

Comparativa entre John Deere 8310R y John Deere 8310RT

RUEDAS VS BANDAS DE GOMA



Entre los ensayos de tractores agrícolas efectuados en el año 2012, según establecen los Códigos OCDE, se encuentran los correspondientes a los tractores John Deere 8310RT y 8310R, realizados por el Laboratorio de Nebraska.

LUIS MÁRQUEZ

Los Boletines de Ensayo correspondientes, aprobados por la OCDE con los números de referencia 2/2977 y 2/2680 (http://www2.oecd.org/agr-coddb/index_en.asp) permiten realizar una comparativa entre dos modelos de tractor del mismo fabricante, que utilizan el mismo motor con una regulación similar, pero que se diferencian en el sistema de rodadura, ya que el 8310R utiliza ruedas (doble tracción con ruedas delanteras de menor diámetro) y el 8310RT bandas de goma.

Como suele ser habitual en los ensayos realizados en el laboratorio de Nebraska, además de los ensayos obligatorios que exige el Código 2 de la OCDE, se incluyen ensayos complementarios de tracción con el tractor lastrado y en diferentes condiciones de ajuste del acelerador, lo que puede resultar útil para explicar el comportamiento de estos tractores en trabajos de tracción.

Ambos tractores utilizan motores John Deere Diesel de 6 cilindros en línea sobrealimentados con doble turbo refrigerados aire-aire, con una cilindrada

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

John Deere 8310RT

(reserva de par del 43.9%)

	Potencia TDF kW / CV	Régimen		Par equiv. motor Nm	Consumo combustible	
		motor rev/min	TDF rev/min		horario L/h	específico g/kWh
M	223.3 / 303.7	1 799	898	1 185	60.2	226
N	200.4 / 272.5	2 099	1 049	912	56.3	236
T	217.5 / 295.8	2 004	1 000	1 037	59.7	230
Pmax	220.0 / 299.2	1 601	799	1 312	58.3	222

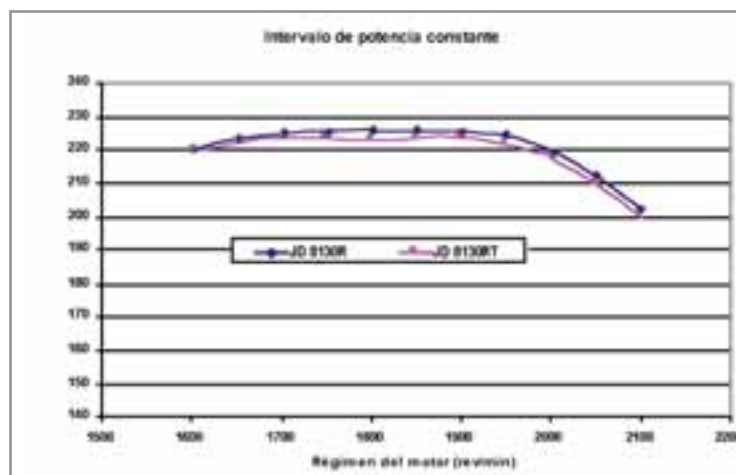
John Deere 8310R

(reserva de par del 43.2%)

	Potencia TDF kW / CV	Régimen		Par equiv. motor Nm	Consumo combustible	
		motor rev/min	TDF rev/min		horario L/h	específico g/kWh
M	225.92 / 307.25	1 900	948	1 136	60.2	223
N	202.55 / 275.47	2 099	1 048	921	55.6	231
T	219.83 / 298.67	2 003	1 000	1 048	59.2	226
Pmax	220.99 / 300.55	1 600	799	1 319	58.2	221

de 8.984 litros y relación de compresión 16 a 1. El control de temperatura se realiza mediante dos termostatos y un ventilador de velocidad variable. La sobre presión del turbo en el modelo RT (bandas de goma) fue de 191 kPa, mientras que en el R alcanzó 201 kPa, lo que puede explicar las pequeñas diferencias en las potencias que suministran durante los ensayos, junto con la ligera variación de las condiciones ambientales. El consumo de gasóleo para la regeneración del filtro de partículas se estima en 0.15 L/h, equivalente a menos del 1% del consumo de gasóleo.

FIGURA 1.- POTENCIAS MÁXIMAS A DIFERENTES RÉGIMENES DE FUNCIONAMIENTO (TRACTORES JD 8130R Y JD 8130RT)



Ensayo de los tractores en la toma de fuerza

En el Cuadro 1 se incluyen los valores obtenidos, para cada uno de los modelos de tractor, con el acelerador en la posición de régimen de giro más elevado. Se observa que las prestaciones son prácticamente idénticas; las diferencias son mínimas y posiblemente como consecuencia de pequeñas modificaciones en los ajustes electrónicos y de la variación de las condiciones

ambientales en las que se realizaron los ensayos.

En ambos casos se aprecia que las diferencias en las potencias obtenidas para los distintos puntos de funcionamiento que se toman como referencia (potencia máxima, nominal, régimen normalizado de la TDF y par máximo) son prácticamente iguales.

Si se representan gráficamente (Figura 1) las potencias máximas obtenidas en el intervalo de 2 100 rev/min (régimen

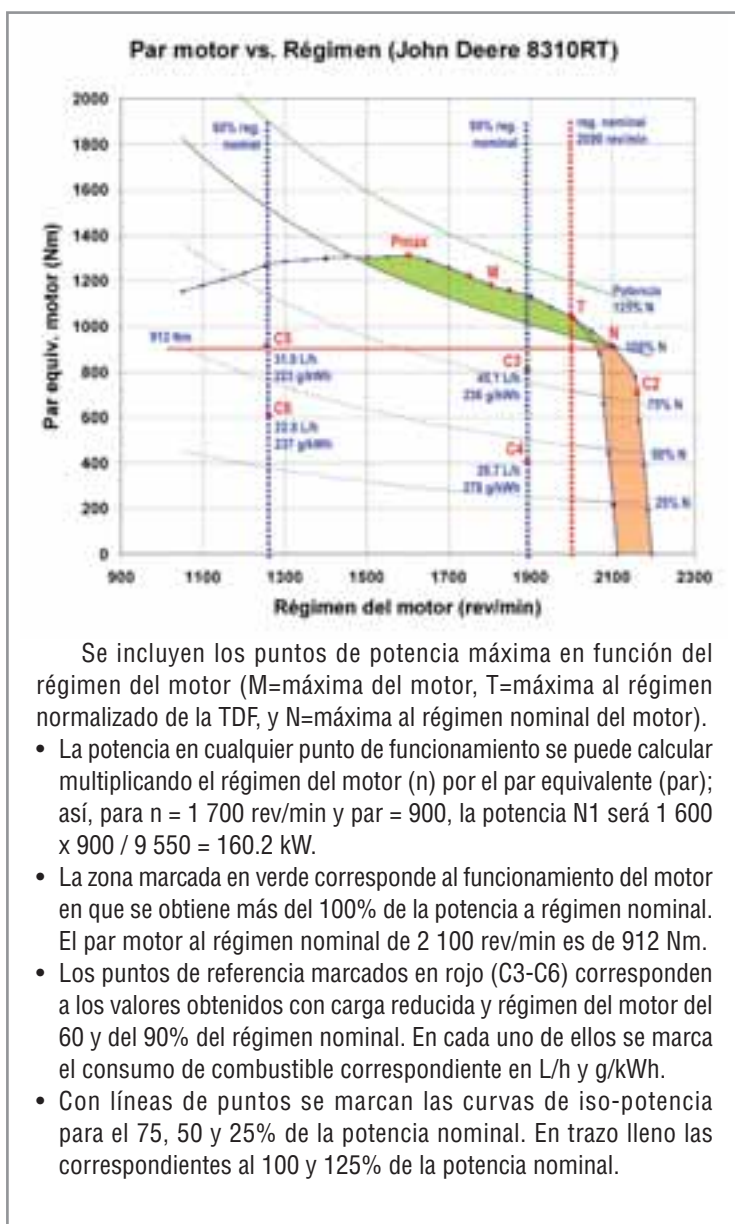
nominal) y 1 600 rev/min, se observa que se mantiene prácticamente constante en ambos modelos, con diferencias entre ellos poco significativas, y siempre por encima de la obtenida a régimen nominal, por lo que será recomendable trabajar con un régimen del motor inferior al nominal para conseguir más altas prestaciones en ambos modelos de tractor.

En la Figura 2 se representan las curvas características del motor para el tractor John

CUADRO 2.- CONSUMOS DE COMBUSTIBLE EN LOS PUNTOS DE REFERENCIA (CÓDIGO OCDE)

	John Deere 8310RT				John Deere 8310R			
	Consumo		Potencia media		Consumo		Potencia media	
	horario L/h	específico g/kWh	kW	%	horario L/h	específico g/kWh	kW	%
6 puntos	38.5	244	133.7	66.7	38.2	240	135.1	66.7
4 puntos	31.6	244	110.4	55.1	31.6	241	111.6	55.1

FIGURA 2.- RESUMEN DE PRESTACIONES DEL MOTOR DEL TRACTOR JOHN DEERE 8310RT



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

- La potencia en cualquier punto de funcionamiento se puede calcular multiplicando el régimen del motor (n) por el par equivalente (par); así, para $n = 1\ 700$ rev/min y par = 900, la potencia N1 será $1\ 600 \times 900 / 9\ 550 = 160.2$ kW.
- La zona marcada en verde corresponde al funcionamiento del motor en que se obtiene más del 100% de la potencia a régimen nominal. El par motor al régimen nominal de 2 100 rev/min es de 912 Nm.
- Los puntos de referencia marcados en rojo (C3-C6) corresponden a los valores obtenidos con carga reducida y régimen del motor del 60 y del 90% del régimen nominal. En cada uno de ellos se marca el consumo de combustible correspondiente en L/h y g/kWh.
- Con líneas de puntos se marcan las curvas de iso-potencia para el 75, 50 y 25% de la potencia nominal. En trazo lleno las correspondientes al 100 y 125% de la potencia nominal.

Deere 8130RT, relacionando el par motor con el régimen de funcionamiento, así como los seis puntos de referencia para determinar el consumo medio

de combustible. En la misma se puede apreciar cómo reduciendo el régimen del motor se gana potencia, incluso por debajo de par máximo, a la vez que se re-

duce el consumo específico de combustible. Esto significa que es preferible utilizar marchas más largas con bajo régimen de funcionamiento para conseguir las mejores prestaciones.

El consumo de combustible de este tractor, según la determinación sobre los 6 puntos de referencia establecidos en el código OCDE (marcados en la Figura 2 con las letras C2 a C6 y N), es de 38.5 L/h (244 g/kWh) utilizando el 66.7% de la potencia del motor; solo de 31.5 L/h (244 g/kWh) para los 4 puntos de menor régimen de funcionamiento del motor, como habitualmente lo hace el usuario.

En el Cuadro 2 se presenta el resumen del consumo en los 4 y 6 puntos de referencia para el tractor JD 8310RT y los correspondientes del modelo JD 8310R, con diferencias poco significativas.

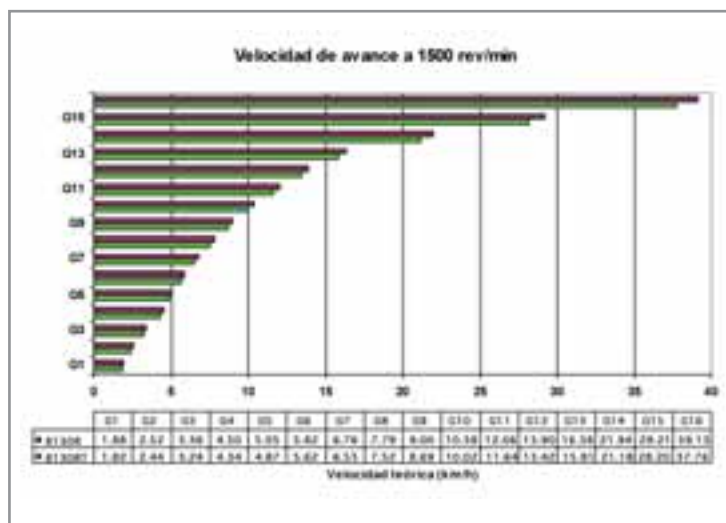
Las transmisiones y los sistemas de propulsión

Ambos modelos utilizan el mismo tipo de cambio power-shift con 16 relaciones hacia delante y 4 hacia atrás (5 en las versiones que se comercializan en España), pero por las diferencias en el sistema de propulsión cambian las velocidades máximas que pueden alcanzar en cada relación.

En la Figura 3 se presentan las velocidades nominales alcanzadas en cada relación del cambio para ambos modelos de tractor, a 1 500 rev/min de régimen del motor.

Para poder interpretar correctamente los resultados de

FIGURA 3.- ESCALONAMIENTO DEL CAMBIO EN LOS TRACTORES JD 8130R Y JD 8130RT



el de bandas de goma sería de $15\ 912/300 = 53.0$ kg/CV (sin lastre) y de $17\ 431/300 = 58.1$ kg/CV (con lastre).

Ensayo de tracción en pista de hormigón

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

El Laboratorio de Nebraska, siguiendo la tradición de los primeros ensayos de tractores, es frecuente que incluya una infor-

tracción en pista de hormigón hay que informar sobre las características del tractor como vehículo, entre las que se incluyen la distribución de peso entre los ejes y las características de los neumáticos y de las bandas de goma utilizadas (Cuadro 3).

La superficie de apoyo de las bandas de goma es de $2\ 515 \times 635 \times 2 = 31\ 940.5$ cm², por lo que las presiones medias sobre el suelo serán de 0.498 kg/cm² (49 kPa), para el tractor sin lastrear y 0.546 kg/cm² (53 kPa) para el tractor lastreado.

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

de 300 CV, la relación peso/potencia es de $12\ 256/300 = 40.8$ kg/CV, para el tractor de ruedas (sin lastre) mientras que para



CUADRO 3.- MASAS Y DIMENSIONES JD 8130RT Y JD 8130R DURANTE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN EN PISTA

	JD 8130R	JD 8130RT	
	sin lastre	sin lastre	con lastre
Ruedas traseras / Banda goma	480/80R50, ***, 85 kPa	635 mm de anchura	
Lastres (metálicos frontal)	no	no	1 156 kg
(metálicos bastidor frontal)	no	no	363 kg
Ruedas delanteras	420/85R34, ***, 160 kPa		
Longitud de apoyo bandas		2515 mm	
Distancia entre ejes	3 020 mm		
Altura de la barra de tracción	545 mm	485	495
Peso estático (con conductor)			
Trasero	7 230 kg	-	-
Delantero	5 026 kg	-	-
Total	12 256 kg	15 912 kg	17 431 kg

CUADRO 4.- RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN EN PISTA CON EL TRACTOR JD 8130R SIN LASTRE

Acelerador para régimen nominal (2100 rev/min)

relación	Potencia kW	Tracción kN	Velocidad km/h	Reg.mot rev/min	Deslizam. %	Cons.esp. g/kWh
G5	148.48	110.44	4.84	2155	9.4	292
G6	165.39	105.43	5.64	2151	8.1	281
G7	171.70	95.86	6.56	2101	6.0	268
G8	175.54	82.61	7.64	2100	5.4	267
G9	175.54	70.92	8.92	2101	4.2	266
G10	175.14	60.96	10.34	2100	3.7	269
G11	173.65	51.73	12.09	2100	2.9	269
G12	170.85	44.07	13.96	2101	2.5	275

Acelerador para régimen de potencia máxima (1900 rev/min)

relación	Potencia kW	Tracción kN	Velocidad km/h	Reg.mot rev/min	Deslizam. %	Cons.esp. g/kWh
G5	148.48	110.61	4.83	2155	9.5	291
G6	165.50	106.10	5.62	2149	8.6	282
G7	182.42	105.29	6.24	2041	8.0	271
G8	193.78	100.15	6.97	1955	7.3	257
G9	198.28	90.02	7.93	1900	5.7	254
G10	198.77	77.47	9.24	1901	4.9	254
G11	197.68	65.79	10.82	1901	4.1	256
G12	196.38	56.36	12.54	1901	3.3	258
G13	194.35	47.02	14.88	1901	2.6	262

CUADRO 5- RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN EN PISTA CON EL TRACTOR JD 8130RT SIN LASTRAR Y CON EL RÉGIMEN DE REFERENCIA EN EL MOTOR DE 1800 rev/min

relación	Potencia kW	Tracción kN	Velocidad km/h	Reg.mot rev/min	Deslizam. %	Cons.esp. g/kWh
G3	124.36	155.67	2.87	2 157	13	338
G4	157.50	147.94	3.84	2 076	10.0	305
G5	169.38	142.69	4.28	2 038	9.0	292
G6	179.82	136.36	4.75	1 943	8.0	282
G7	184.68	126.27	5.26	1 830	6.7	276
G8	188.80	111.69	6.08	1 801	4.8	270
G9	190.88	96.39	7.13	1 802	3.5	265
G10	191.95	83.23	8.30	1 801	2.6	266
G11	191.88	71.11	9.71	1 801	1.8	266
G12	189.93	60.76	11.25	1 801	1.3	265
G13	189.58	51.25	13.32	1 798	0.9	268

mación complementaria del ensayo realizado con el tractor lastrado y a un régimen diferente de funcionamiento del motor al establecido por el Código OCDE (régimen de potencia máxima en el motor).

En el caso del ensayo de tractor JD 8130RT (bandas de goma) el Boletín ofrece los re-

sultados obtenidos tanto con el motor a régimen nominal, como al de potencia máxima con el tractor lastrado y sin lastrar.

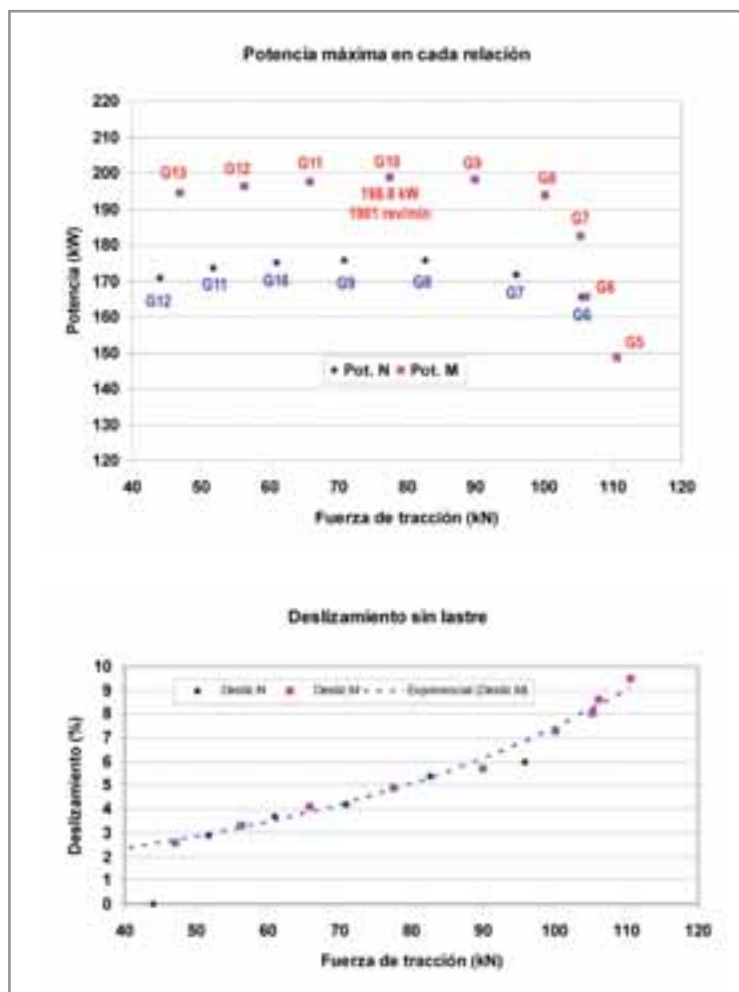
Ensayo de tracción con el tractor JD 8310R (ruedas)

En el Cuadro 4 se incluyen los valores obtenidos en los ensayos de tracción en pista con

el tractor JD 8130R (ruedas) sin lastrar en las dos posiciones del acelerador y en la Figura 4 se representan gráficamente los valores de las potencias máximas alcanzadas en cada relación del cambio en función del esfuerzo de tracción realizado.

En la Figura 4 se observa que, en todas las relaciones del

FIGURA 4.- ENSAYO DE TRACCIÓN SIN LASTRE (MOTOR: 2100 Y 1900 REV/MIN) PARA EL TRACTOR JD 8130R



tracción máxima se consigue en la relación G10, con una velocidad de 9.24 km/h y 1901 rev/min de régimen del motor.

Como era de esperar, el patinamiento es similar en cualquiera de los casos considerados, ya que depende de la relación entre el esfuerzo de tracción y la masa del tractor.

Ensayo de tracción con el tractor JD 8310RT (bandas de goma)

La comparativa entre las prestaciones obtenidas con el tractor de bandas de goma funcionado al régimen nominal y al de máxima potencia permite deducir las mismas conclusiones que con el modelo de ruedas.

Es interesante comparar las prestaciones en tracción del tractor con bandas de goma frente al de ruedas cuando trabajan al régimen de potencia máxima.

En el Cuadro 5 se presentan los valores correspondientes al tractor de bandas de goma y en la Figura 5 se representan estos valores de potencia máxima y patinamiento junto a los correspondientes al modelo equivalente con ruedas (JD 8130R).

En la Figura se observa cómo en las relaciones del cambio largas (G13 a G8) la potencia de tracción con el tractor de ruedas

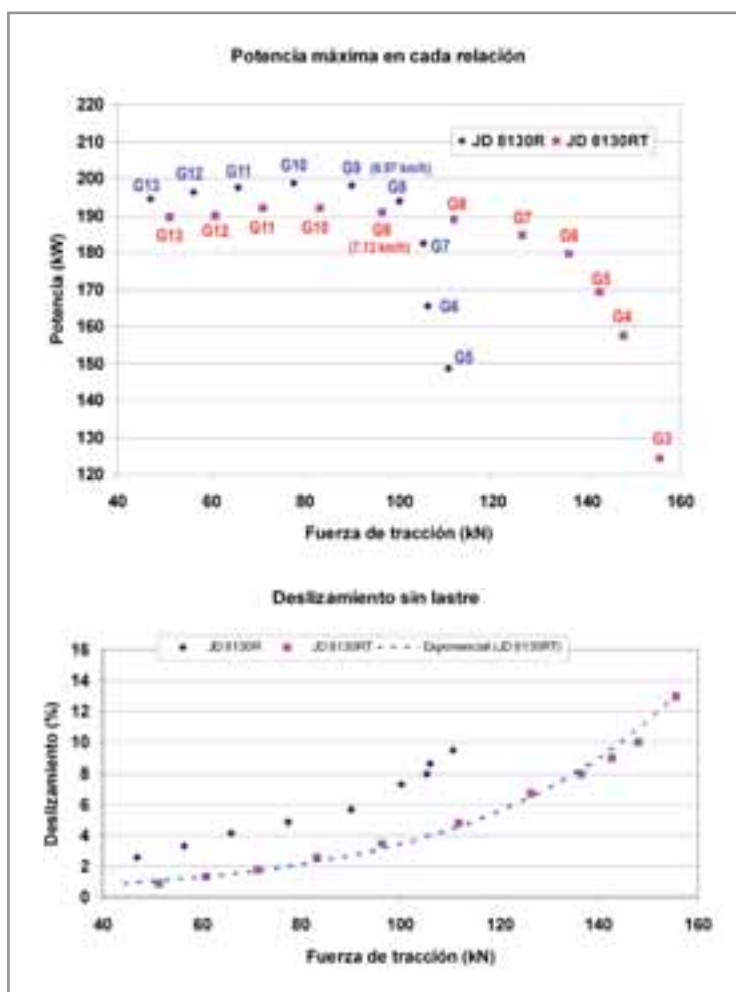
cambio, las potencias máximas de tracción obtenidas, con una posición del acelerador que permite que el motor funcione a un régimen próximo al de potencia

máxima (1900), son superiores a las que se obtienen cuando el motor funciona al régimen nominal de 2 100 rev/min (ver valores del Cuadro 4). La potencia de

CUADRO 6- RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN EN PISTA CON EL TRACTOR JD 8130RT LASTRADO Y CON EL RÉGIMEN DE REFERENCIA EN EL MOTOR DE 1 800 rev/min

relación	Potencia kW	Tracción kN	Velocidad km/h	Reg.mot rev/min	Deslizam. %	Cons.esp. g/kWh
G3	136.18	169.90	2.88	2 154	12.7	328
G4	164.60	158.17	3.74	2 039	10.6	300
G5	175.83	151.09	4.19	2 003	9.3	287
G6	184.55	142.98	4.65	1 899	7.9	278
G7	188.00	130.12	5.21	1 801	6.3	271
G8	191.48	112.40	6.13	1 803	4.2	265
G9	193.52	96.95	7.19	1 800	2.9	263
G10	193.98	83.61	8.35	1 798	2.2	262
G11	191.83	70.79	9.75	1 801	1.6	265
G12	191.17	61.01	11.27	1 803	1.4	366
G13	188.94	50.96	13.34	1 798	1.1	267

FIGURA 5.- ENSAYO DE TRACCIÓN SIN LASTRE



es superior a la del tractor de bandas de goma, mientras que a medida que aumenta el esfuerzo de tracción (marchas cortas) la situación se invierte. Esto es una consecuencia del mayor coeficiente de adherencia de las bandas de goma por la mayor superficie de apoyo, y también por los 3 656 kg de peso en los que supera el tractor con bandas de goma al de ruedas.

A más de 7 km/h las potencias de tracción conseguidas en el tractor de bandas de goma sin lastre superan a las del tractor de ruedas en las condiciones del ensayo en pista.

Efecto del lastrado en el tractor de bandas de goma

Cuando se compara las prestaciones del tractor de bandas de goma con lastre, frente a los resultados obtenidos para este mismo modelo de tractor sin lastre (Cuadros 5 y 6 y Figura 6), se observa que a medida que aumenta el esfuerzo de tracción las prestaciones del tractor lastrado son superiores la tractor sin lastrear, en condiciones de suelo firme, como consecuen-

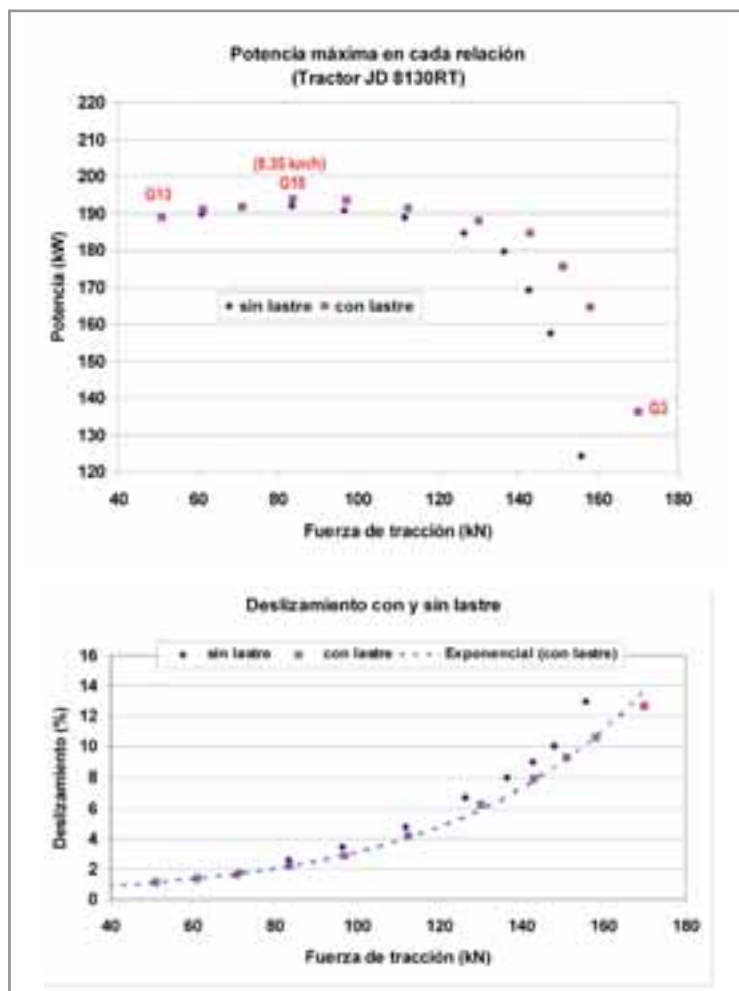
CUADRO 7- POTENCIAS Y PESOS DE REFERENCIA PARA CALCULAR LA EFICIENCIA (TRACTORES SIN LASTRES)

	Tractor JD 8130R (ruedas)	Tractor JD 8130RT (bandas)
Potencia máx. medida en TDF	225.90 kW a 1 900 rev/min	223.3 kW a 1 799 rev/min
Potencia de tracción	198.77 kW a 9.24 km/h	191.95 kW a 8.3 km/h
Eficiencia total	198.77/225.90 = 0.880	191.95/223.3 = 0.856
Fuerza de tracción	77.47 kN (relación G10)	83.23 kN (relación G10)
Peso del tractor	12 256 kg (120.1 kN)	15 912 kg (155.9 kN)

CUADRO 8- CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE LA TRANSMISIÓN TDF/ SISTEMA DE PROPULSIÓN (SIN LASTRES Y CON MÁXIMA POTENCIA DE TRACCIÓN; RELACIÓN G10)

	Tractor JD 8130R (ruedas)	Tractor JD 8130RT (bandas)
Coef. resistencia a rodadura (k)	0.020	0.025
Patinamiento (δ)	0.049 (para 77.47 kN)	0.026 (para 83.23 kN)
Coef. de adherencia (μ)	77.47/120.1 = 0.645	83.23/155.9 = 0.534
Eficiencia en tracción: TE = (1-δ) x (μ - k)	(1-0.049) x (0.645 - 0.020) / 0.645 = .922 (92.2%)	(1-0.026) x (0.543 - 0.025) / 0.543 = .928 (92.8%)
Eficiencia transmisión: ηt = eficiencia total/TE	0.880/TE = 0.880/0.922 = 0.955 (95.5%)	0.856/TE = 0.856/0.928 = 0.922 (92.2%)

FIGURA 6.- ENSAYO DE TRACCIÓN CON Y SIN LASTRE (MOTOR: 1800 REV/MIN)



cia del menor patinamiento del tractor lastrado.

Eficiencia en tracción y pérdidas en la transmisión

Se pueden utilizar los resultados de potencia obtenida en la toma de fuerza y de tracción en pista, en cualquiera de las relaciones del cambio, para calcular las pérdidas en la transmisión, tanto en el tractor de ruedas como en el de bandas de goma.

Si se considera que la potencia máxima obtenida en el ensayo a la toma de fuerza, al régimen del motor de 1900 rev/min, en el tractor JD 6130R (ruedas) es de 225.90 kW y la potencia de tracción máxima

(relación G10) es del 198.77 kW, la eficiencia en tracción será de $198.77/225.92 = 0.880$ (Cuadro 7). Las pérdidas consideradas incluyen las producidas en la propia transmisión, más las que ocasiona la rodadura y el deslizamiento del tractor sobre la pista de ensayo.

Los 198.77 kW de potencia de tracción en el modelo de ruedas se consiguen con un esfuerzo de tracción de 77.47 kN, para una velocidad real de 9.24 km/h, siendo el patinamiento del 4.9%, con una masa total del tractor de 12 256 kg (120.1 kN).

Para el tractor de bandas de goma los 191.95 kW de potencia de tracción se consiguen con un esfuerzo de tracción de 83.23

kN, para una velocidad real de 8.3 km/h, siendo el patinamiento del 2.6%, con una masa del tractor (sin lastre) de 15 912 kg (155.9 kN).

Le eficiencia total en el tractor de ruedas para la relación G10 (potencia de tracción/potencia en la TDF) es del 88%, mientras que el de bandas de goma (en la misma relación del cambio) es del 85.6%, lo que indica que las pérdidas totales entre la potencia del motor medida en la toma de fuerza y la potencia de tracción, en las condiciones de la pista de hormigón y esfuerzo de tracción reducido, son mayores en el tractor de bandas de goma.

La eficiencia en tracción (de los propulsores) se puede calcular como $TE = (1-\delta) \times (\mu - k)$, siendo δ = deslizamiento, μ = coeficiente de tracción, y k = coeficiente de resistencia a la rodadura (Cuadro 8).

En consecuencia, la eficiencia en tracción es de 92.2% para el tractor de ruedas, y de 92.8% en el de bandas de goma (ligeramente superior por el menor deslizamiento, asumiendo que la resistencia a la rodadura es algo mayor con las bandas de goma). Conviene recordar que el tractor de bandas de goma supera al de ruedas en 3656 kg de peso.

La eficiencia en la transmisión entre la toma de fuerza y los propulsores (incluyendo las pérdidas en el conjunto de los mecanismos de las bandas de goma) será 95.5% para el tractor de ruedas, frente al 92.2% del tractor de bandas de goma.

Es interesante observar que la diferencia en los patinamientos que se producen cuando la relación entre el esfuerzo de tracción y el peso del tractor son similares en ambos tractores. En la Figura 7 se presentan gráficamente estos valores y se observa que el patinamiento del 4.8-4.9%

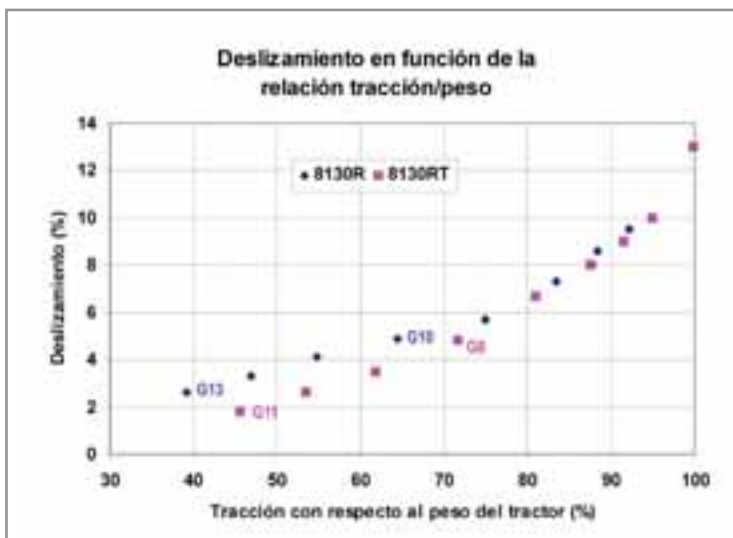
se alcanza cuando el esfuerzo de tracción del tractor de ruedas con respecto a su peso es del 64.5%, mientras que en el tractor de bandas de goma este patinamiento no se produce hasta que este llega al 71.6%, lo que pone de manifiesto la mayor eficiencia del propulsor de bandas de goma a igualdad de carga dinámica, incluso en un suelo firme como es la pista de hormigón.

■ Algunas conclusiones

En primer lugar hay que destacar que en tractores de alta potencia con motores cuya reserva de par motor supera el 40%, como sucede en los modelos John Deere 8130R (ruedas) y 8130RT (bandas de goma), resulta aconsejable trabajar a un régimen de motor reducido, ya que así se consigue la máxima potencia con menor consumo de combustible.

En los ensayos de tracción realizados en pista de hormigón o equivalente, como está establecido en los Códigos de la

FIGURA 7.- EFICIENCIA EN TRACCIÓN RUEDAS/BANDAS DE GOMA



OCDE, se observa que la mayor superficie de apoyo del tractor de bandas de goma permite reducir el patinamiento a igualdad de la relación esfuerzo de tracción/carga dinámica sobre los propulsores.

Las pérdidas en la transmisión entre el motor (medidas en la toma de fuerza) y las bandas de goma son ligeramente mayo-

res que en el modelo que utiliza ruedas.

La eficiencia total en tracción del tractor de ruedas en marchas largas (con bajo esfuerzo de tracción) es superior a la que se consigue con bandas de goma, pero a medida que aumenta el esfuerzo de tracción la ventaja se invierte.

En condiciones de campo, con suelos con baja capacidad portante, las ventajas del tractor con bandas de goma aumentarían considerablemente, especialmente cuando se necesita mayor esfuerzo de tracción. Para competir en estas condiciones habría que aumentar la superficie de apoyo en el tractor de ruedas, utilizando ruedas gemelas al menos en el eje trasero.

Aunque el tractor de bandas de goma puede circular sin problemas sobre pavimentos, si en la utilización de tractor predominan las operaciones de arrastre en transporte la opción 'ruedas' puede ser la más aconsejable. Por el contrario, si predomina el trabajo de campo, los tractores de bandas de goma permiten conseguir mayor eficiencia, a la vez que se reduce la compactación del suelo. ■

