		
Condiciones	Masa	12780	kg	125	kN		
	Neum Tr	I900/60R42 190D		Radio (m)	0,944		
				pres.Infl	80 kPa		
BARRA	Potencia Barra Máxima a distintas marchas/velocidades		Vel/marcha	NB (kW)	Q (kN)	n (r/min)	
			6,0	208,7	131,3	1698	
			7,5	235,4	112,2	1678	
			9,0	237,8	96,2	1679	
			11,0	238,7	77,5	1680	
			13,0	240,0	65,7	1681	
			15,0	241,1	58,0	1680	
	Fuerza tracción Maxima		Q max (kN)	NB (kW)	Vr (km/h)	n (r/min)	
			132,35	157	4,24	1749	
	Ensayo Consumo Combustib		Puntos 3.3.2	Vr /km/h)	NB (kW)	Q (kN)	n (r/min)
			2	9,0	237,7	95,1	1679
			2.1	9,5	187,6	71,4	1745
			2.2	9,8	129,4	47,5	1764
2.3			9,5	188,5	71,4	1436	
	2.4	9,8	129,1	47,6	1449		



2.- Parámetros suelo-vehículo para estimar la potencia y el par motor

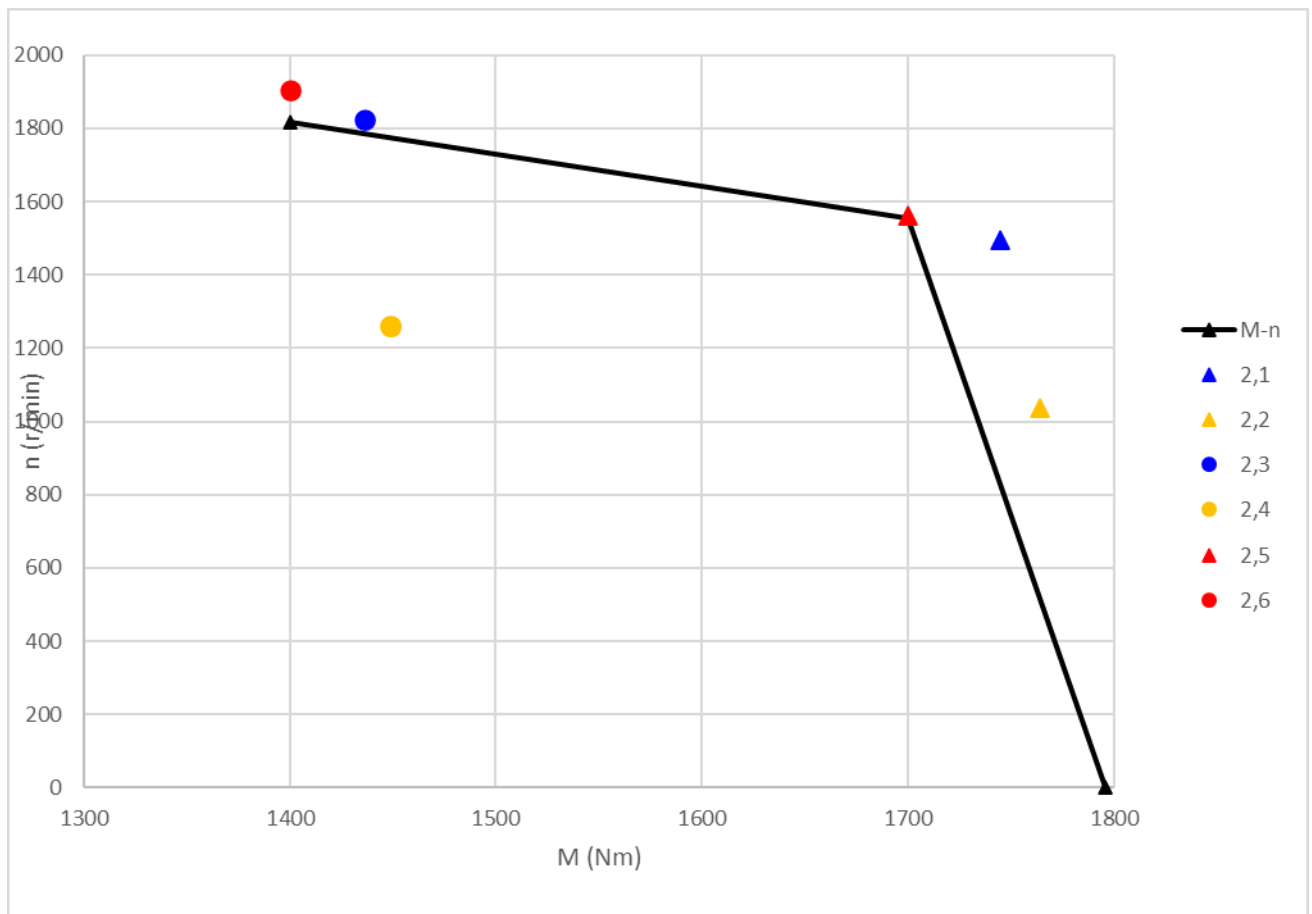


3.- Puntos del ensayo a la barra con datos de campo

Se rellena la tabla con los puntos del ensayo OCDE a la barra de consumo de combustible (puntos 2.1 a 2.5) con los puntos añadidos 2.5 y 2.6, definidos por:

Punto	NB (kW)	Q (kN)	Velocidad
2.5	= a 2.1	= a 2.2	3,6 * NB/Q
2.6	= a 2.3	= a 2.4	3,6 * NB/Q

Punto	DEL ENSAYO OCDE				SUPUESTOS/CALCULADOS							
	NB (kW)	Q (kN)	Vr (km/h)	n (r/min)	δ (%)	Vt (km/h)	it	M (Nm)	N (kW)	N (%Nn)		
Pot de 2.1	187,6	71,4	9,5	1745	10	10,5	59	1496,3	273	99		
Tiro de 2.2	129,4	47,5	9,8	1764	6	10,4	60,2	1037,9	192	69		
Pot de 2.3	188,5	71,4	9,5	1436	10	10,6	48,4	1825,4	275	99		
Tiro de 2.4	129,1	47,6	9,8	1449	6	10,4	49,6	1259,5	191	69		
2.5	187,6	47,5	14,2	1700	6	15,1	40	1560,6	278	100		
2.6	188,5	47,6	14,3	1400	6	15,2	32,8	1903,8	279	101		
$\eta_t =$	0,87		Peso P =	125	kN	Potencia nominal Nn =				277	kW	
k =	0,08	Rk = k*P	radio r =	0,944	m							
$V_t = \frac{V_r}{1 - \delta}$		$i_t = \frac{3,6 * 2 * \pi * n * r}{60 * V_t}$		$R_k = k * P$		$M = \frac{(Q + R_k) * 1000 * r}{\eta_t * i_t}$		$N = \frac{M * 2 * \pi * n}{60000}$				

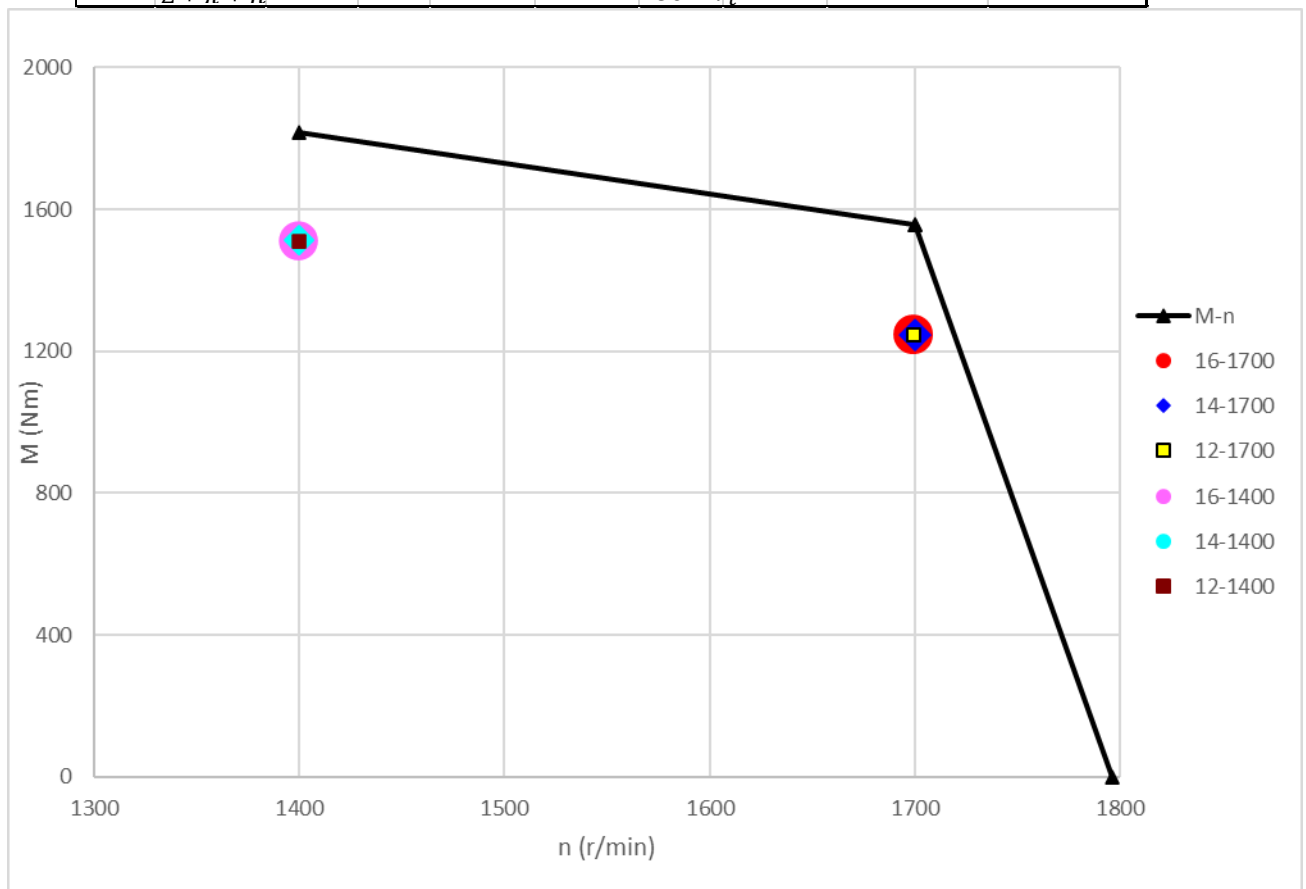


4.- Puntos para desarrollar el 80% de la potencia nominal en campo

Se seleccionan las velocidades de 12, 14 y 16 km/h.

Puntos para desarrollar el 80% de la potencia nominal en campo

Valores conocidos o estimados					Valores calculados				
N	Vt	δ	n	M	Vr	it	Q	Punto	
% Nn	kW	km/h	%	r/min	Nm	km/h	kN		
		16	6	1700	1244	15,0	37,81	33,3	16-1700
		16	6	1400	1511	15,0	31,14	33,3	16-1400
80	221,5	14	7	1700	1244	13,0	43,21	39,5	14-1700
		14	7	1400	1511	13,0	35,59	39,5	14-1400
		12	8	1700	1244	11,0	50,42	47,8	12-1700
		12	8	1400	1511	11,0	41,52	47,8	12-1400
Nn=	277	kW	nn =	1700	r/min	k =	0,08	$\eta_t =$	0,87
r =	0,944	m	nm =	1400	r/min	P =	125	kN	
$M = \frac{N * 60000}{2 * \pi * n}$		$V_r = V_t(1 - \delta)$		$i_t = \frac{3,6 * 2 * \pi * n * r}{60 * V_t}$			$Q = \frac{M * \eta_t * i_t}{1000 * r} - k * P$		



Puntos para desarrollar el 80% de la potencia nominal en condiciones de campo



MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN

Catálogo de publicaciones oficiales de la AGE:

<https://cpage.mpr.gob.es/>

NIPO: 003221171