

LOS MOTORES QUE VIENEN

Hace menos de un año, han podido leer en las páginas de **agrotécnica** una serie de artículos dedicada a los motores, sus principios de funcionamiento, la normativa que limita las emisiones en los gases de escape y la forma en que las diferentes marcas adecuan sus productos para competir en un mercado difícil.

LUIS MÁRQUEZ

La cercanía de la entrada en vigor de la Fase III para los motores de los vehículos extraviarios, siguiendo el camino que marcan los vehículos industriales que circulan por las vías públicas, están haciendo aparecer en el mercado nuevas opciones, con mayor nivel de tecnología para conseguir que se pueda cumplir esta normativa, cada vez más estricta, sin pérdida de prestaciones y manteniendo bajo el consumo de combustible.

El paralelismo entre la normativa que se aplica a los motores de los vehículos viarios y extraviarios, aunque en estos últimos con un pequeño retraso en el tiempo, ha obligado a los fabricantes de motores a buscar soluciones comunes, de manera



que, a partir de un diseño único, se pueda personalizar el producto final en función de su destino.

De esta manera, se rompe casi por completo la barrera que existía entre el diseño del motor para el tractor agrícola y el del vehículo industrial, especialmente en las potencias de más de 100 CV, ya que sólo se diferenciarán en la regulación que condiciona sus prestaciones, aunque esto no es totalmente nuevo; algunos recordarán la experiencia de Perkins con el motor de tractor inicialmente diseñado para usos marinos y que también fue la base de la motorización de algunas 'camionetas'.

Un ejemplo de lo que viene se aprecia analizando la oferta de motores diésel de 4 cilindros con cilindrada unitaria entre 1.1 y 1.2 litros, segmento en el que participan los mayores especialistas de motores en la actualidad. Así, en el mercado español de tractores, con más de 800 modelos comercializados, la cuarta parte de ellos utilizan motores de 4 cilindros con cilindrada total entre 4.2 y 4.8 litros. Pero antes de entrar de lleno en el tema conviene dar un vistazo a la Tabla 1, en la que se reflejan las relaciones existentes entre los grandes grupos industriales que fabrican tractores y motores.

Una referencia para la industria europea

Se puede considerar los motores con un litro de cilindrada unitaria los de referencia para diesel industrial europeo, versátil y polivalente, al que se ha recurrido para motorizar tractores, vehículos industriales y hasta embarcaciones.

Ha sido esta cilindrada la más utilizada en el mundo, y su origen en Europa deriva de los años '30, con las primeras realizaciones de Perkins en Reino Unido y de Deutz en Alemania, aunque entre ellas hubiera una diferencia sustancial, la refrigeración por agua de Perkins y por aire de Deutz.

La cilindrada unitaria inicial estaba algo por debajo del litro (850 a 900 cm³), manteniendo Deutz una carrera de 120 mm y un diámetro de 95 (relación carrera/diámetro igual a 1.26), mientras que Perkins prefería los 127 mm de carrera, manteniendo los 95 mm de diámetro (relación carrera/diámetro de 1.33). Perkins ha continuado fiel a los 127 mm de carrera (exactamente 5 pulgadas), hasta la llegada

TABLA 1.- MOTORES PARA LOS TRACTORES ESTÁNDAR DE LOS PRINCIPALES GRUPOS INDUSTRIALES

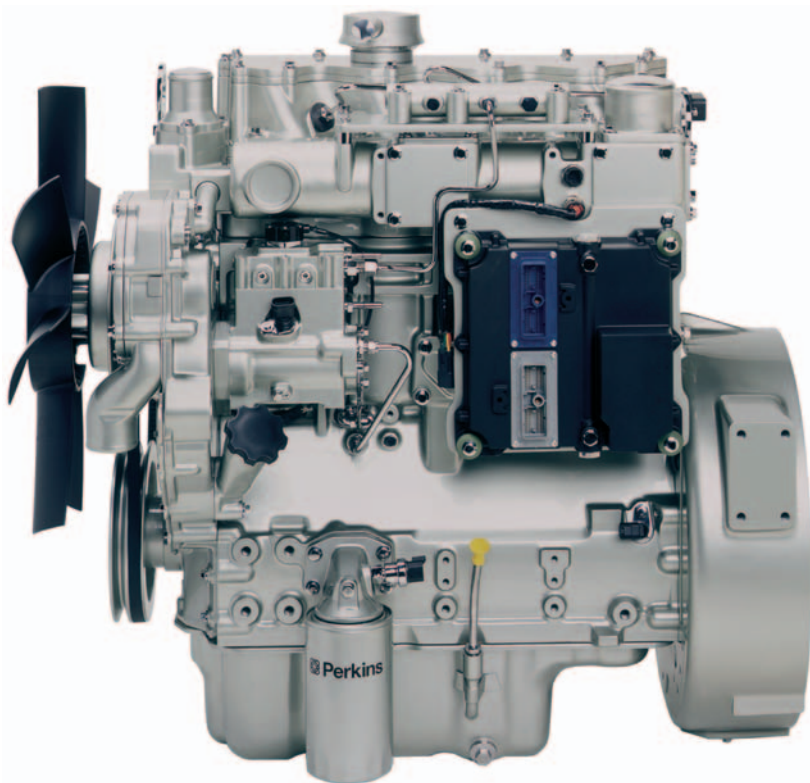
Grupo Industrial	Marca de tractor	Fabricante de motor
AGCO	AGCO	SisuDiesel
	Challenger	Caterpillar y SisuDiesel
	Challenger (>350 CV)	Caterpillar
	Fendt	Deutz y Man
	Massey Ferguson	Perkins y SisuDiesel
	Valtra	SisuDiesel
ARGO	Landini	Perkins e Iveco (EEA)
	McCormick	Perkins e Iveco (EEA)
Claas	Claas	John Deere
CNH Global	Case IH	Iveco, SisuDiesel, CNH Engines Corp (EEA) y Cummins
	Case IH (>250 CV)	Cummins e Iveco
	New Holland	Iveco, SisuDiesel, CNH Engines Corp (EEA) y Cummins
	New Holland (>250 CV)	Cummins e Iveco
	Steyr	CNH Engines Corp (EEA) y SisuDiesel
John Deere	John Deere	John Deere
	John Deere (>350 CV)	Cummins
Same Deutz-Fahr	Deutz-Fahr	Deutz
	Hürlimann	Same y Deutz
	Lamorghini	Same y Deutz
	Same	Same y Deutz
Zetor	Zetor	Zetor y Same

de los motores de la Fase III, aumentando el diámetro hasta 105 mm, con los que la relación carrera/diámetro pasa a 1.21. El incremento de la cilindrada en Deutz se ha realizado con el aumento sucesivo de diámetro y carrera, pasando por 102/125 y

por 102/132, llegando así a una relación carrera diámetro de 1.29. Así, con un motor más alargado, se aumenta la superficie de intercambio de calor en la refrigeración por aire.

Parece que la cilindrada de un litro fue una consecuencia de las limitaciones de los sistemas de inyección disponibles en la época, que no podían suministrar cantidades de combustible inferiores a las que se necesitaba con esta cilindrada. Ahora, con la miniaturización de los sistemas de inyección, esto parece irrisorio, pero la realidad es que esta cilindrada se ha impuesto en el motor industrial en 3, 4 y 6 cilindros, y todas las marcas la han seguido para poder equipar pequeños camiones, que necesitaban potencia y par elevado con peso reducido, y también para los tractores agrícolas, aunque en ellos se limiten las prestaciones, al estar sometidos a un nivel de carga continua superior a la del camión.

Fiat se incorpora a esta cilindrada con un motor de 1005 cm³, que en pocos años aumen-



EN EL ÁREA AMERICANA, LA CILINDRADA DE UN LITRO ERA PATRIMONIO DE LOS MOTORES DE GASOLINA, HASTA QUE SE INVENTA LA BOMBA DE INYECCIÓN CON DISTRIBUIDOR ROTATIVO, QUE PRODUCE UNA VERDADERA REVOLUCIÓN EN LOS MOTORES DIÉSEL

ta de cilindrada hasta 1 105, con una relación carrera/diámetro de 1.21. Ahora, después de haber utilizado esta cilindrada en muchos de sus modelos, da paso a la serie Nef, en la que utiliza dos opciones, una cilindrada ligeramente por debajo de la unidad (975 cm³) y otra de 1 125 cm³. Man y Mercedes, en Alemania, siguen un camino parecido, así como Renault y Volvo en el equipamiento de sus vehículos industriales viarios.

En Italia, la cilindrada de litro en el motor industrial y agrícola la siguen VM y Same, con refrigeración por aire, y Lamborghini, con refrigeración por líquido. La primera de ellas en la serie Sun, con 952 cm³ de cilindrada, conseguida un diámetro de 105 y carrera de 110 (relación carrera/diámetro de 1.04), que continúa en producción. Same, con su serie 105, designación que toma del diámetro del cilindro, con 120 cm³ de carrera y 1 004 cm³ de cilindrada (relación carrera/diámetro de 1.04). Lamborghini, con 105 mm de diámetro y 115 de carrera (relación carrera/diámetro de 1.09)

A mediados de los años '80 Same cambia, adoptando las dimensiones de cilindro de Lamborghini, tanto con refrigeración por líquido como por aire, que se caracteriza por un sistema de inyección de bombas sumergidas independientes, que recibe la designación PLD, y que siguen marcas como Deutz, Lombardini y Mercedes, esta última en versión electrónica.

A principio de los años '90 Deutz decide renovar su motor y pone en el mercado dos alternativas, la 1012 con 0.8 litros de ci-

lindrada y la 1013 con 1.2 litros. La falta de competitividad de la 1012 hace que en pocos años sea remplazada por la 2012, con cilindrada de 1 004 cm³, que ofrece buenas prestaciones, pero cuya cilindrada se encuentra algo alejada de sus competidores en el segmento considerado, que han evolucionado hasta la cilindrada de 1.1 litros, lo que le hace ofrecer alternativa: la de 1.2 litros.

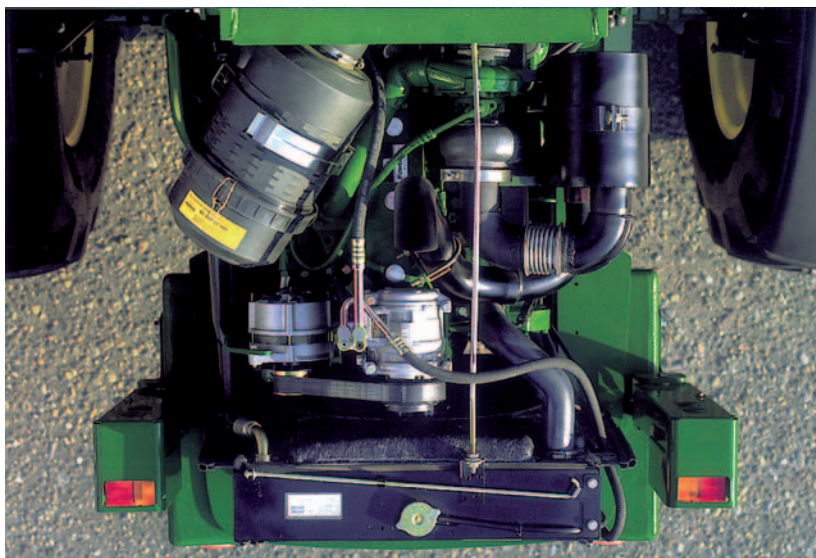
América, con cierto retraso y más tecnología

En el área americana, la cilindrada de un litro era patrimonio de los motores de gasolina, tanto para uso industrial como agrícola, hasta que se inventa la bomba de inyección con distribuidor rotativo, que produce una verdadera revolución en los motores diésel.

Fue John Deere el que la adopta para los motores de sus tractores, abandonando la gasolina, que nunca fue una opción al gusto de los agricultores, sus clientes en todo el mundo. Su motor de 110 mm de carrera y 106 mm de diámetro (relación carrera/diámetro de 1.03) se ha mantenido en el mercado hasta la llegada de la obligatoriedad del primer nivel de emisiones en el escape, momento en el que decide cambiar hasta 1.125 litros por cilindro, mediante el alargamiento de la carrera hasta 127 mm (relación carrera/diámetro de 1.2). Este cambio de cilindrada unitaria va unido a la incorporación de soluciones con alto nivel de tecnología, que incluye la recirculación de los gases de escape refrigerados, lo que lo convierte en el motor de referencia, ya que se adapta a la normativa de emisiones sin penalizar las prestaciones y el consumo de combustible.

En el comienzo de la década de los '80, Cummins, fabricante





independiente como Perkins, se interesa por esta cilindrada y pone en el mercado su serie B, caracterizada por el menor número de componentes (un 40% menos que los motores de los competidores), lo que da mayor fiabilidad al producto, aunque no menor coste de fabricación, como consecuencia de la elevada calidad de los materiales necesarios para soportar las elevadas prestaciones que ofrece este serie de motores, lo que hace que sea un producto caro comparado con Perkins y Fiat-Iveco. Su cilindrada unitaria es de sólo 977 cm³, con diámetro de 102 mm y carrera de 120 mm.

Esta cilindrada la mantiene en el mercado hasta la llegada de la Fase II, y en ese momento la modifica, en colaboración con Iveco y New Holland (EEA), para dar paso a la nueva Serie B con dos cilindradas unitarias diferentes, la de 977 cm³ original y la nueva de 1 125 cm³, esta última sólo en versión electrónica. Para adaptarse a la demanda europea, Cummins ha optado por dimensiones métricas, así como por utilizar en sus motores los diferentes sistemas de inyección de Bosch.

Por otra parte, Caterpillar, que, atraído por el mercado europeo, instala en Bélgica, a finales de la década de los '80, una fábrica para los motores de un litro de cilindrada unitaria, la serie

3100. Con 1.1 litro de cilindrada, sin considerar la opción de una versión atmosférica, las dimensiones de la cámara son idénticas a las del Perkins 1100, que en el mismo tiempo pasa a integrarse en el grupo industrial de Caterpillar.

El empleo del sistema de bomba-inyector y la ausencia de modelos sin sobrealimentación, pueden ser las razones del escaso éxito de esta serie de Caterpillar, que evoluciona a 1.2 litros de cilindrada unitaria, con la denominación inicial de serie 3126, y posteriormente como C7, motor idéntico al Perkins 1100.

Hay que tomar en consideración que la cilindrada unitaria de 1 litro en motores con aspiración normal, que ha sido la más difundida en el sector agrícola industrial para po-

tencias entre 50 y 60 kW (68 y 82 CV), en aspiración natural, y 60 a 80 kW (82 a 109 CV), en sobrealimentados, está siendo sustituida por motores de cilindrada menor (750–800 cm³), a la vez que los de motores de 4 cilindros con algo más del litro de cilindrada unitaria, sobrealimentados y con una fuerte carga de electrónica, pasarán a ocupar el espacio de los motores de 6 cilindros de la anterior generación.

■ Los nuevos productos

En la Tabla 2 se presentan algunas de las características más importantes de los motores de 4 cilindros con cilindrada unitaria entre 1.1 y 1.2 litros, con lo que la cilindrada total se encuentra entre 4.4 y 4.8 litros.

Las prestaciones indicadas son las que se obtienen en el ensayo de potencia intermitente, por lo que para trabajar en continuo, o de manera intermedia, que es como se considera que trabajan en los tractores agrícolas, las regulaciones serán diferentes, y la potencia obtenida menor.

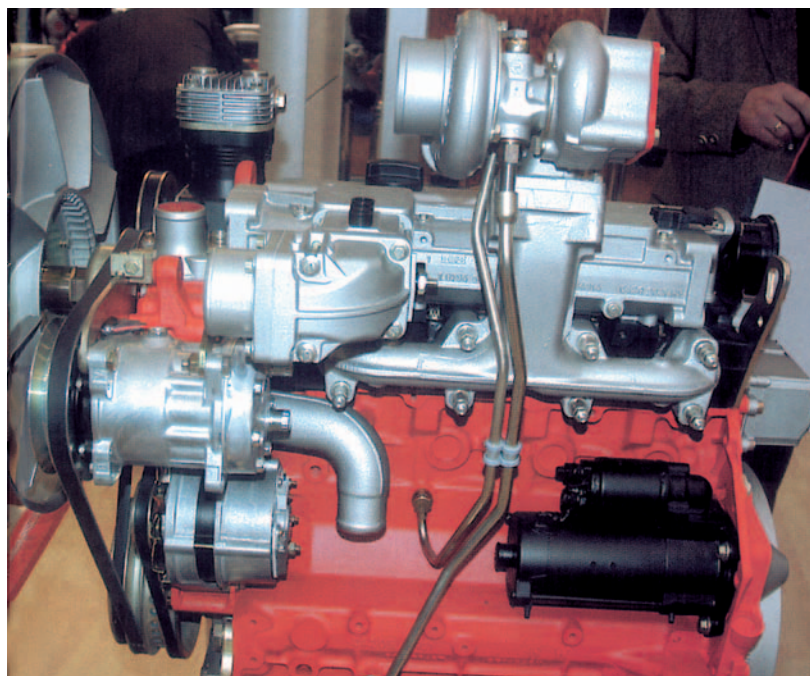



TABLA 2.- MOTORES INDUSTRIALES DE MARCAS QUE EQUIPAN TRACTORES AGRÍCOLAS CON CILINDRADA UNITARIA ENTRE 1.1 Y 1.2 LITROS

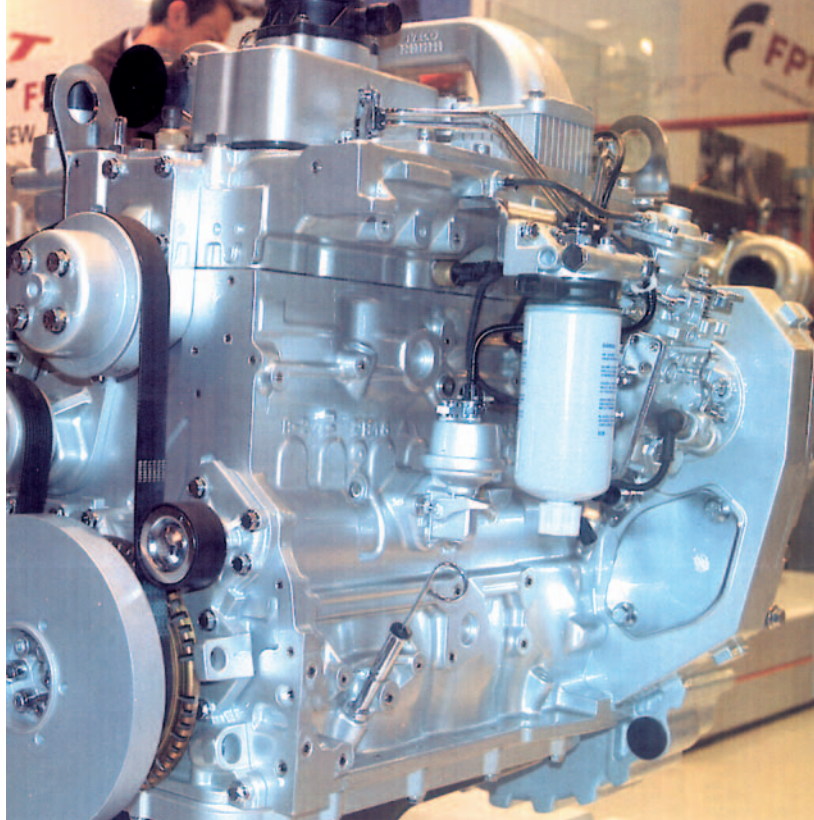
Marca	Cummins	Deutz Tcd	Iveco	John Deere	Perkins	SisuDiesel	media
Modelo	Qsb 160	2013 L4 2V	N45 Ent	4045 H	1104D-E44 Ta	44 Cta	
Diámetro [mm]	104	108	104	106	105	108	105.8
Carrera [mm]	132	130	132	127	127	120	128.3
Relación C/D	1.27	1.20	1.27	1.20	1.21	1.11	1.2
Cilindrada unitaria [dm ³]	1.121	1.191	1.121	1.121	1.100	1.099	1.13
Nº de cilindros	4	4	4	4	4	4	
Cilindrada [dm ³]	4.485	4.764	4.485	4.483	4.399	4.397	4.51
Potencia máxima (intermitente) [kW]	119	129	104	138	106	110	117.7
[CV]	162	175	141	188	144	150	160
Par a pot. máxima [Nm]	455	536	451	549	460	478	488
[rev/min]	2 500	2 300	2 200	2 400	2 200	2 200	2 300
Potencia específica [kW/dm ³]	26.53	27.08	23.19	30.78	24.10	25.02	26.1
[CV/dm ³]	36.08	36.83	31.53	41.87	32.77	34.02	35.44
PME [bar]	12.99	14.41	12.90	15.70	13.41	13.92	13.9
Velocidad pistón [m/s]	11.0	10.0	9.7	10.2	9.3	8.8	9.8
Par máx. [Nm]	624	670	560	645	550	600	608
[rev/min]	1 500	1 600	1 400	1 400	1 400	1 500	1 467
PME a par máximo [bar]	17.83	18.03	16.00	18.44	16.03	17.49	17.3
Reserva de par [%]	37.3	25.1	24.0	17.5	19.5	25.7	24.8
[%]	82.36	87.02	78.94	68.52	76.06	85.67	79.76
Potencia a par máx. [kW]	98.01	112.25	82.09	94.55	80.63	94.24	93.63
[CV]	133	153	112	129	110	128	127
Intervalo régimen [rev/min]	1 000	700	800	1000	800	700	833
Masa [kg]	355	432	390	396	330	340	374
Masa/potencia kg/kW	2.98	3.35	3.75	2.87	3.11	3.09	3.19
Volumen [m ³]	0.4783	0.4838	0.4991	0.5232	0.3883	0.4960	0.48
Emisiones fase	III	III	III	III	III	III	
Relación compresión 1/	17.8	17.5	17.5	18.0	18.0	17.5	17.72
Inyección	CR	CR	CR	CR	CR	CR	
	Bosch	Deutz	Bosch	Denso	Caterpillar	Bosch	
Válvulas/cilindro	4V		4V	4V	4V	4V	
Equipamiento	Wastegate	EGR interno	EGR interno	VGT – EGR Refrig.	Wastegate	Wastegate	

La mayor cilindrada unitaria la ofrece el Deutz 2013, y la mínima el Sisu 44 Cta. La mayor relación carrera/diámetro es de 1.27 y la proporcionan el Cummins Qsb 160 y el Iveco N45, como consecuencia de su carrera de 132 mm, siendo la velocidad media de pistón en el primero de ellos la más elevada (11 m/s), como consecuencia de la mayor carrera y del régimen de giro nominal de 2 500 rev/min. La menor velocidad de pistón la ofrece Sisu, con 8.8 m/s, ya que su carrera es sólo 120 mm (la más corta del grupo) y su régimen nominal de 2 200 rev/min.

La máxima potencia la suministra el John Deere 4045 H, con




**TODOS ADOPTAN
EL 'COMMON RAIL', QUE
EN ESTA CILINDRADA SE
MANIFIESTA COMO LA
MEJOR OPCIÓN POR LA
RELACIÓN
PRECIO/PRESTACIONES**



138 kW (188 CV) a un régimen de 2 400 rev/min. La menor el Iveco N45, con sólo 104 kW (141 CV), que es el motor menos 'cargado' del grupo, como lo indica su potencia específica de sólo 23.19 kW/L de cilindrada y la PME de 12.9 bar a potencia nominal, por lo que seguramente se le podría sacar más.

El régimen nominal en todos los modelos se mantiene bajo, como exige el mercado al que van dirigidos, siendo el Cummins Qsb 160 con 2 500 rev/min el más elevado. Iveco, Perkins y Sisu prefieren las 2 200 rev/min. En todos los casos, las relaciones de compresión se mantienen en el intervalo de 1/17.5 a 1/18.0.

El par máximo más elevado lo suministra John Deere, con 645 Nm a 1 400 rev/min, mientras que la mayor reserva de par con estas regulaciones la ofrece el Cummins con el 37.3%, junto con un intervalo régimen de funcionamiento de 1 000 rev/min.

El más pesado es el Deutz 2013, con 432 kg, y el más voluminoso el John Deere 4045 H como consecuencia del sistema de refrigeración externa.

■ Algunas conclusiones

La comparación entre motores de la última generación, de diferente procedencia, pone de manifiesto la similitud existente entre las prestaciones que con ellos se consiguen, consecuencia de una optimización del producto aplicando la tecnología disponible.

Todos adoptan el *common rail*, que en esta cilindrada se manifiesta como la mejor opción por la relación precio/prestaciones, utilizando componentes de Bosch, o bien marca propia, como Deutz y Caterpillar; en el caso de John Deere recurren a la japonesa Denso.

Sólo Deutz mantiene dos válvulas por cilindro en esta versión, algo que no hace en otras, como en el 2013 de 6 cilindros, con recirculación externa de gases de escape, que utiliza Fendt. El resto de las marcas eligen las 4 válvulas por cilindro y sobrealimentación con válvula de descarga. En la recirculación de los gases de escape (EGR) no hay acuerdo: no todos la aplican, y los que la hacen, Deutz e Iveco prefieren la interna, mientras que John Deere se decide por la externa, con turbo de geometría variable y refrigeración de la parte de los gases de escape que llegan de nuevo al cilindro. Esto mejora la economía de combustible (sólo 204 g/kWh de consumo específico mínimo), pero también impone una fuerte carga de electrónica en sus motores comparados con los de la competencia.

A medida que estos motores vayan incorporándose a los tractores agrícolas, habrá que analizarlos de nuevo, ya con las regulaciones propias, que sin duda serán diferentes a las de los modelos más 'industriales' que ahora se han tomado como referencia. ■

