

[NUEVO NIVEL DE EMISIONES CONTAMINANTES: FASE 4]

Motores: evolución moderna

Helio Catalán

Dr. Ingeniero Agrónomo

Los alcaldes de las grandes ciudades han restringido o se están planteando restringir la circulación por el centro de las ciudades. Los motores de combustión interna son contaminantes y los motores de gasoil no son excepción. Los grupos ecologistas se oponen al uso desmedido de la motorización para evitar el aumento de los gases de "efecto invernadero". El pueblo se concientia del cambio climático. ¿Y los agricultores, qué pueden hacer?, en referencia a los motores algo hay que decir, si bien es verdad que las emisiones de las máquinas agrícolas son relativamente pequeñas, comparadas con las de los vehículos industriales y de automoción.



En 2011 comienza para los fabricantes de motores agrícolas un nuevo nivel de emisiones, el Tier 4 (o fase 4). Los fabricantes se ven obligados a optar por una o varias soluciones para ir acometiendo las diferentes exigencias, en 2014 habrá una nueva legislación, ¿hasta cuándo?

[Pasado, presente y futuro

En 1970, la entonces Comunidad Económica Europea decidió unificar todas las normativas de emisiones de los países miembros. Esta normativa, que se refleja en las directivas 70/156/CEE y 70/220/CEE de la Comisión Europea, ha sido objeto de un gran número de modificaciones y actualizaciones, con el objetivo de incrementar sus exigencias y adaptarse al continuo progreso de la técnica y del mercado.

Sus cada vez más restrictivas exigencias han marcado en gran medida la evolución del motor diésel durante los últimos años.

[La normativa

Actualmente, las emisiones de óxido de nitrógeno (NOx), hidrocarbu-

ros (HC), monóxido de carbono (CO) y partículas están reguladas para la mayoría de los tipos de vehículos, incluyendo automóviles, camiones, trenes, tractores y máquinas similares (se excluyen los barcos de navegación marítima y los aviones). Para cada tipo de vehículo se aplican normas diferentes.

El cumplimiento se determina controlando el funcionamiento del motor en un ciclo de ensayos normalizado. Los vehículos nuevos no

Aclarando fechas y normativas

En primer lugar, la normativa en los motores de vehículos extra-viarios va con algunos años de retraso respecto a la de vehículos de "carretera".

En segundo lugar, se debe considerar que las tablas para turismos son diferentes y además no comparables con las referentes a camiones, autobuses o tractores. En el caso de turismos, las normas se definen en g/km, para el resto se definen según la potencia del motor en g/kWh.

Tabla 1:

Fecha máxima de entrada de normativa emisiones UE y EE.UU. (Fuente Valtra)

Potencia (kW)	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
130-560	Fase III A (Tier 3)			Fase III B (Tier4 int)			Fase IV		
75-130									
56-75									
37-56									
19-37									

Tabla 2:

Límites g/kWh para vehículos diésel agrícolas (> 130 kW) en la UE (CO: Monóxido de Carbono; HC: Hidrocarburos; NO_x: Óxidos de nitrógeno (NO y NO₂))

	CO	HC	NO _x	Partículas
Euro IIIA	3.50	4,0 (HC + NO _x)		0.20
Euro IIIB	3.50	0,19	2,0	0.025
Euro IV	3.50	0,19	0,4	0.025

conformes tienen prohibida su venta en la Unión Europea, pero las normas nuevas no son aplicables a los vehículos que ya están en circulación.

Existen dos legislaciones de emisiones, una en Estados Unidos y otra para Europa. Los norteamericanos van con la denominación “Tier” mientras que los europeos con denominación “Fase” (Ver **Tablas 1 y 2**).

¿Contamina más el motor diésel o el motor Otto (gasolina)?

El diésel tiene mucha menos responsabilidad en la contaminación ambiental de la que se le imputa (debido, normalmente, a que su contaminación se ve más por la emisión de humo negro). Referente a los niveles de emisión de CO₂ de un diésel, éstos son más bajos que en un gasolina de igual potencia.

En los motores diésel, el principal componente nocivo son las partículas sólidas (C+) con una proporción superior al de gasolina (60% - 80%). Los óxidos de azufre (SO_x) se añaden a las emisiones de los motores diésel debido al contenido de azufre en los gasóleos.

Comparativa de emisiones en los gases de escape producidos por motores gasolina y diésel:

	CO (%)	HC (%)	Hollín	NO _x (%)	SO _x (%)
Gasolina	6	0,4	0,05	0,45	0,007
Diésel	0,2	0,04	0,3	0,35	0,04

Actualmente, las emisiones de óxido de nitrógeno, hidrocarburos, monóxido de carbono y partículas están reguladas para la mayoría de los tipos de vehículos, aplicándose normas diferentes para cada uno

Los contaminadores y los contaminantes

La lucha contra las emisiones contaminantes de los motores diésel se centra principalmente en la reducción de óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas sólidas y monóxido de carbono (CO).

Los NO_x se generan durante la combustión y se forman en los cilindros del motor a temperaturas cercanas a los 2500 °C (el nitrógeno se oxida). Si el nitrógeno en su estado molecular no supone ningún peligro para los seres vivos (se trata de un gas inerte) no ocurre lo mismo cuando se oxida. Entonces el “león dormido” despierta y resulta muy activo.

La solución de bajar la temperatura de combustión reduciría la emisión de NO pero no se realizaría una buena combustión con lo que se perdería eficiencia.

Respecto a las partículas (hollín), cabe destacar que son perceptibles por el denso humo negro tras una

Gráfico 1:

Límites de emisiones fuera de carretera en la UE (>130kW) (Fuente: AGCO). (UE: Unión Europea; “Stage” tiene el mismo significado que Fase)

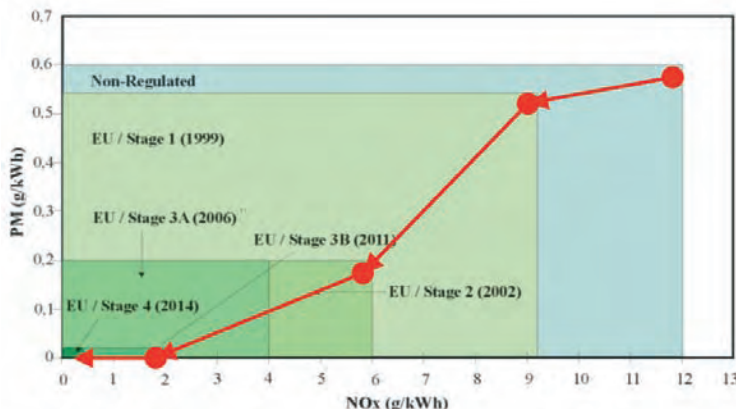
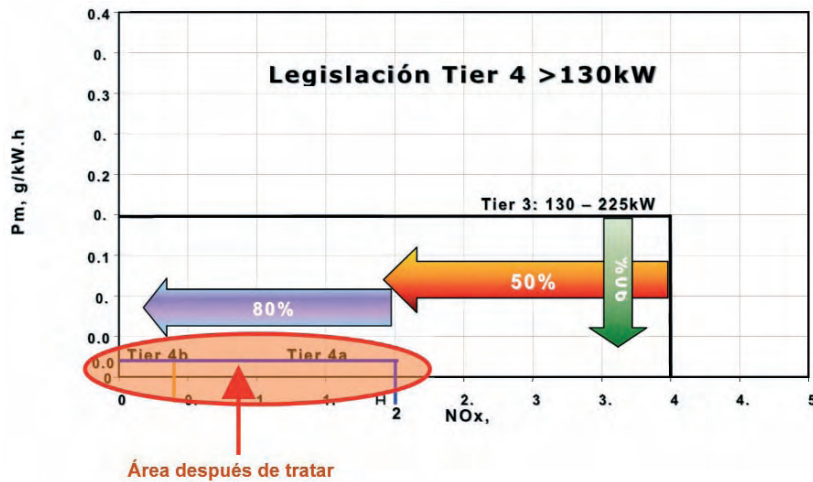


Gráfico 2:

Legislación de emisiones Tier IV (Fuente AGCO)



aceleración o cuando se trabaja a plena carga. El principal peligro del “hollín”, *smog* o niebla sucia, es que tienden a depositarse sobre el tejido pulmonar cuando son inhaladas.

Existen dos legislaciones de emisiones, una en Estados Unidos, con la denominación “Tier” y otra en Europa, denominada “Fase”

¿Las emisiones nocivas de un motor diésel (los gases CO, HC, NOx y C+) se podrán lograr transformar en CO₂ y H₂O (lo que sería una solución)?, ¿con las nuevas disposiciones en el diseño de motores se podrá llegar a esa ideal solución?, ¿sería in-

cluso posible, con la tecnología actual, llegar a purificar el aire con motores diésel?; parece una contradicción pero ya casi no lo es. Es posible, según los niveles que se pretenden alcanzar, que el motor de aspiración de los modernos motores esté más impuro que el correspondiente a los gases de escape, ¿pero si todo este “mágico mundo” se puede lograr, a qué precio y de qué forma?

Caminos posibles

• **En primer lugar**, el fabricante ha pensado y sigue pensando para mejorar, en atacar el problema en su origen (estado técnico del motor y su correcta regulación), mejorando el motor durante la combustión en el cilindro. Para ello se recurren a diferentes soluciones:

- Mayores presiones de inyección (conducto común y bomba-inyector).
- Utilización de bloques de fundición vermicular.
- Elección del punto de inyección (si se retrasa la inyección, bajan los NOx pero aumentan los HC).
- Nuevas técnicas de inyección múltiple.
- Cámaras de combustión con inyección indirecta suelen producir menos NOx.
- Turbos de geometría variable.
- Regulación con sonda lambda.
- Mejorando la calidad del combustible; utilización de biocombustibles.

• **En segundo lugar**, existen soluciones para la postcombustión que actúan sobre los gases de escape (recirculándolos o neutralizándolos), recurriendo al tratamiento térmico de los gases expulsados (mediante inyección de aire en el escape, filtros de partículas o tratamientos catalíticos).

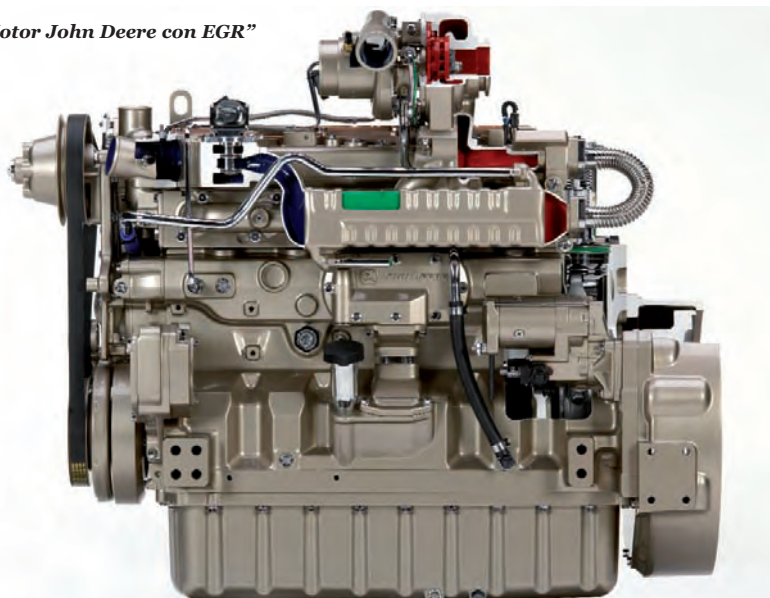
No todo está tan claro y los defensores de unas tecnologías son detractores de otras, por ejemplo, actualmente, existe debate sobre si la aparición de los modernos sistemas de inyección de alta presión suponen un alivio o un agravamiento de este problema.

En cualquier caso, se observa que si el camino escogido es subir la temperatura de combustión para optimizar la misma, se acarrea la reducción del consumo de combustible, la reducción de la emisión de CO₂ y de partículas, pero, como contramedida, se aumenta el NOx. No parece, pues, un camino acertado.

• **El último camino** es el del intento de reducir los NOx sin aumentar el consumo ni la emisión de CO₂ y hollín. Las soluciones encontradas por los fabricantes pasan por dos caminos diferentes y, que al parecer de muchos técnicos y aunque sea duro reconocerlo, ambas pueden implicar ciertos sacrificios en cuanto a potencia y prestaciones. Los dos caminos elegidos son:

- Reducción catalítica selectiva que son procesos de tratamiento de los gases de escape con catalizadores SCR, filtros de partículas y de NOx (óxidos de nitrógeno), inyección de urea.

Motor John Deere con EGR



- Recirculación de gases de escape (EGR) pasando una parte de los gases de escape (previamente enfriados) al interior de los cilindros.

Reducción catalítica selectiva (SCR)

Consiste en convertir los NO_x en nitrógeno (N₂) inocuo y vapor de agua a través de una reacción catalítica. Con un catalizador adecuado (acelerador de la reacción) es posible. La tecnología para realizar el “milagro” se denomina SCR y la provoca una sustancia llamada carbonil-diamida o urea y está siendo ya utilizada por autobuses, camiones, algunos coches y, por supuesto, tractores. El primer coche de serie que incorporó la tecnología fue un Mazda CX-7, pero, anteriormente, fabricantes de camiones y autobuses como Mercedes Benz, Iveco, DAF, Renault Trucs, Volvo y también de tractores, como el grupo AGCO, optaron por esta tecnología.

Cuando la tecnología SCR (inyección de urea con catalizador) se implementa con el filtro de partículas (CRT), algunas fuentes la denominan SCRT

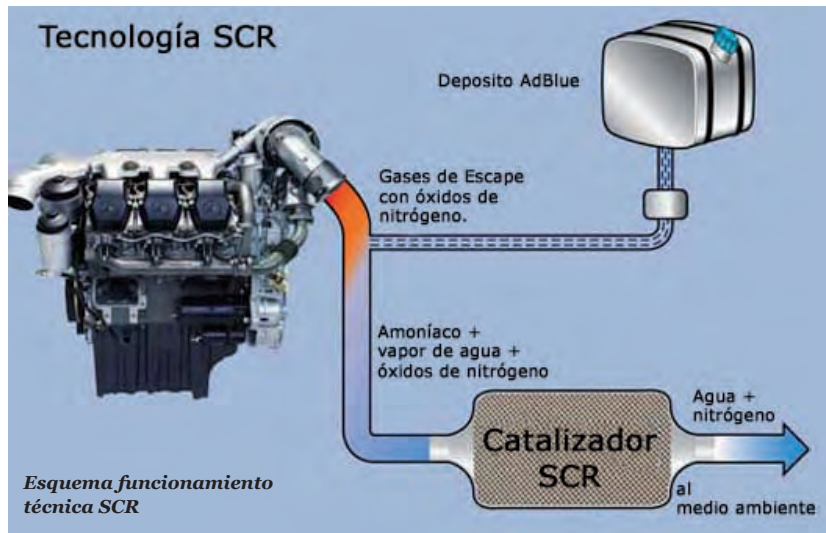
La reacción química

En realidad, la reacción “milagrosa” no es nueva, en el siglo XVIII ya se conocía. Si se mezclan los gases de escape de un diésel con una solución acuosa de urea en presencia de un catalizador, como es la zeolita o el vanadio, se obtiene vapor de agua y N₂.

Eliminar los óxidos de nitrógeno de los gases de escape implica separar los átomos de nitrógeno y oxígeno, obteniendo como productos de la reacción N₂ y O₂.

La transformación de los NO_x en N₂ y O₂ se realiza en dos fases. En la primera el NO se oxida, con la ayuda de un catalizador, a NO₂. A su vez, el NO₂ queda retenido en el filtro que contiene un óxido de metal alcalino-térreo (por ejemplo, el bario) y en ausencia de O₂ se reducen hasta N₂.

Algunas fuentes hablan que el uso



del combustible para eliminar el O₂ implica un aumento del consumo que se cifra por debajo del 1%; otros fabricantes, garantes de la tecnología SCR, incluso hablan de ahorro de combustible en torno al 3 %.

El lugar del “milagro”

La urea se convierte en amoníaco y reacciona con los NO_x en el catalizador, situado entre el colector de escape y el silencioso (se utiliza un convertidor catalítico que forma parte del sistema de escape del vehículo).

La tecnología SCR requiere un suministro continuo de solución acuosa de urea (al 32,5%) como agente reductor.

Con el tiempo se debe proceder a la limpieza que, en general, se hace de forma periódica y automática durante el funcionamiento normal del motor. Esto se consigue provocando la oxidación espontánea de las partículas retenidas aumentando la temperatura de los gases de escape, generalmente mediante una pequeña postinyección de combustible durante la carrera de expansión. Para asegurar la integridad del sistema de escape se recurre a provocar la reacción a temperaturas “bajas”, para ello se recubren las caras internas del filtro con un catalizador químico. El convertidor catalítico o catalizador se basa en el empleo de metales como el platino (Pt), el paladio (Pd) y el rodio (Rh) para dar lugar a las reacciones de oxidación y reducción necesarias para que se produzca la conversión.

La forma exterior del catalizador puede asimilarse a un silenciador,

además suele ocupar el lugar del primer silenciador en el conjunto del escape. En su interior se localiza el bloque del catalizador, tipo monolito, que puede ser de material cerámico o metálico.

Los catalizadores para motores diésel permiten controlar las emisiones nocivas mediante las conversiones químicas referidas en los gases de escape, y garantizan la máxima efectividad para neutralizar dichos elementos tóxicos como son las partículas sólidas de hidrocarburos (C+) y el monóxido de carbono (CO). Los resultados obtenidos con estas trampas de NO_x son buenos, alcanzando reducción del volumen de emisiones en torno al 90%.

AdBlue®

¿De dónde se obtiene la urea?, ¿es la misma urea que la usada para abonar?



Autobús con depósitos de gasóleo y Adblue®

Dando respuesta a la segunda pregunta, se debe decir que la urea fertilizante es diferente en concentración y pureza a la usada en el sistema SCR.

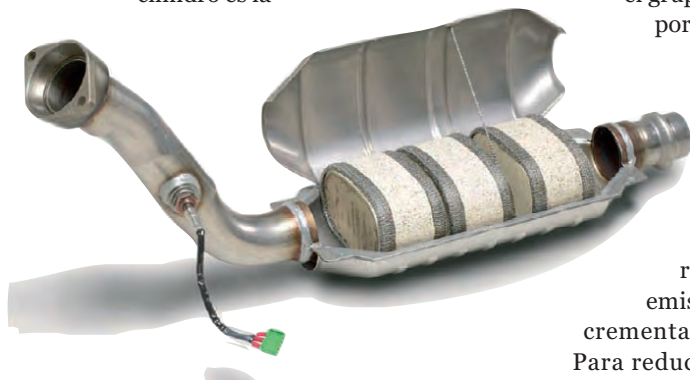
La respuesta a la primera pregunta es que la compañía Fertiberia, tiene en el mercado ibérico o español el producto Adblue® (Solución Acuosa de Urea 32,5%) que se vende en distintos formatos (bidón, IOL, IBC y granel). En Europa, otras empresas como Basf, SKW o Yara también ofrecen el producto.

AdBlue® es una marca registrada, protegida a nivel mundial y su derecho de uso debe adquirirse a través de una licencia. El AdBlue® debe cumplir unas especificaciones muy estrictas descritas según la norma DIN70070, debe mantenerse en un rango de temperatura de -11°C a +30°C, y con una duración de un año.

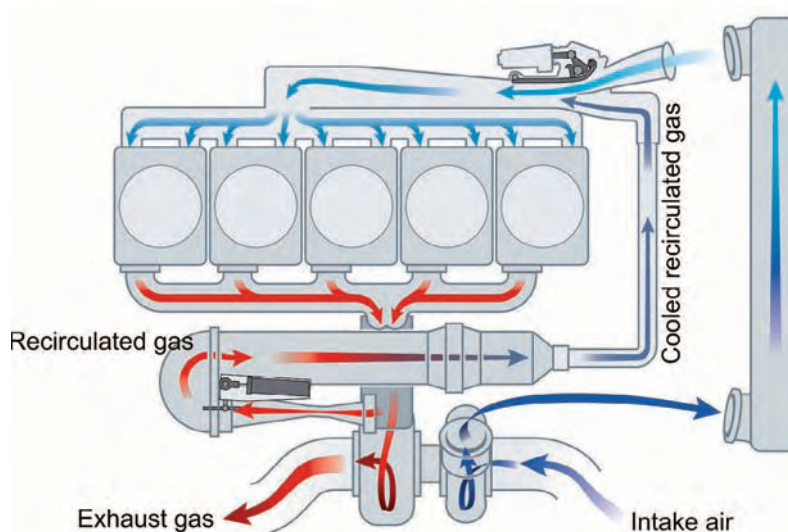
Se estima que el consumo de AdBlue® representa un 5% del total consumo de gasoil, pero se debe insistir que la solución de urea no es un combustible, no se inyecta en el motor, sino en el circuito de escape después de la combustión. Es por esto que no está sujeto a impuestos sobre consumo ni a cualquier otra regulación. No es inflamable ni explosivo. No está clasificado como materia peligrosa ni para las personas ni para el medio ambiente.

Recirculación de gases de escape (Exhaust Gas Recirculation, EGR)

Desde hace años se habla de catalizadores de tres vías, catalizadores de oxidación, sondas Lambda, válvulas EGR, etc. Como ya se ha comentado, uno de los efectos indeseados producido en el interior del cilindro es la



Sección Filtro partículas. 6090 John Deere



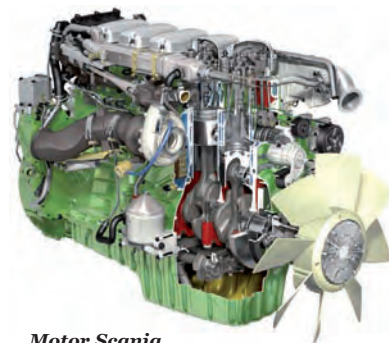
Esquema técnica EGR (Fuente Scania)

oxidación del nitrógeno del aire. Con las temperaturas existentes en el interior del cilindro, > 2500°C, y para una cantidad de combustible inyectado, se facilita la oxidación del nitrógeno.

Para los defensores de la tecnología EGR, la solución puede ser disminuir la temperatura máxima de combustión recirculando los gases de escape refrigerados. Se recircula parte de los gases de escape (de un 5 a un 15%) nuevamente a la cámara de admisión. El volumen de gas recirculado es proporcional a la potencia empleada y se regula en un venturi cuya apertura se gestiona electrónicamente. Lo que se consigue es empeorar la mezcla consiguiendo una reducción de las emisiones de óxido de nitrógeno en proporciones de un 60%

Fabricantes de camiones y autobuses como Man y Scania han elegido esta tecnología (aunque también utilizan la tecnología SCR para sus motorizaciones más potentes); fabricantes de tractores como John Deere y el grupo Same Deutz-Fahr optan por esta tecnología.

Existe, no obstante, un efecto indeseable que es el aumento de las partículas en suspensión provocado por tener una peor combustión, en otras palabras, re consigue mejorar las emisiones del NO_x pero se incrementan las de CO y partículas. Para reducirlo se opta por soluciones complementarias:



Motor Scania

- Aumento de la presión de inyección de combustible, mediante técnicas de inyección *Common Rail*.
- Integración del turbocompresor de geometría variable (VGT) para controlar la emisión de humos en aceleración.
- Modificación de la cámara de combustión para optimizar la mezcla aire-combustible.
- Se requiere un catalizador de escape: cámara cerámica recubierta de sustancias químicas. El "elemento en la sombra" del sistema es una unidad de control que cuantifica los parámetros (cantidad de combustible, revoluciones de motor y masas de aire) para decidir el funcionamiento. El sistema EGR no debe ni puede entenderse sin el uso de catalizador y filtro de partículas.

La solución EGR tiene su **principal ventaja** en no contar con aditivos adicionales ni costes extra añadidos. El mecanismo se implementa con una válvula mecánica con una

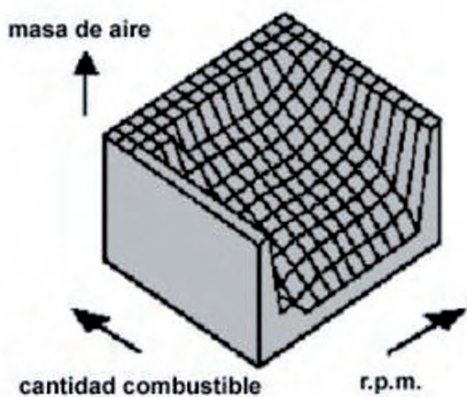


Tabla tridimensional de punto de funcionamiento, gestión motor con EGR

membrana que hace de *by-pass* entre los gases de escape y el colector de admisión y se controla mediante la ECU. La válvula se denomina EGR (Recirculación de Gases de Escape) y se activa mediante una electroválvula gobernada por la ECU que regula los tiempos y el flujo de gas (en otras palabras, a la unidad de control no le basta con abrir y cerrar la válvula EGR, hace mucho más: sirve para saber en qué momento, cuánto tiempo y el caudal de gases que recirculan).

Lo que dicen los fabricantes

A continuación se resumen las opiniones que amablemente los fabricantes han decidido enviar a la redacción de Agricultura y que se han colocado según en el orden de llegada.



Denomina a su estrategia *Green Efficiency* para optimizar el consumo de sus motores. Ha sido el primer fabricante de tractores que ha optado por la tecnología EGR. Opta por la tecnología EGR para cumplir las emisiones IT4 (2011) y por supuesto es válido para la actual Tier III. Ofrece motores de 4,5; 6,8; 9,0 y 13,5 litros en la categoría de PowerTech Plus™ con tecnología de última generación: Inyección electrónica, 4 válvulas por cilindro, Common Rail, turbo de geometría variable (VGT), EGR y filtro de escape (catalizador de oxidación más filtro de partículas) que los convierte en máximos exponentes de eficacia y rendimiento.

El sistema de filtro de escape está

pensado para que cuando el filtro esté lleno, el propio sistema lo autoregenere y se limpie automáticamente.

El conjunto de soluciones adoptadas en el motor son de forma resumida las siguientes:

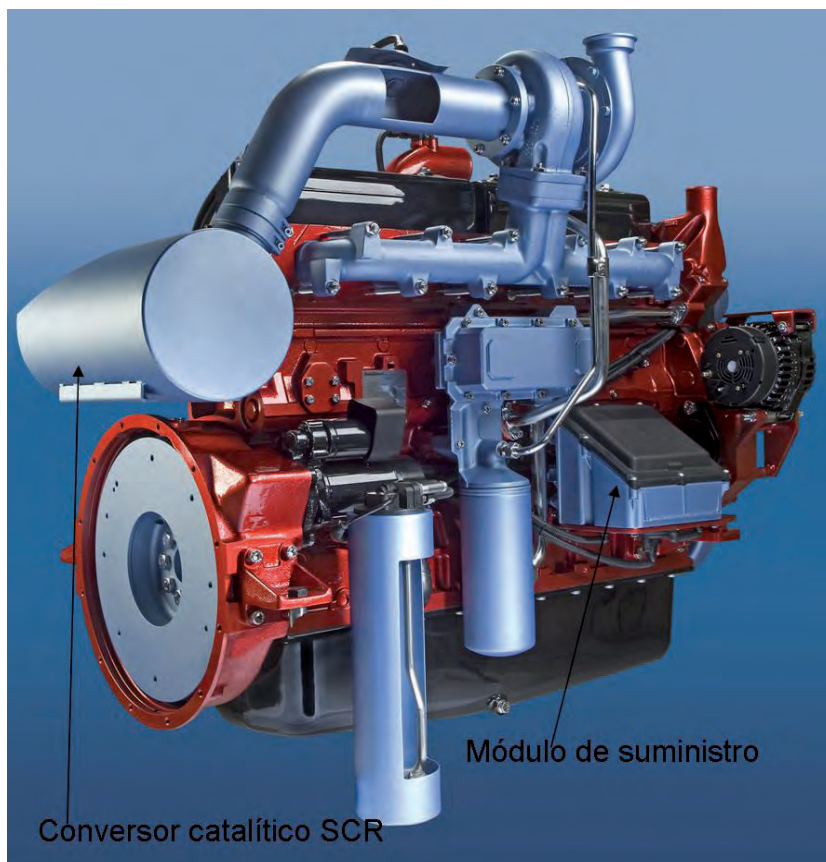
- Refrigeración del aire de admisión: Además de reducir los NOx se mejora la durabilidad.
- Soluciones en los cilindros: cámara de combustión y segmentos del pistón.
- Encendido por compresión de premezcla (PCI).
- Recirculación de los gases de escape.
- Turbocompresores: Los emplea el tipo de válvula de descarga para evitar sobrealimentación a altas velocidades de giro o turbos del tipo de geometría variable que tienen un excelente rendimiento a cualquier régimen.
- Sistemas de inyección de combustible: sistema de alta presión Common Rail; inyectores de unidad electrónica en grandes motores o inyectores mecánicos en los pequeños.

• Reguladores totalmente electrónicos: sensores y unidades de control que en cada momento garanticen la óptima proporción aire-combustible.



Es defensor de la tecnología SCR porque es capaz de cumplir con el nivel de emisiones actual y futuro, sin comprometer la potencia ni los costes operativos ni la productividad. Los motores con el sistema SCR no presentarán problemas añadidos de refrigeración que disminuyan la vida del motor. No se requieren sistemas de refrigerado adicional ni válvulas de recirculación. No se incrementa el consumo al tener una mejor eficiencia de combustible. En definitiva, según su opinión, la tecnología SCR es la más económica, limpia y elegante respuesta al desafío de la presente y futura regulación sobre la emisión de gases.

MF tiene el honor de ostentar el récord por fabricar el primer tractor del mundo con un motor con tecnología SCR, el MF8690. Se trata de un tractor de 370 CV y que Massey ha querido que sea su máximo exponente en potencia y en tecnología. Incorpora



para un motor SisuDiésel Citius de 8,4 litros con 4 válvulas por cilindro.

Resulta relevante que la principal revista de maquinaria agrícola, quizá del mundo, Profi, haya realizado unas pruebas de consumo (power-mix) y que referencie al modelo MF 8690 con motor SCR con unos resultados excelentes, otorgándole una "distinción incondicional" por su bajo consumo de diésel.

VALTRA Valtra

Valtra, conjuntamente con AGCO Sisu Power, han optado por la tecnología SCR para cumplir la normativa de la Fase 3B (de hecho, para cumplir los requisitos de la fase 3B sólo es necesario aumentar el porcentaje del aditivo AdBlue).

Para la Fase 4, al ser más exigente, se deberán combinar ambos métodos (SCR y EGR) con la adición del filtro de partículas (FPD) y aumentar la presión de inyección hasta casi los 2000 bar.



New Holland

Los ingenieros de New Holland conocen bien, y así los enumeran, los beneficios o perjuicios de una u otra tecnología, pero a día de hoy no quieren ofrecer una visión oficial. Los técnicos de motores todavía están investigando la mejor opción para la normativa futura (Tier 4 B, Tier 5...) que a día de hoy parece se deberá optar, si o si a montar reductores catalíticos. Lo que parece claro es que se optará por la tecnología SCR en los modelos de más potencia, puesto que esta tecnología es más cara que la EGR, y así se ayuda a "amortiguar" el impacto en el precio por ser los tractores más potentes los más caros.

La gran ventaja que tiene el grupo New Holland es que cuentan con la experiencia en vehículos pesados varios por ser fabricantes de motores para camiones y autobuses (Fiat Powertrain Technologies, Iveco) y la normativa para éstos va por

delante en el tiempo respecto a los vehículos extraviarios.

CLAAS Claas

La postura del grupo Claas es clara: como Claas no es fabricante de motores, confía en la tecnología de sus proveedores. Resulta, por tanto, una actitud inteligente. Su papel es seguir de cerca la evolución del mercado de motores y exigir a sus proveedores que le den la mejor tecnología para cada cilindrada y rango de potencia. Además, la "no investigación en motores" le permite gastar su presupuesto en I+D+i para buscar máquinas lo más "ecológicas" posibles, entendiendo "ecología" como la maximización del rendimiento con el mínimo de energía requerida.

Los catalizadores para motores diésel permiten controlar las emisiones nocivas mediante las conversiones químicas referidas en los gases de escape y garantizan la máxima efectividad para neutralizar dichos elementos tóxicos

Los proveedores de motores del grupo son, Caterpillar, Mercedes, Deere y Fiat.

- Caterpillar. Sirve motores que se montan en máquinas autopropulsadas (Cosechadoras LEXION, TUCANO 480, DOMINATOR) y el tractor XERION, se inclina, de momento,

por filtros catalíticos, dejando sin definir el futuro con los nuevos niveles de emisiones.

- Mercedes. Es la marca de motores que se montan en la picadora de forraje JAGUAR y cosechadoras TUCANO, se inclina, de momento, con válvula Wastegate para controlar la presión del turbo y no sobrealimentar en exceso la mezcla aire/gasoil, y también, de forma electrónica, realiza dos inyecciones, una casi al cerrar la válvula de escape y la otra cuando todavía no se ha cerrado la admisión. Falta definir el futuro.

- DPS (Deere Power Systems). Proveedor de motores para ser montados en los tractores AXION y ARION. Incorporan el sistema EGR (externo o interno).

- FPT (Fiat Power Train). Proveedor de motores para los nuevos tractores ELIOS y NEXOS, que, de momento montan el sistema EGR interno.

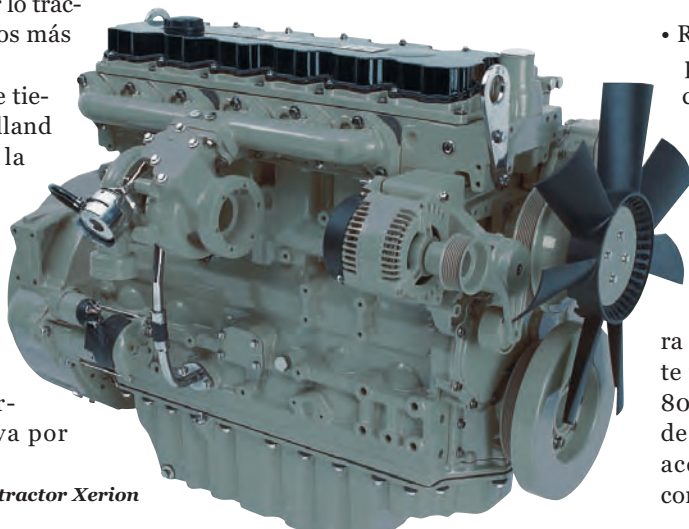
FENDT Fendt

El fabricante quiere destacar la elección de la línea seguida en su nueva serie 800 Vario. Se monta un motor Deutz de 6060 cc con 6 cilindros y 4 válvulas, control electrónico y con el sistema de reducción catalítica selectiva (SCR). Al motor se le acopla un ventilador viscoso controlado electrónicamente.

En definitiva, Fendt adopta la filosofía del grupo AGCO debido a que han considerado la tecnología SCR óptima para cumplir las exigencias Tier IIIB y futuras. Su elección se basa en los mismos pilares de decisión argumentada por AGCO y que se resumen en:

- Reducción del consumo con respecto a los sistemas EGR (concretamente el 800 Vario ofrece una cifra de consumo específico de 192 g/kWh).

- La tecnología SCR es capaz de conseguir un nivel de emisiones más bajo que otra tecnología gracias a la reacción del amoníaco con los NOx para producir H₂O y N₂. El fabricante incorpora en los tractores serie 800 Vario un tanque para la urea de 32 litros que es capaz para reaccionar con hasta 650 litros de combustible.



Motor caterpillar en tractor Xerion

Los camiones y autobuses con motor diesel están obligados a cumplir la normativa EURO 4 sobre emisiones contaminantes. La mayoría de los fabricantes han optado por el sistema SCR, que utiliza el AdBlue® como agente reductor. El AdBlue® es una disolución de urea con especificaciones muy estrictas de calidad. Su utilización fuera de especificaciones provoca funcionamiento incorrecto del motor y daños en el catalizador. **FERTIBERIA** es el único fabricante de urea y AdBlue® en España.

AdBlue®



Fertiberia

La solución para adaptar su vehículo a la normativa medioambiental europea

Disminuye la contaminación atmosférica provocada por las emisiones de los motores diesel

El AdBlue® de Fertiberia que necesite y donde lo necesite, con soluciones adecuadas a sus necesidades en el menor tiempo posible (contenedores de 1.000 litros, tanques de 5.000 litros para bases de flotas, instalaciones para gasolineras...)

Descubra la calidad de nuestro servicio

En conclusión

No es fácil obtener consenso entre los fabricantes de las ventajas e inconvenientes de uno u otro sistema. Es normal, cada cual defiende lo que considera mejor que a fin de cuentas es lo que han diseñado sus técnicos de motores.

Mis conclusiones, tras leer y escuchar las opiniones de los fabricantes que se han decidido a participar en este artículo, son las siguientes:

Los fabricantes a favor del sistema SCR enumeran ventajas de su sistema

Las ventajas del sistema SCR:

- Una de las grandes ventajas del sistema es que con la tecnología SCR apenas se necesita hacer cambios en el motor (los cambios se producen en sistemas anexos).
- Los gases de escape pueden llegar a ser más limpios: posibilidad de desarrollo posterior para satisfacer normas más severas.
- No influye en nada en los mantenimientos y el cambio de aceite.



- Parece que el sistema SCR reduce el consumo de combustible aproximadamente un 5%.

Las desventajas del sistema EGR:

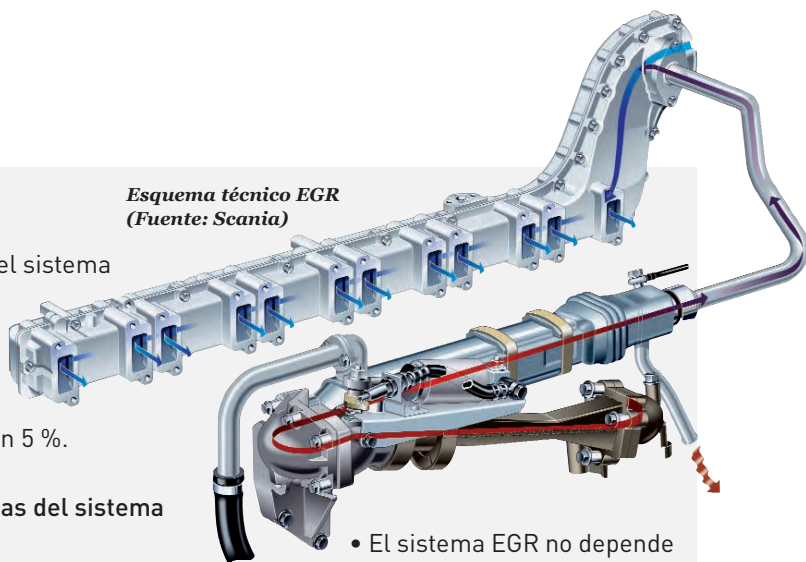
- Con combustibles con alto contenido en azufre el sistema de recirculación, EGR, puede tener más riesgo de producir ácido sulfúrico.
- El sistema de EGR necesita una válvula electrónica y un sistema de refrigeración de los gases de escape (el motor requiere un incremento aproximado del 20% en el tamaño de los sistemas de refrigeración).
- Los componentes del EGR pueden tener una menor vida útil debido a las condiciones de alta temperatura en las que trabajan y, en todo caso, requieren más espacio para colocar mayor capacidad de refrigeración.
- El turbocompresor de geometría variable es un sistema caro y necesita de una unidad electrónica que puede dar problemas.
- La bajada de temperatura de combustión afecta directamente al rendimiento del motor.

Los fabricantes a favor del sistema EGR

Las ventajas del sistema EGR:

- La principal baza de estos constructores es que si consiguen cumplir el límite de emisiones con el sistema EGR, han alcanzado el objetivo de forma más sencilla con una mecánica compacta.
- Son motores de mayor rendimiento.
- Los motores EGR no tienen costes añadidos por la necesidad de incorporar nuevos compartimentos o depósitos.

Esquema técnico EGR
(Fuente: Scania)



- El sistema EGR no depende de la temperatura como le ocurre a la urea.
- No se tiene supeditación a la disponibilidad de elementos adicionales.
- Su tecnología elimina los riesgos de corrosión. Existen algunas fuentes que "acusar" al sistema SCR de ser una tecnología muy sensible a la existencia de azufre en el gasóleo. El azufre puede depositarse en el convertido catalítico afectando al funcionamiento.

Las desventajas del sistema SCR:

- La tecnología SCR tiene el coste continuado de la adición de urea.
- Dificultades de repostaje de un aditivo que no es común.
- Problemas con la duración del aditivo: cristalización, evaporación, cambios con las temperaturas extremas, etc.
- Sistema complicado: depósito adicional, conductos, unidades de control y sensores.
- Posibles confusiones al rellenar depósitos.
- La urea puede implicar problemas de corrosión.

¿Quién lleva razón?, seguramente todos; con las exigencias actuales, los dos sistemas demuestran su validez. ¿Qué deparará el futuro?; ¿qué nuevas exigencias traerá?; los fabricantes ya están tomando posturas para la fase IV y IV B, y todavía hay comisiones de trabajo que están definiendo la Fase VI, ¿optarán los fabricantes por combinar ambas técnicas?; ¿cuáles serán los límites impuestos?; ¿se está yendo demasiado lejos? •