

*Proyecto Aula-Empresa*

# TÉCNICA DE LOS GASES DE ESCAPE



## AdBlue + SCR



**Junta de  
Castilla y León**

Consejería de Educación  
Dirección General de Formación Profesional  
y Régimen Especial



UNIÓN EUROPEA

FONDO SOCIAL EUROPEO



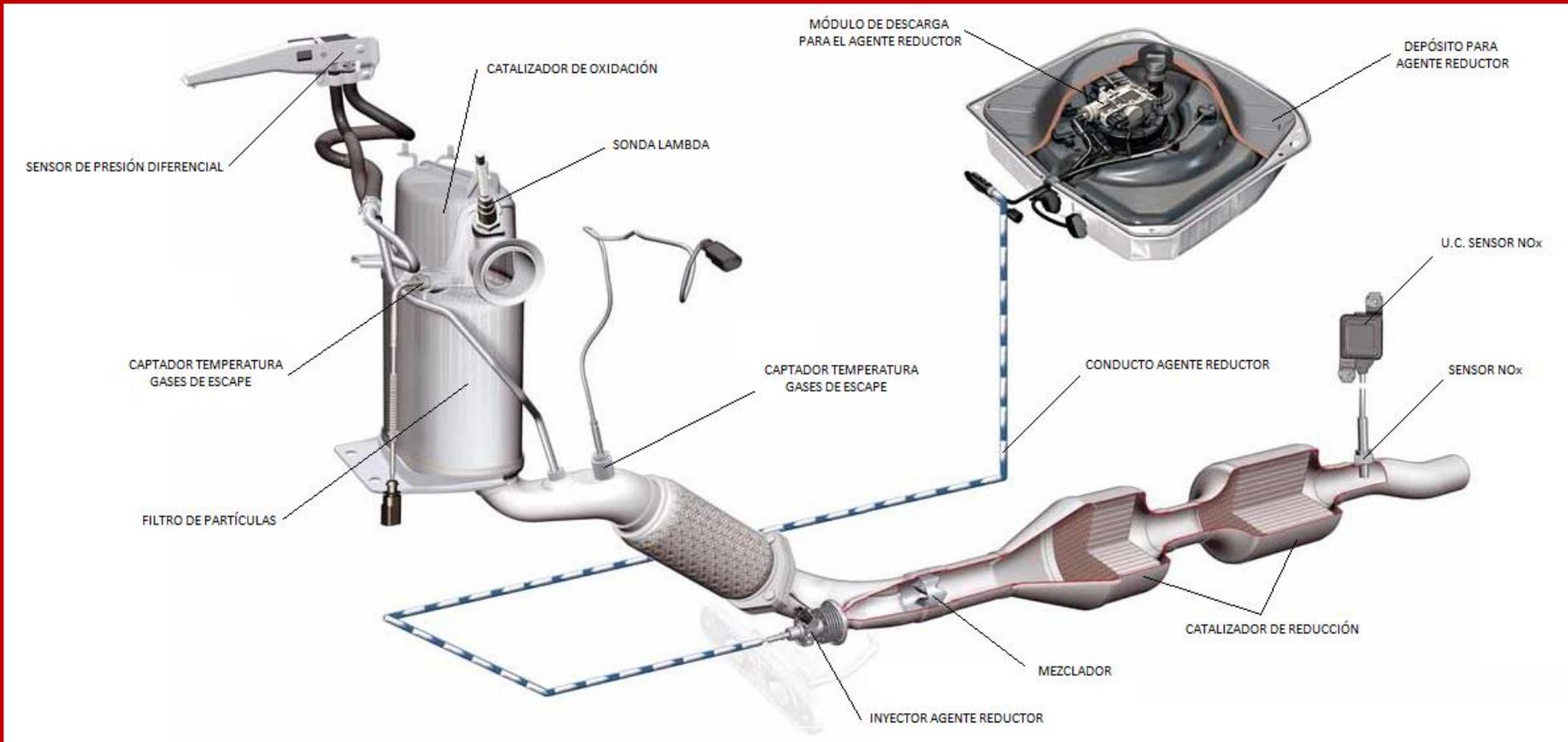
**Europa impulsa  
nuestro crecimiento**

# NUEVA NORMATIVA EUROPEA

- En el año 2014 entra en vigor la nueva normativa EURO6
- Se incrementan las restricciones para las emisiones de óxidos nítricos ( $\text{NO}_x$ ) e hidrocarburos (HC)
- Los sistemas comúnmente conocidos como SCR con AdBlue se desarrollan para tratar los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) causantes de la lluvia ácida y de la nubes o nieblas de contaminación
- Estos compuestos se forman al alcanzar elevadas presiones y temperaturas durante la combustión de mezclas con exceso de oxígeno



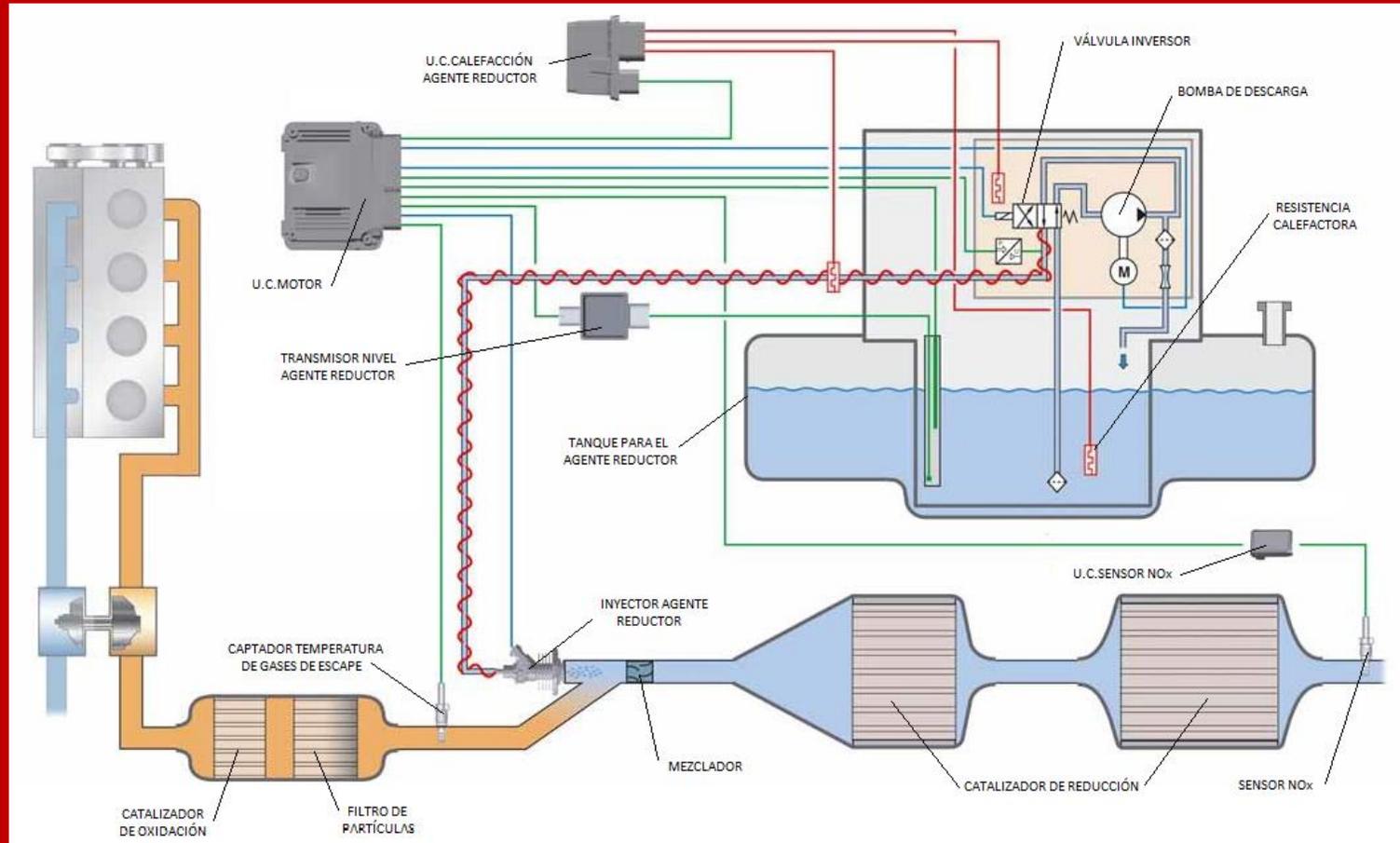
# SISTEMA PARA NORMA EURO 5



# FUNCIONAMIENTO I

- El catalizador de reducción precisa de una temperatura en torno a los 200 ° C para trabajar
- El captador de temperatura de gases de escape informa de este parámetro a la entrada del catalizador de reducción
- La bomba de descarga calefactada envía el agente reductor a una presión constante de 5 bares hasta el inyector en el escape
- La U.C. Motor inyecta en el torrente de gases de escape la cantidad necesaria de agente reductor
- El producto se mezcla uniformemente con los gases de escape al atravesar el mezclador
- En el trayecto hidrolítico el agente se descompone en  $\text{NH}_3$  y  $\text{CO}_2$
- En el catalizador de reducción se transforman los  $\text{NO}_x$  en  $\text{N}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$

# ESQUEMA DE CONEXIONADO



# FUNCIONAMIENTO II

- El rendimiento del sistema SCR se supervisa con el transmisor de  $\text{NO}_x$
- Condiciones para la inyección de agente reductor:
  - Temperatura del catalizador de reducción por encima de los 200 °C
  - Cantidad suficiente de agente reductor garantizada para temperaturas exteriores bajas
- Condiciones para la interrupción de la inyección del agente reductor:
  - Flujo de gas de escape insuficiente (ralentí)
  - Temperatura de los gases de escape excesivamente baja (lo que no permite al catalizador de reducción alcanzar su temperatura operativa)
- La estructura del catalizador de reducción es cerámica alveolar
- El revestimiento es de zeolita de cobre para acelerar el proceso de reducción de los  $\text{NO}_x$

# TERMÓLISIS + HIDRÓLISIS I

- Esta reacción se produce entre la inyección del agente reductor y el catalizador de reducción
- El agente reductor es una disolución de urea en agua pura al 32,5 %
- La inyección del agente en los gases de escape provoca la evaporación del agua (termólisis = disgregación de un compuesto en otros por acción del calor)
- El agente se descompone en amoníaco y ácido isociánico
  - $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \longrightarrow \text{NH}_3 + \text{HNCO}$
- Hidrólisis (quebranto de un enlace químico por acción del agua):
  - El ácido isociánico reacciona con el agua liberada formando amoníaco y dióxido de carbono
  - $\text{HNCO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NH}_3 + \text{CO}_2$

# TERMÓLISIS + HIDRÓLISIS II

- El reparto uniforme del agente en los gases de escape es fundamental
- Antes de entrar en el catalizador de reducción el agente debe estar totalmente evaporado
- Es vital una correcta pulverización y atomización del fluido
- En esto es trascendental un flujo de gases suficiente másica y térmicamente hablando
- A mayor homogeneización de la mezcla de agente y gas de escape le corresponde un mayor rendimiento del catalizador de reducción

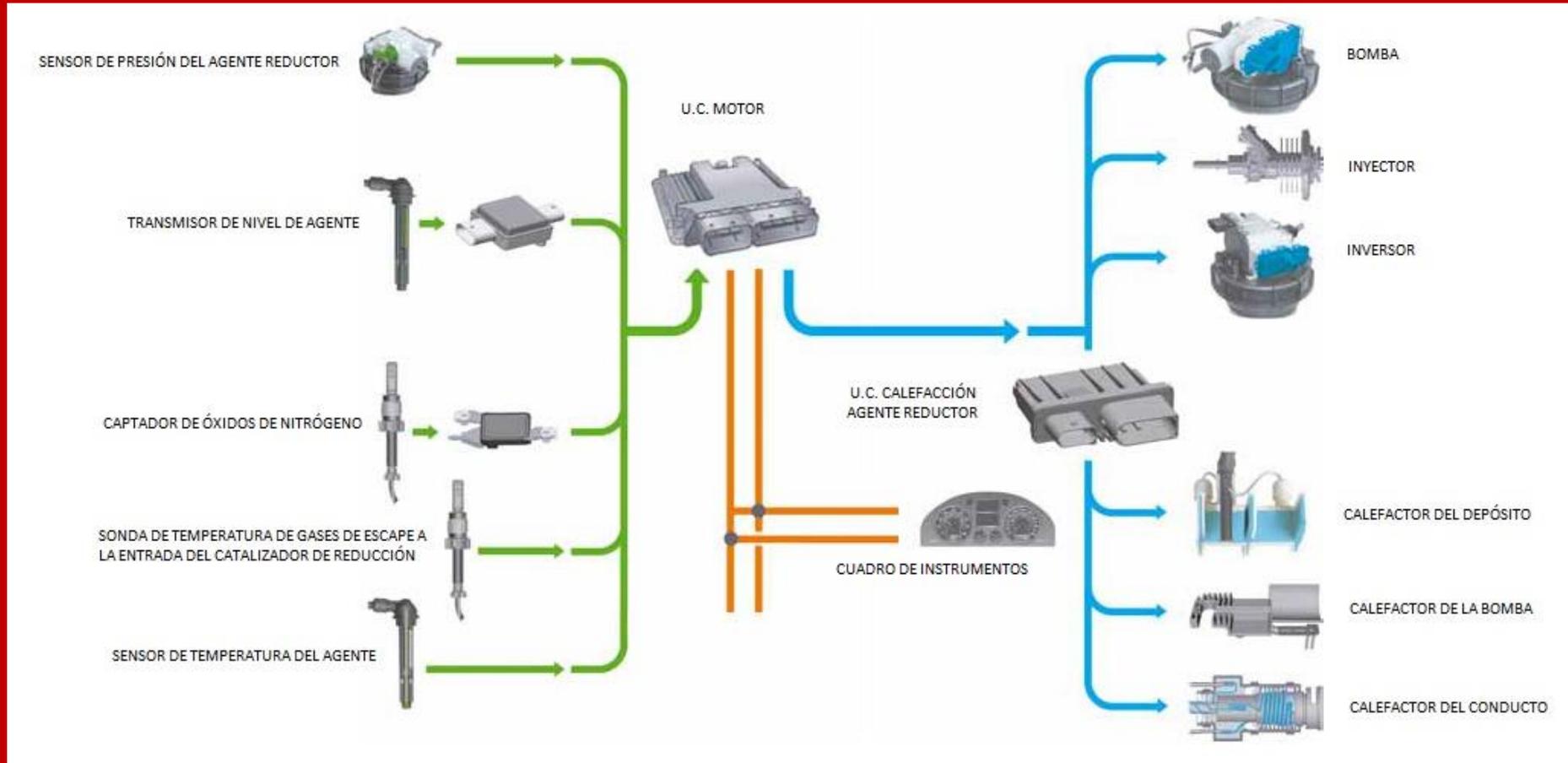
# REDUCCIÓN

- En el catalizador de reducción se lleva a cabo la disociación de las moléculas de óxidos de nitrógeno (NO + NO<sub>2</sub>), separando así el oxígeno (O<sub>2</sub>) del nitrógeno (N<sub>2</sub>)



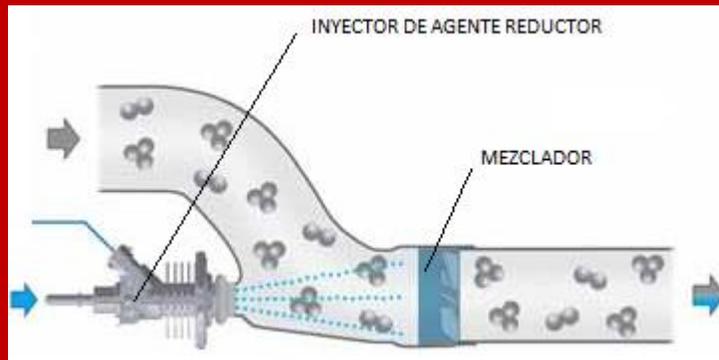
- El resultado final de esta reacción química es nitrógeno (N<sub>2</sub>) y vapor de agua (H<sub>2</sub>O)
- Ninguno de estos dos gases es contaminante

# FUNCIONAMIENTO III



# INYECTOR DE AGENTE REDUCTOR I

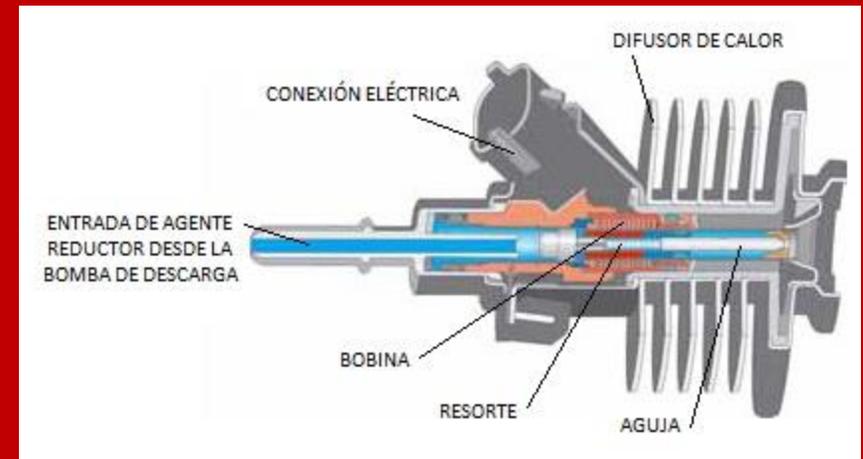
- Montado en la tubería de escape entre el filtro de partículas y el catalizador de reducción
- Su misión es inyectar el agente reductor en el torrente de gases de escape
- La U.C.M. pilota el inyector de agente con un impulso modulado en dwell (PWM)
- Se sitúa en el centro de la tubería en “S” para centrar el cono de pulverización



- Garantiza una buena mezcla del agente con los gases de escape
- Asegura una distribución homogénea del agente en el flujo de gases
- Gracias a este diseño el agente reductor se evapora rápida y completamente antes de alcanzar el catalizador de reducción

# INYECTOR DE AGENTE REDUCTOR II

- En condición de reposo el muelle antagonista mantiene la aguja aplicada contra la tobera cerrando el inyector
- El agente reductor llega a presión desde la bomba de descarga a través del conducto calefactado
- Cuando la U.C.MOTOR determina que es precisa la inyección de agente reductor alimenta la bobina
- Se crea un campo magnético que atrae a la aguja al interior del devanado en contra del resorte, produciéndose la inyección del agente



FALLO: Provoca el encendido del testigo de avería y de AdBlue

No es posible la inyección del agente con lo que se superan los límites de emisiones

# MEZCLADOR

- Su función principal es lograr una pulverización muy fina del agente reductor
- Consiste en una superficie de impacto para el cono de pulverizado
- Al impactar las finas gotas del cono sobre esta pieza se produce una atomización del fluido que permiten una evaporación más rápida y completa del chorro inyectado
- Se consigue que no lleguen gotas de agente en fase líquida al catalizador de reducción
- Como función complementaria el mezclador imprime al flujo de gases de escape un movimiento de torbellino
- Así se asegura un reparto homogéneo de la mezcla de agente reductor y gases de escape



# CANTIDAD DE AGENTE A INYECTAR

- Este cálculo lo efectúa la U.C. del Motor
- Depende de:
  - Estado de servicio del motor
  - Temperatura de los gases de escape
  - Cantidad de óxidos de nitrógeno contenida en el flujo másico de gases de escape



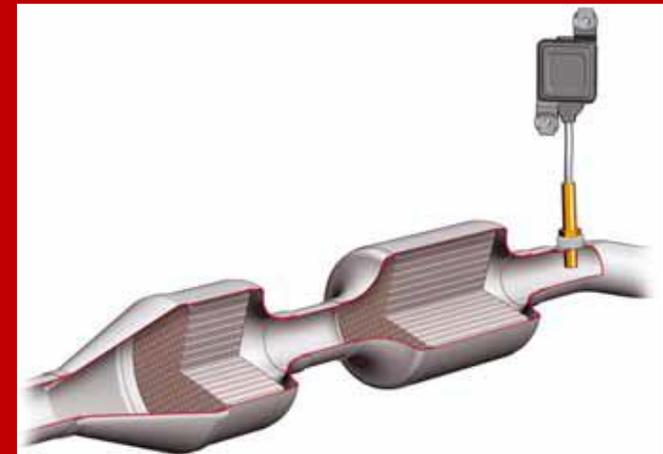
- La cantidad de  $\text{NO}_x$  que penetra en el catalizador de reducción se determina según un modelo de cálculo teórico basado en ensayos en laboratorio
- Estos resultados dan lugar a una cartografía que se almacena en una memoria de la U.C.M.
- Los valores empleados son:
  - Masa de carburante inyectado (calculado por U.C.M. en virtud de las condiciones de marcha)
  - Flujo másico de aire de admisión (determinado directamente por el debímetro de aire)
  - Tasa de reciclado de gases de escape (potenciómetro EGR)

# ALMACENAMIENTO DEL AMONÍACO

- En ciertas condiciones de servicio el  $\text{NH}_3$  se acumula en el catalizador de reducción
  - Ralentí
  - Bajas temperaturas de los gases de escape
- Cuando se reúnen condiciones de servicio favorables para ello se utiliza este amoníaco almacenado para reducir una mayor cantidad de óxidos de nitrógeno en los gases
- La U.C.M. calcula la cantidad de  $\text{NH}_3$  acumulada en el catalizador en base a una cartografía específica memorizada
- Este valor también se tiene en cuenta como señal complementaria para el ajuste de la cantidad de combustible inyectado

# SENSOR DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO I

- Localizado a la salida del catalizador de reducción
- Sirve para determinar la cantidad de  $\text{NO}_x$  contenidos en los gases de escape
  - Se precisa la evaluación de la señal emitida por una pequeña unidad de control asociada al captador
- Es el principal involucrado en la supervisión del correcto Funcionamiento del SCR
- Se compara el valor real indicado por el transmisor con el teórico obtenido del modelo memorizado en la U.C.M.
- Si la diferencia entre estos dos valores supera un límite establecido la U.C.M. detecta una anomalía de funcionamiento del equipo SCR y procede a encender los testigos de avería y pantalla AdBlue



# SENSOR DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO II

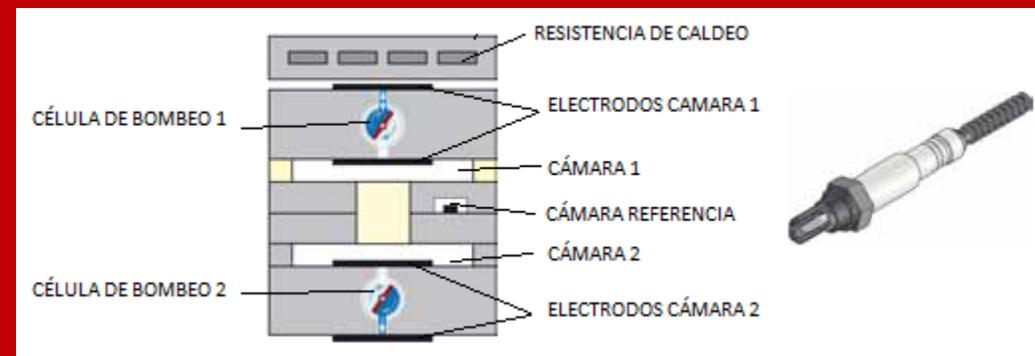
- La señal emitida por el captador es del orden de unos pocos microamperios
- Debido a esta baja amplitud no pueden enviarse directamente a la U.C.M.
- El pequeño circuito electrónico de control recibe la señal del sensor, la procesa y la amplifica para después remitirla a la U.C.M.
- El conjunto es inseparable: En caso de avería es preciso sustituir ambos elementos

- El sensor se compone de:

- Dos cámaras de medición conectadas en serie
- Dos células de bombeo
- Cuatro electrodos de medición
- Una resistencia calefactora

- El funcionamiento del sensor está basado

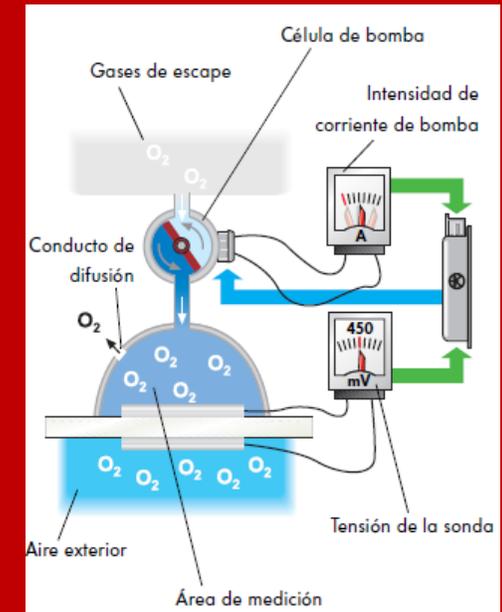
en la sonda lambda de banda ancha, es decir, en la medida de la cantidad de oxígeno



# SENSOR DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO III

- **FUNCIONAMIENTO DE LA PRIMERA CÁMARA:**

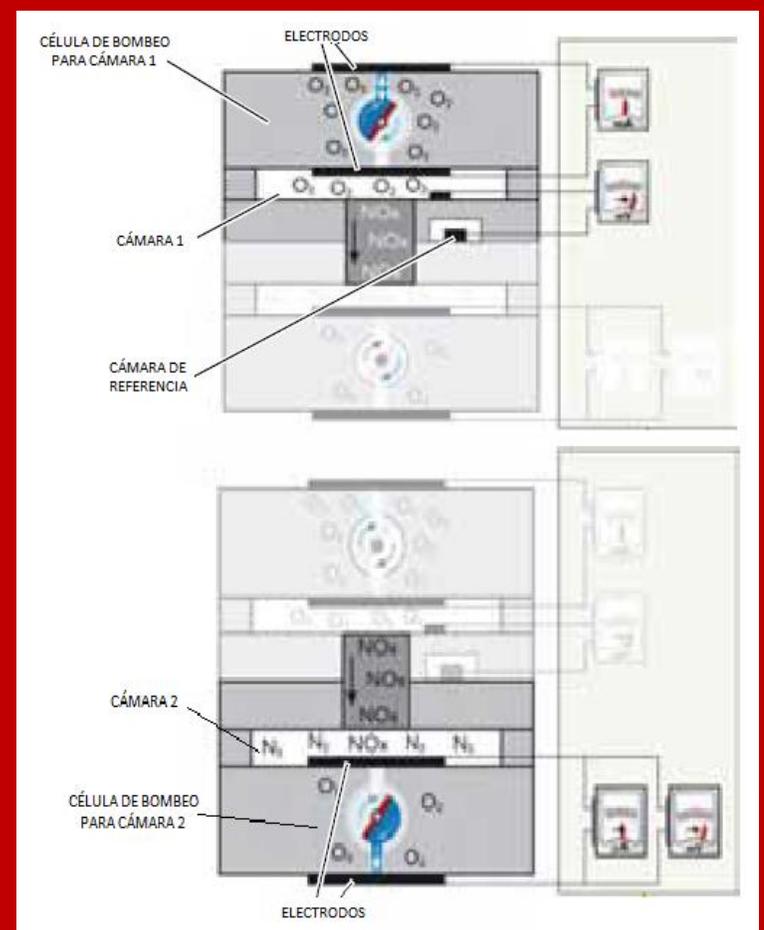
- Una muestra de los gases de escape se bombea hasta la primera cámara
- Según la diferencia de concentración de oxígeno en la primera cámara con respecto a la cámara de referencia se genera mayor o menor tensión en los electrodos de la misma
- El circuito de control trata de mantener la tensión de los electrodos fija en 450 mV
- Este valor se corresponde con una cantidad de oxígeno determinada y equivalente a una relación aire-combustible estequiométrica
- El circuito de control bombea más o menos cantidad de gases de escape a la primera cámara para mantener constante la concentración de oxígeno y conseguir así los 0'5 V entre electrodos
- Así aseguramos una cantidad controlada y muy concreta de oxígeno en los gases encerrados en la primera cámara



# SENSOR DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO IV

## • FUNCIONAMIENTO DE LA SEGUNDA CÁMARA:

- Tras su paso por la primera, los gases de escape se filtran a la segunda cámara
- Al atravesar un electrodo especial que separa ambos volúmenes los  $\text{NO}_x$  se escinden en  $\text{N}_2$  y  $\text{O}_2$
- La unidad de control mantiene la tensión generada en los electrodos de la segunda cámara en un valor fijo de 400 mV
- La migración de los iones de  $\text{O}_2$  provocan un incremento de la diferencia de potencial entre los electrodos
- El flujo de oxígeno bombeado es la medida de la concentración de  $\text{NO}_x$  en la segunda cámara y, por ende, en los gases de escape



# SENSOR DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO V

- CALEFACCIÓN DEL SENSOR:
  - Trabaja de manera similar a la sonda lambda de banda ancha
  - Como seguridad no se activa hasta que el sistema verifica que no existe agua condensada sobre el sensor (destruye el electrodo de cerámica)
  - El sistema determina que no se forman condensaciones cuando la temperatura de los gases de escape es mayor que la temperatura de rocío

# AGENTE REDUCTOR AdBlue

- Es una disolución de urea en agua al 32,5%
- Producida de manera sintética para lograr la mayor pureza posible de la solución ya que una pequeña parte de impurezas inservibiliza la mezcla (no reutilizar envases)
- La concentración al 32.5 % se debe a que en esta condición presenta la temperatura de congelación más baja posible.
- Concentraciones mayores o menores tienen una temperatura de cristalización superior
- Es estable químicamente hasta los 70 °C. Se disgrega a partir de esta temperatura:
  - Libera parte del amoníaco y en consecuencia un olor desagradable
- Deja un rastro blanquecino en las fugas muy característico que se puede eliminar fácilmente con agua si no se ha secado en exceso
- Penetra todo tipo de superficies con extrema facilidad por lo que se recomienda la protección de las zonas cercanas durante la intervención del sistema

# SISTEMA DEL TANQUE DE AGENTE REDUCTOR

- Capacidad de 16.8 litros
- Situado bajo la cubierta de la rueda de repuesto
- Aislado térmicamente con espuma de poliuretano
- Formado por:
  - Módulo de descarga para el Agente Reductor:
    - Contiene todos los sensores y actuadores que participan de la circulación del Agente
  - Unidad de evaluación del nivel de A.R.:
    - Mide el nivel de fluido en el depósito
  - Calculador para el calefactado del A.R.:
    - Pilota la calefacción del sistema de alimentación de AdBlue



# LLENADO DEL TANQUE

- El depósito de A.R. es casi hermético
- La compensación de la presión del interior del tanque con el exterior se logra a largo plazo
- En las operaciones de repostaje se debe asegurar un volumen suficiente de expansión
- Solamente deben emplearse botellas y sistemas previstos por el fabricante
- La velocidad de llenado tiene un valor límite para cada tipo de sistema (industrial y turismo)
- Se debe evitar en todo caso el llenado excesivo
- No se puede reutilizar el fluido extraído previamente del depósito en una operación de vaciado
- MEDIDAS DE PROTECCIÓN:
  - El Agente Reductor puede irritar la piel, ojos y vías respiratorias
  - Si se entra en contacto con el fluido hay que lavar inmediatamente con agua abundante en tiempo suficiente
  - Se recomienda el uso de guantes y gafas de protección

# MÓDULO DE DESCARGA

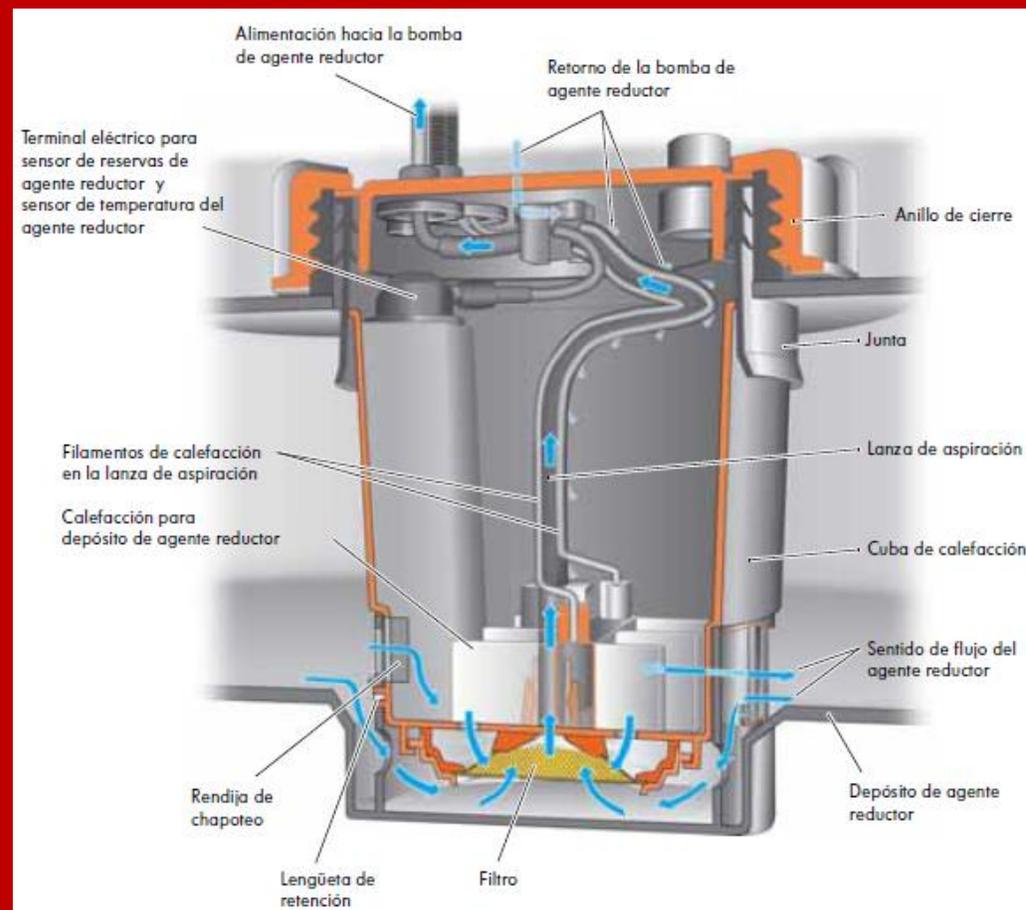
- Integra:

- Válvula de inversión de flujo
- Transmisor de presión de alimentación
- Bomba para el Agente Reductor
- Captador de nivel y temperatura del A.R.
- Calefacción de la bomba para el A.R.



# BOTE CALEFACTOR

- La bomba para el A.R. aspira el fluido del fondo del bote calefactor a través de una lanza calefactada
- En la aspiración se dispone un filtro para retener posibles impurezas
- El calefactor de la base del bote permite el funcionamiento con bajas temperaturas
- El interior del bote se comunica con:
  - El retorno de la bomba para el A.R.
  - El propio tanque a través de las ranuras de fluctuación
- La salida de AdBlue caliente del interior del bote al depósito se aprovecha para descongelar la totalidad del Agente



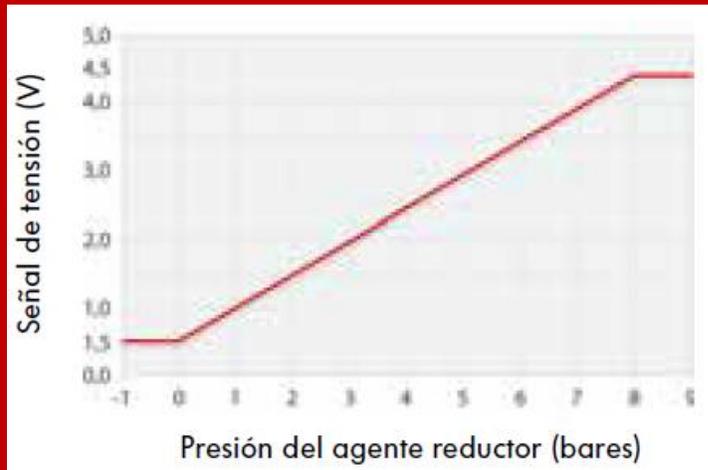
# BOMBA PARA EL AGENTE REDUCTOR

- Es de tipo de diafragma accionada por un motor de corriente continua
- Pilotada directamente por la U.C.M. con una señal modulada en anchura de impulsos (PWM)



- Al accionar el contacto cuando se cumplen las condiciones necesarias la bomba envía el Agente Reductor a una presión de 5 bares al inyector
- Tras la parada del motor la bomba devuelve el Agente Reductor contenido en el conducto hasta el inyector al depósito
- La dirección del flujo de Agente Reductor depende de la posición de la válvula inversora

# TRANSMISOR DE PRESIÓN DE ALIMENTACIÓN



- Envía a la U.C.M. una tensión proporcional a la presión del circuito de alimentación del Agente Reductor

- En base a esta información la U.C.M. regula la presión en el conducto de alimentación al inyector modificando la velocidad de la bomba adaptando la potencia de descarga



# VÁLVULA INVERSORA DE FLUJO

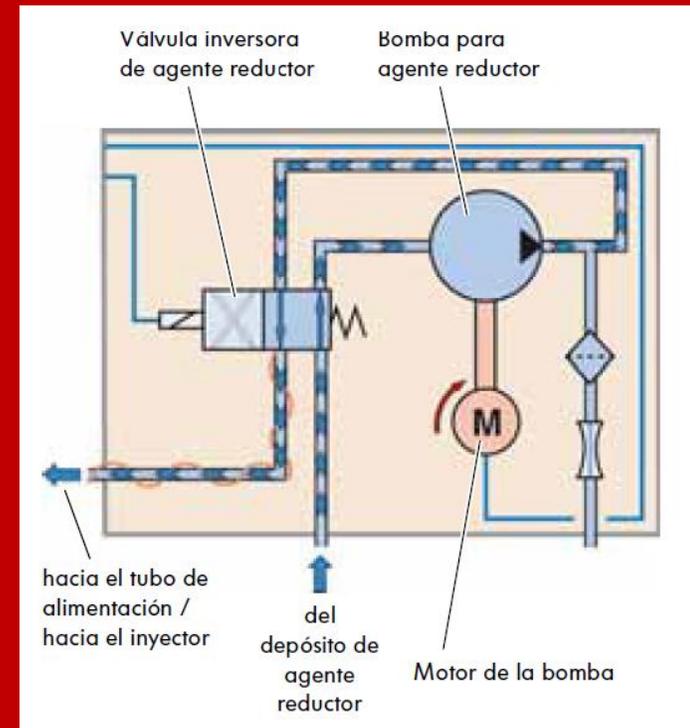
- Es una válvula distribuidora 4/2
- Integrada en el módulo de descarga
- Cuando se para el motor Diesel esta válvula invierte el sentido del flujo del agente reductor por la conducción al inyector
- El AdBlue allí contenido se descarga en el bote calefactor (tanque)
- De esta manera se evita que el Agente se congele en la tubería y el inyector con bajas temperaturas ambientales



Válvula inversora de agente reductor

# VÁLVULA INVERSORA DE FLUJO

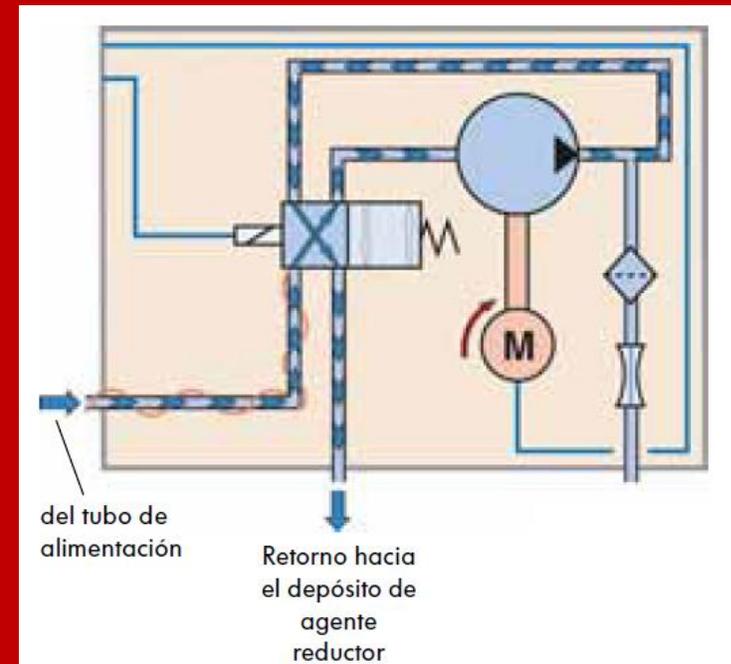
- CON CONTACTO O MOTOR EN MARCHA:
  - El muelle antagonista mantiene la válvula en la posición de reposo “alimentación”
  - Con esta configuración la salida de la bomba queda conectada a la tubería de alimentación del inyector
  - La lumbrera de admisión de la bomba comunica así con la lanza de aspiración
  - La U.C.M. no excita la bobina interna de la válvula



# VÁLVULA INVERSORA DE FLUJO

- PARADA DEL MOTOR:

- La U.C.M. excita la bobina de la válvula
- La bobina atrae al imán elevador y fuerza su desplazamiento
- El imán empuja la corredera de control de la válvula
- La válvula queda ahora conectada en posición de “vaciado”
- El muelle antagonista interno queda comprimido
- La lumbrera de admisión de la bomba está ahora conectada con la tubería de alimentación del inyector
- El lado de impulsión de la bomba vierte así de nuevo al depósito de agente reductor

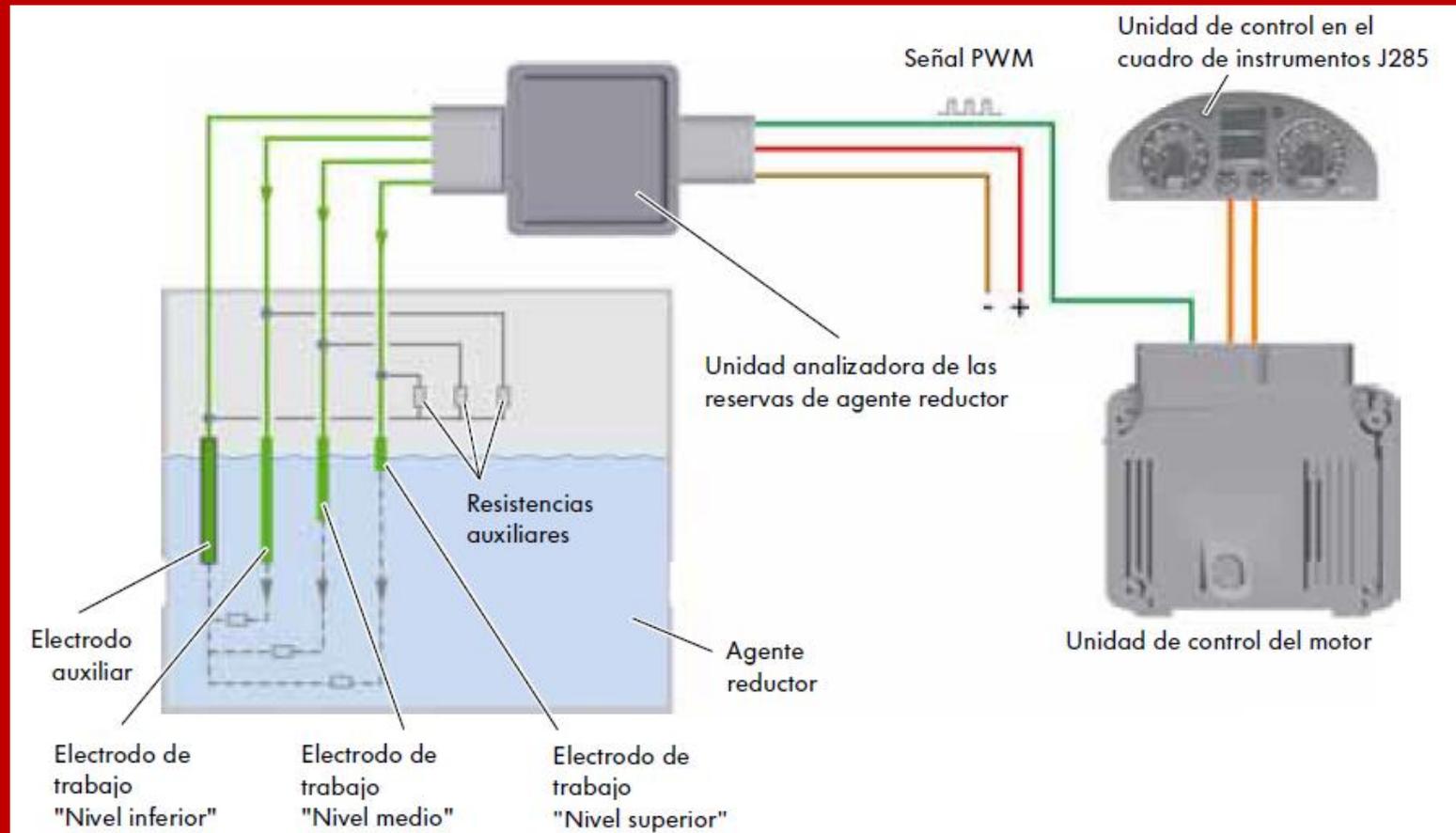


# TRANSMISOR DE NIVEL DEL A.R. I

- Dispone de 4 indicadores de acero inoxidable colocados en el bote calefactor
- La Unidad de Evaluación analiza la señal del transmisor y la envía a la U.C.M.
- La señal se modula sobre el ancho del impulso (PWM)
- Se distinguen tres diferentes niveles de llenado
- Cada nivel se corresponde con una activación de avisos al conductor



# TRANSMISOR DE NIVEL DEL A.R. II



# TRANSMISOR DE NIVEL DEL A.R. III

- FUNCIONAMIENTO:
- La U. de Evaluación compara la conductividad eléctrica entre los electrodos de trabajo y el de referencia
- Para ello aplica una tensión determinada a intervalos consecutivos
- Una corriente eléctrica aparece entre 2 indicadores de nivel cuando están sumergidos en agente reductor (siempre uno de trabajo y el de referencia)
- En función de esta conductividad la U. de Evaluación conoce si el nivel del A.R. en el tanque se encuentra por encima o por debajo del electrodo de nivel considerado
- Las fluctuaciones del A.R. originadas durante la marcha del vehículo son amortiguadas por la U. de Evaluación
- En caso de fallo el sistema permanece activo aunque no se puede determinar el nivel de llenado del depósito

# SISTEMA DE CALEFACCIÓN PARA EL A.R. I

- Evita que se pueda congelar el Agente Reductor con las bajas temperaturas
- Consta de un equipo calefactor en:
  - Depósito
  - Bomba
  - Conducto al inyector
- El sistema de calefacción asegura la rápida puesta en servicio del equipo SCR tras el arranque en frío y/o con bajas temperaturas
- El sistema dispone de una U.C. específica localizada junto al módulo de descarga
- La U.C. de Calefacción es comandada desde la U.C.M.

# SISTEMA DE CALEFACCIÓN PARA EL A.R. II

- **FUNCIONAMIENTO:**

- La necesidad de calefactado se determina según:

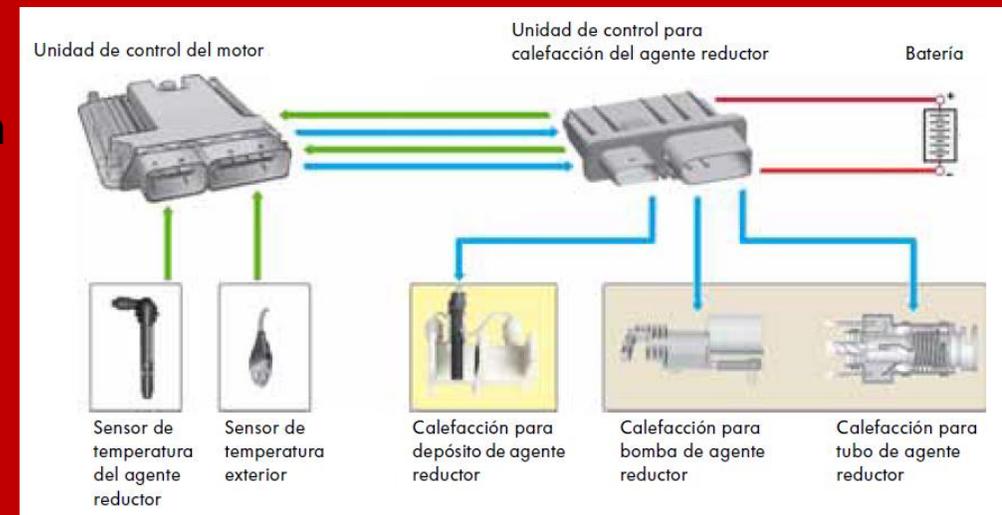
- La temperatura exterior
- La temperatura del Agente Reductor

- U.C.M. envía la señal de activación de la calefacción a la U.C.Calefacción

- La U.C.C. activa la alimentación de las resistencias de caldeo con tres programas distintos para dos circuitos diferentes:

- Bomba y conducto
- Depósito

- La U.C.C. devuelve a la U.C.M. la intensidad real consumida para supervisar el correcto funcionamiento del equipo según norma EOBD

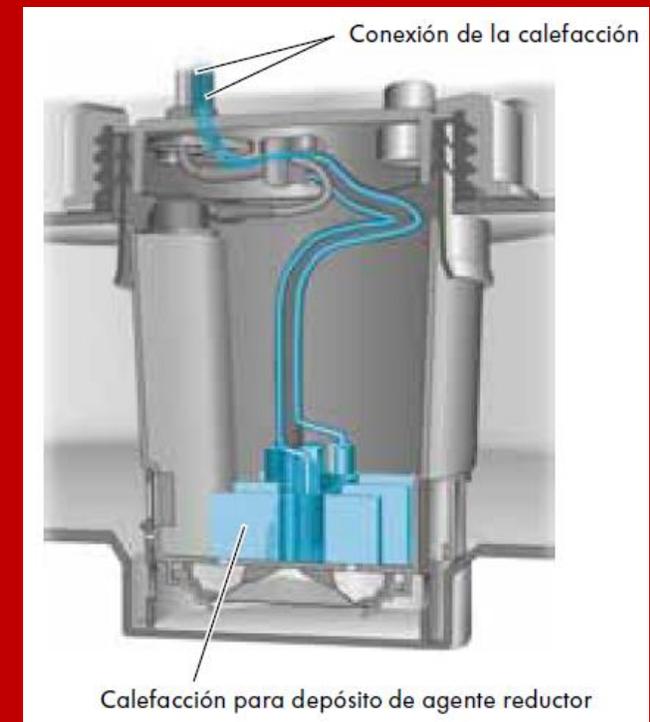


# SISTEMA DE CALEFACCIÓN PARA EL A.R. III

	DEPÓSITO	BOMBA Y CONDUCTO
ACTIVACIÓN	Temperatura exterior o en el tanque por debajo de $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$	Temperatura del exterior menor de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$
DURACIÓN	20 minutos si la temperatura está entre $-13$ y $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$	100 segundos si la temperatura está entre $-25$ y $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$
	45 minutos si la temperatura está entre $-25$ y $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$	21 minutos si la temperatura está por debajo de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$
POSTCALEFACCIÓN	5 minutos si la temperatura está por debajo de $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$	

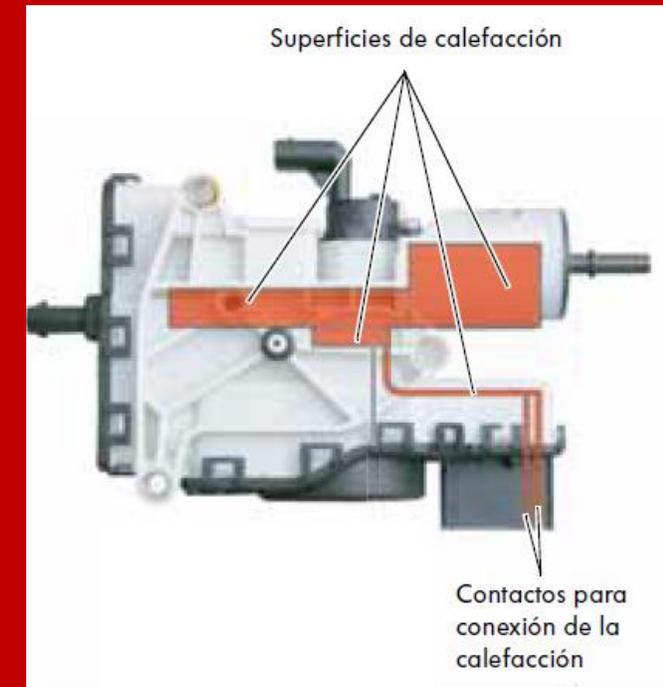
# CALEFACTOR PARA EL DEPÓSITO DE A.R.

- Es una resistencia tipo PTC
- Localizado en el fondo del bote calefactor
- Su valor óhmico aumenta con la temperatura
- Su consumo eléctrico se reduce a medida que incrementa su temperatura (menor intensidad de corriente)
- Pilotado por la U.C.M. a través de la U.C.Calefacción
- En caso de anomalía solo se enciende el testigo de emisiones



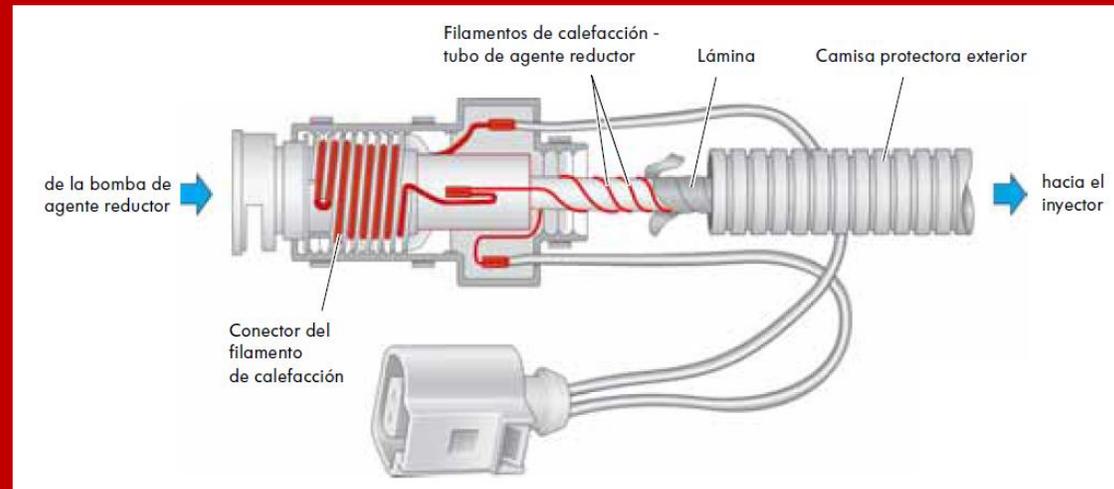
# CALEFACTOR PARA LA BOMBA DE A.R.

- Es una resistencia tipo PTC
- Situado en el módulo de descarga, en torno al cuerpo de la propia bomba
- Su valor óhmico aumenta con la temperatura
- Su consumo eléctrico se reduce a medida que incrementa su temperatura (menor intensidad de corriente)
- Pilotado por la U.C.M. a través de la U.C.Calefacción
- Este mismo elemento se aprovecha para calentar también al inversor
- En caso de anomalía solo se enciende el testigo de emisiones



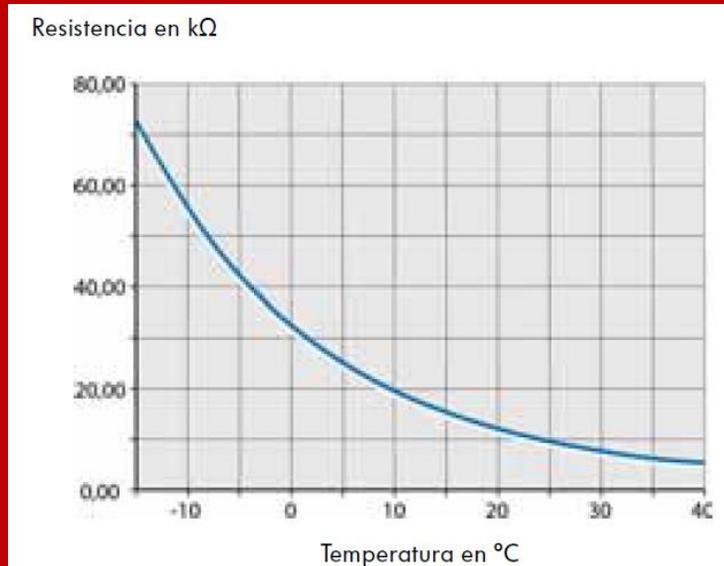
# CALEFACTOR DEL CONDUCTO AL INYECTOR

- Es un hilo resistivo de acero inoxidable
- Se arrolla en torno al conducto
- Dispone de un recubrimiento de plástico a modo de protección
- Pilotado por la U.C.M. a través de la U.C.Calefacción
- En caso de anomalía se procede a encender el testigo de emisiones contaminantes



# SENSOR DE TEMPERATURA DEL A.R.

- Es una sonda de tipo NTC
- Localizada en la carcasa del transmisor de nivel de Agente Reductor en el bote calefactor
- La U.C.M. emplea esta señal para determinar la necesidad de calefacción para el A.R.
- En caso de avería se enciende el testigo de emisiones contaminantes y la pantalla AdBlue



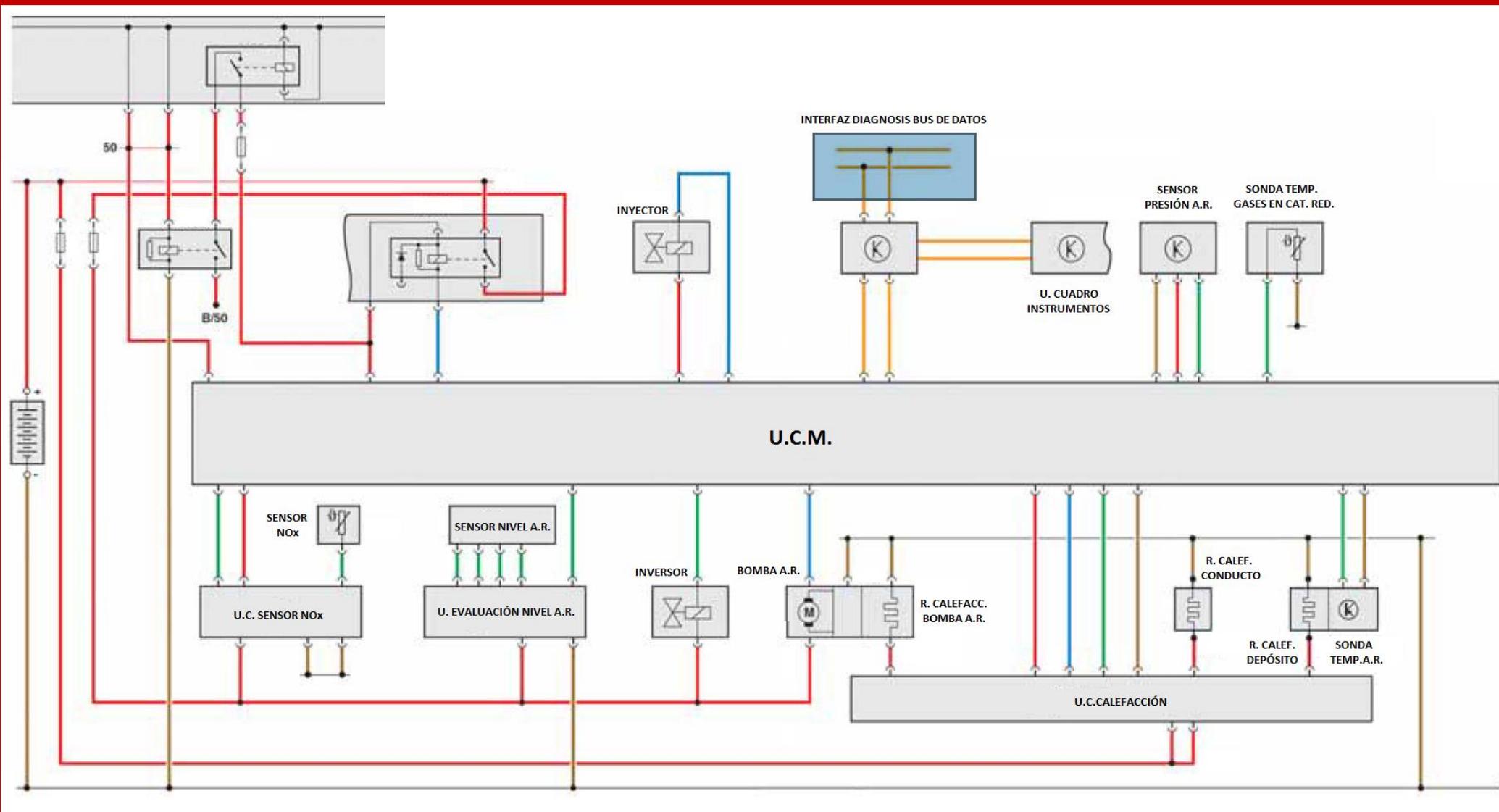
# PANTALLAS DE AVISO

- Según la norma EURO5 se debe prohibir el arranque en las siguientes condiciones:
- No queda Agente Reductor
- Fallo en el sistema de dosificación del Agente Reductor
- Calidad insuficiente del Agente Reductor
- El consumo de Agente Reductor difiere en exceso del valor teórico previsto
- Avería en el catalizador de reducción
- Las pantallas de aviso difieren según se muestren por defecto de nivel del agente reductor o por anomalía en el sistema SCR

# PANTALLAS POR NIVEL DE AGENTE REDUCTOR

AUTONOMÍA	AVISO ACÚSTICO	PANTALLA	CONDICIONES	
2400 km	GONG 	TESTIGO EN BLANCO 	El sistema advierte al conductor de que con la cantidad actual de Agente Reductor se podrán recorrer menos de 2400 km y le exhorta a rellenar el depósito	
1000 km	VIBRACIÓN 	TESTIGO AMARILLO 	El sistema advierte ahora de la menor autonomía disponible, cambia el tipo de aviso acústico y advierte al conductor de que superado ese kilometraje no será posible arrancar el motor. Igualmente le invita a repostar Agente Reductor	Al haberse alcanzado el nivel mínimo en el depósito es preciso repostar una cantidad mínima de 5 litros de agente reductor para tener la seguridad de que el sistema detectará el incremento de nivel.
0 km	3 x VIBRACIÓN 	TESTIGO EN ROJO 	Ya no queda agente en el tanque. El motor no puede arrancarse. Se indica al conductor que es preciso rellenar el depósito de agente reductor. El aviso acústico se repite tres veces	

# ESQUEMA DE CONEXIONADO

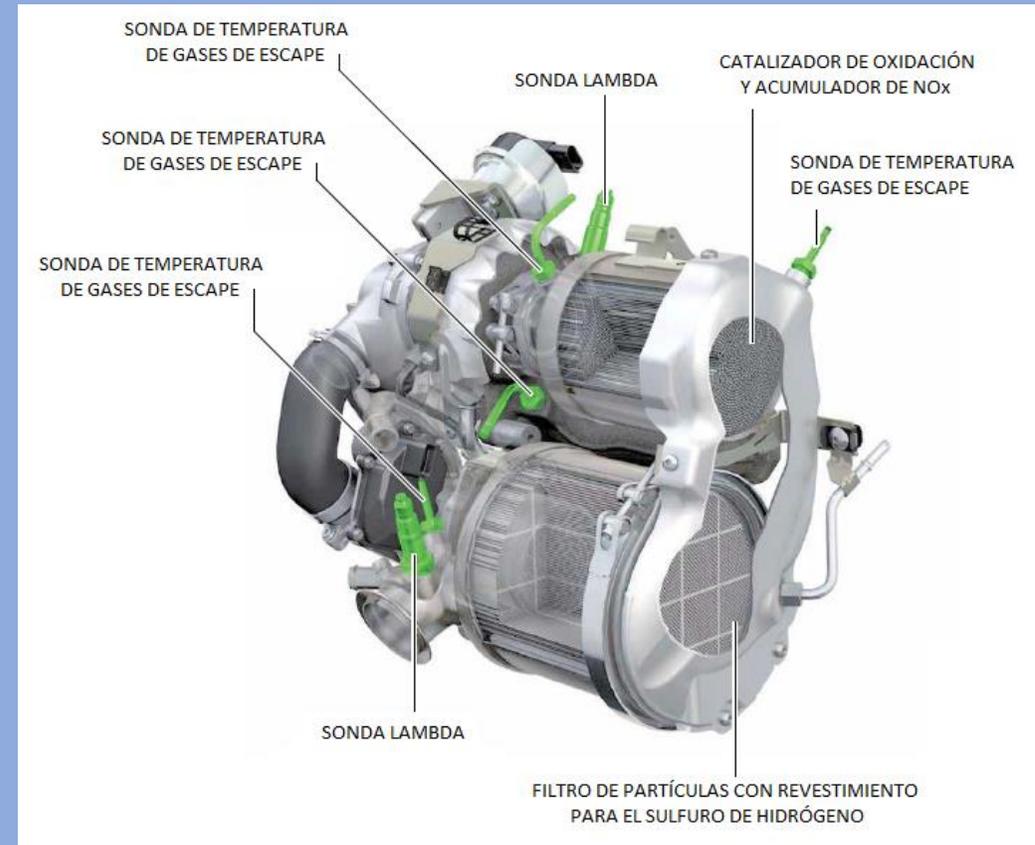


# SISTEMA PARA NORMA EURO 6

- Dos sistemas distintos según la masa centrífuga del modelo:
  - Catalizador acumulador de óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ )
  - Selective Catalytic Reduction (sistema SCR)
- **CATALIZADOR ACUMULADOR:**
- El catalizador de oxidación lleva un recubrimiento adicional
- Cuando el motor funciona con mezcla pobre los  $\text{NO}_x$  se acumulan en su interior
- El motor cambia a intervalos regulares a mezcla rica para liberar el catalizador acumulador (regeneración)
- La regeneración produce dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y nitrógeno ( $\text{N}_2$ )

# CATALIZADOR ACUMULADOR DE NO<sub>x</sub>

- Este catalizador dispone en su recubrimiento de óxido de bario (BaO)
- Este compuesto asume la función de acumulación
- Un modelo de cálculo regula las fases de acumulación y regeneración
- La U.C.M. emplea en este modelo la información entregada por sondas de temperatura de gases de escape y sondas lambda
- El filtro de partículas juega también el papel de trampa para el sulfuro de hidrógeno que se desprende con la desulfuración del catalizador acumulador por lo que se reviste con un óxido metálico para tal fin



# CATALIZADOR ACUMULADOR DE NO<sub>x</sub>

- FASE DE ACUMULACIÓN:
- El óxido de Bario (BaO) acumula temporalmente los NO<sub>x</sub> contenidos en los gases de escape formando nitrato de bario [Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]
- Los óxidos de nitrógeno se generan principalmente:
  - Con temperaturas entre los 220 y los 450 °C
  - Con relaciones de mezcla pobres ( $\lambda > 1$ )
- Puesto que el BaO solamente acumula NO<sub>2</sub> para tratar el NO es preciso oxidarlo previamente
- Este proceso se realiza también en el propio catalizador con ayuda del Platino (Pt)
- $2\text{NO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{NO}_2$
- $\text{BaO} + \text{NO}_2 \longrightarrow \text{Ba}(\text{NO}_3)_2$

# CATALIZADOR ACUMULADOR DE NO<sub>x</sub>

- FASE DE REGENERACIÓN:

- Una vez que se alcanza la capacidad del catalizador la U.C.M. inicia el proceso de regeneración
- Es indispensable que el motor trabaje con mezcla rica ( $\lambda < 1$ ) para incrementar el contenido de monóxido de carbono (CO) en los gases de escape
- El CO provoca la liberación de los NO<sub>x</sub> acumulados reduciendo al nitrato de bario:



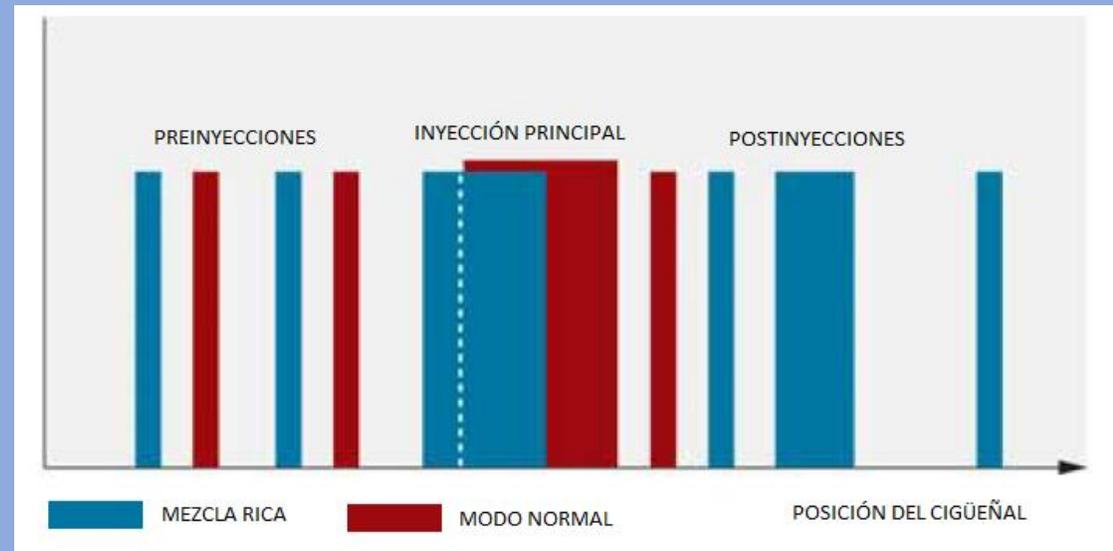
- El Rodio (Rd) y el Platino (Pt) provocan la reducción de los NO<sub>x</sub> liberados:



- El proceso completo de regeneración tiene una duración inferior a los siete segundos

# CATALIZADOR ACUMULADOR DE NO<sub>x</sub>

- ADAPTACIÓN DE LA INYECCIÓN CON MEZCLA RICA:
- Para trabajar con mezcla rica la carga de combustible se reparte en 6 inyecciones
- Se avanzan dos preinyección y la inyección principal
- Se retrasan tres postinyecciones
- El suministro de aire fresco se reduce

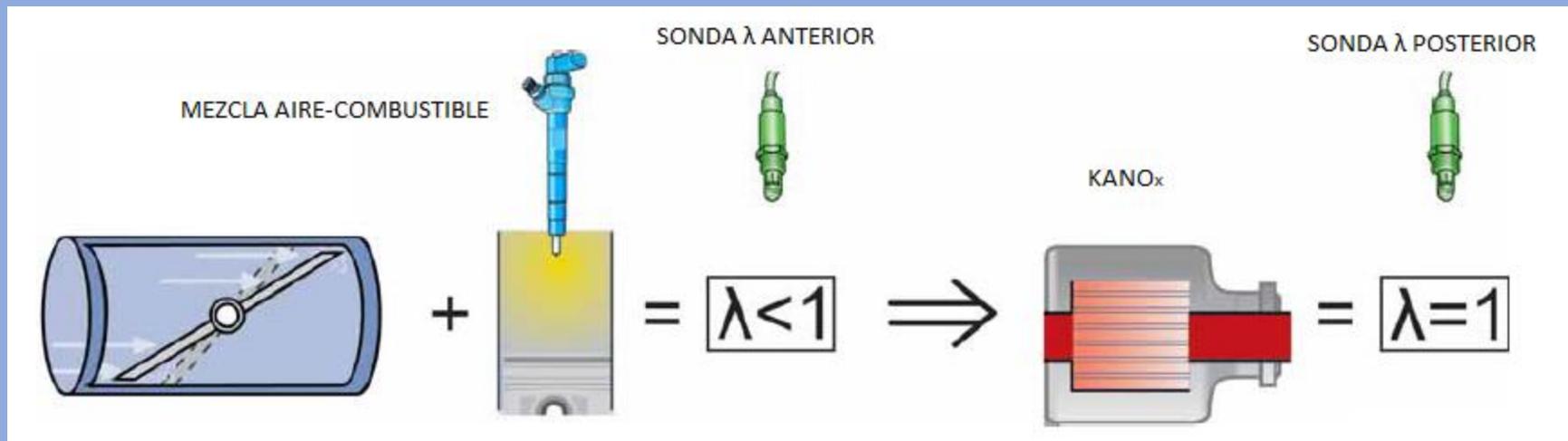


# REGULACIÓN DE LA REGENERACIÓN

- La regeneración del KANOX es pilotada por un modelo de acumulación y liberación calculado por la U.C.M.
- En este cálculo intervienen:
- La sonda  $\lambda$  antes del KANOX (en la salida del turbocompresor) se utiliza:
  - Para el cálculo de las emisiones de NO<sub>x</sub> y partículas de hollín (C)
  - Para la regulación de la mezcla durante la fase de regeneración
- La sonda  $\lambda$  tras el filtro de partículas se utiliza para detectar el final de la regeneración comparando la lectura de la riqueza de la mezcla con la sonda  $\lambda$  antes del KANOX

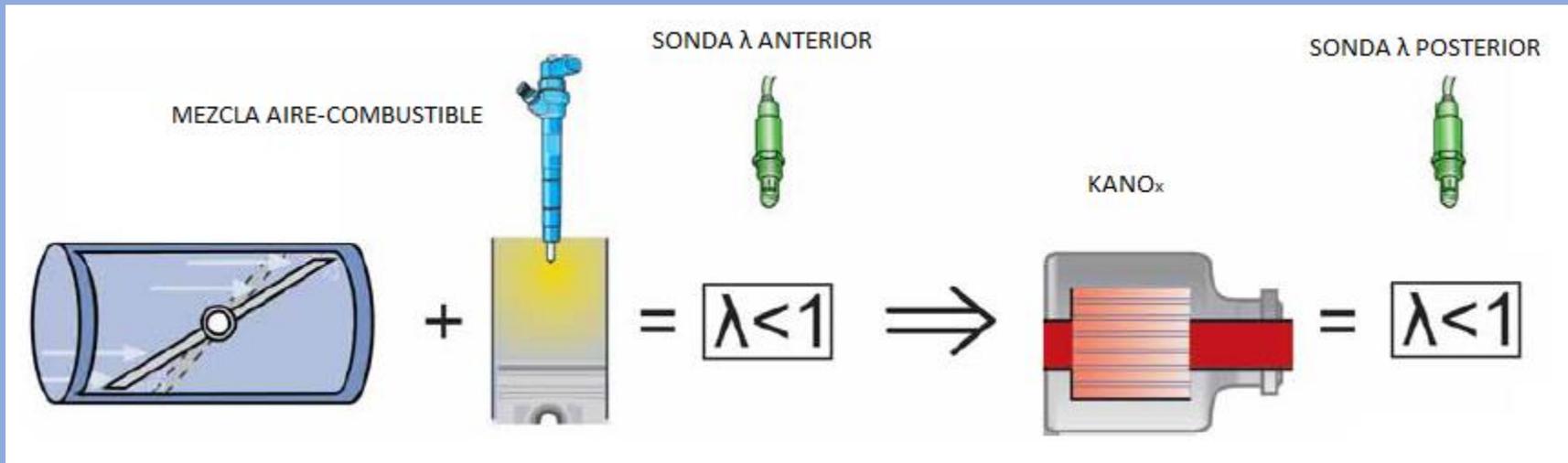
# REGULACIÓN DE LA REGENERACIÓN

- En el tramo inicial de la fase de regeneración encontramos un porcentaje de oxígeno ( $O_2$ ) mayor en la salida que en la entrada del catalizador
- El carburante excedente (mezcla rica) reacciona con los  $NO_x$  almacenados
- Tras esta reacción química encontramos una cantidad de  $O_2$  equivalente a trabajar con mezcla estequiométrica ( $\lambda = 1$ )



# REGULACIÓN DE LA REGENERACIÓN

- Al término de la regeneración el porcentaje de  $O_2$  de los gases de escape en la salida del catalizador se reduce
- El coeficiente de aire varía de la estequiometría ( $\lambda = 1$ ) a riqueza ( $\lambda < 1$ )
- Esto es debido a que como no quedan  $NO_x$  acumulados en el catalizador el carburante no reacciona con ellos



# DESULFURACIÓN

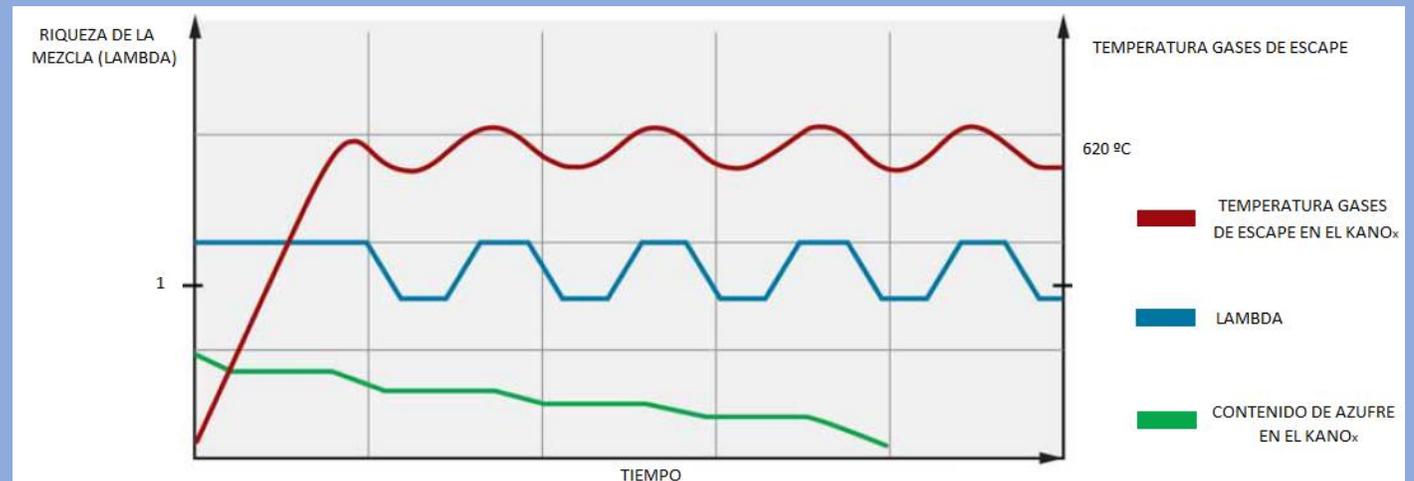
- Al BaO del  $\text{KANO}_x$  se adosan las moléculas de  $\text{NO}_x$  pero también el azufre (S) contenido en el carburante
- A medida que aumenta el tiempo de funcionamiento los huecos libres son ocupados por el azufre
- Esto redundará en una disminución del tiempo de saturación del acumulador y así del tiempo que transcurre entre dos procesos de regeneración
- Gracias a su elevada estabilidad térmica el azufre permanece intacto en el  $\text{KANO}_x$  durante la fase de regeneración
- Para eliminarlo la U.C.M. procede regularmente a la desulfuración del catalizador
- Para determinar el momento la necesidad de la desulfuración se tiene en cuenta:
  - El consumo de carburante
  - El contenido de azufre del carburante: La concentración máxima de azufre en el gasóleo es de 10 ppm
  - Generalmente se fuerza la desulfuración cada 1000 km

# DESULFURACIÓN

- Para eliminar el azufre se deben alcanzar temperaturas de gases de escape superiores a 620 °C
- Generalmente la desulfuración ocurre como resultado de la regeneración del filtro de partículas
- Las elevadas temperaturas que requiere la regeneración del filtro de partículas se aprovechan para reducir el tiempo de calentamiento del  $\text{KANO}_x$
- Tan pronto como los gases de escape alcanzan la temperatura necesaria para la desulfuración el motor inicia una fase específica de trabajo en la que se alterna consecutivamente el funcionamiento con mezclas ricas y pobres
- Durante el funcionamiento con exceso de carburante el azufre (S) es liberado en forma de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y de sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ )

# DESULFURACIÓN

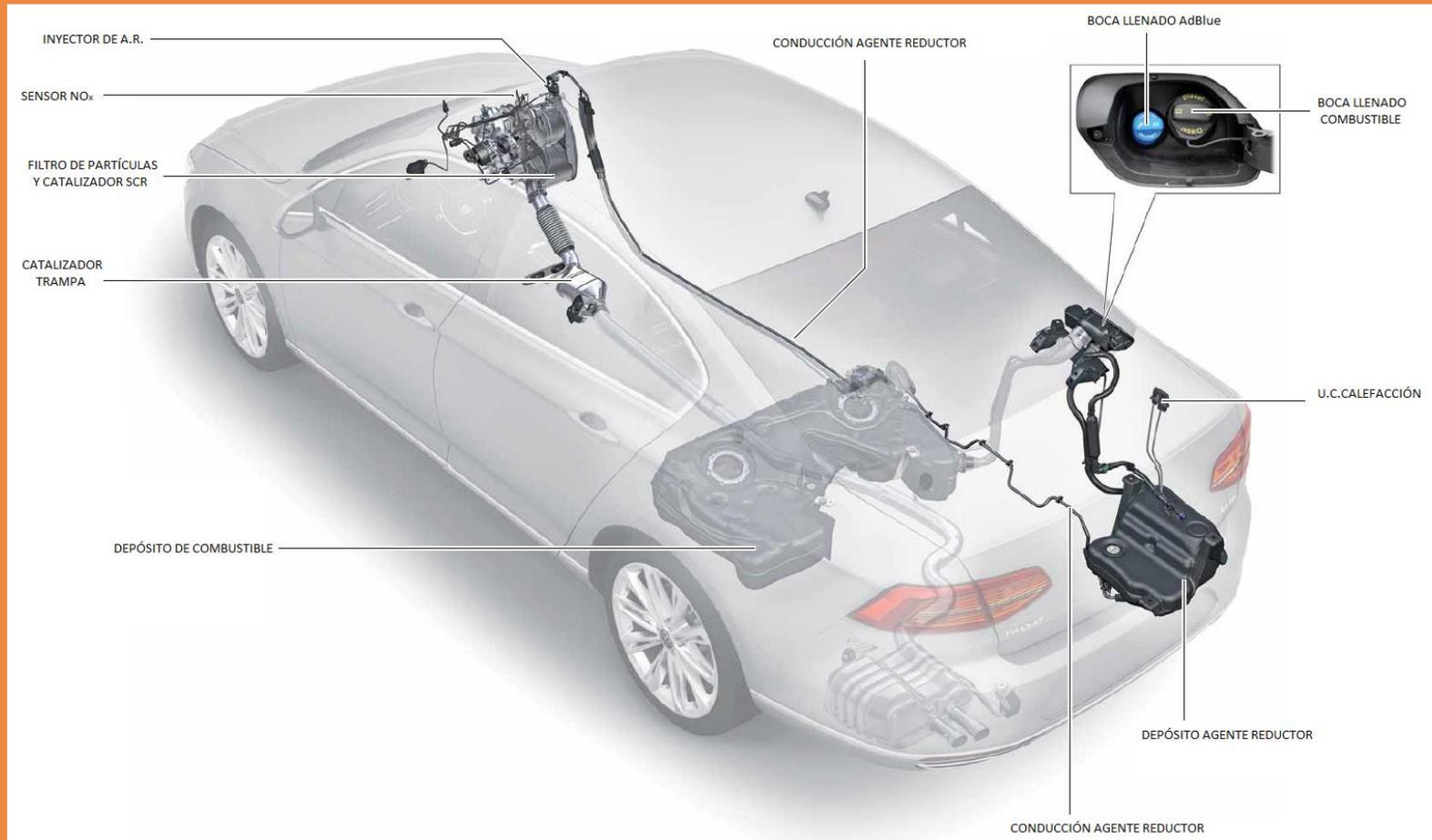
- A lo largo del proceso se regula constantemente la temperatura de los gases de escape para evitar una carga térmica excesiva, sobre todo trabajando con mezclas pobres
- La pequeña cantidad de sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) generado durante la desulfuración es tratada en el catalizador trampa para formar dióxido de azufre ( $SO_2$ )
- La secuencia de desulfuración puede durar entre 10 y 20 minutos dependiendo de:
  - Carga de azufre del catalizador
  - Condiciones de conducción



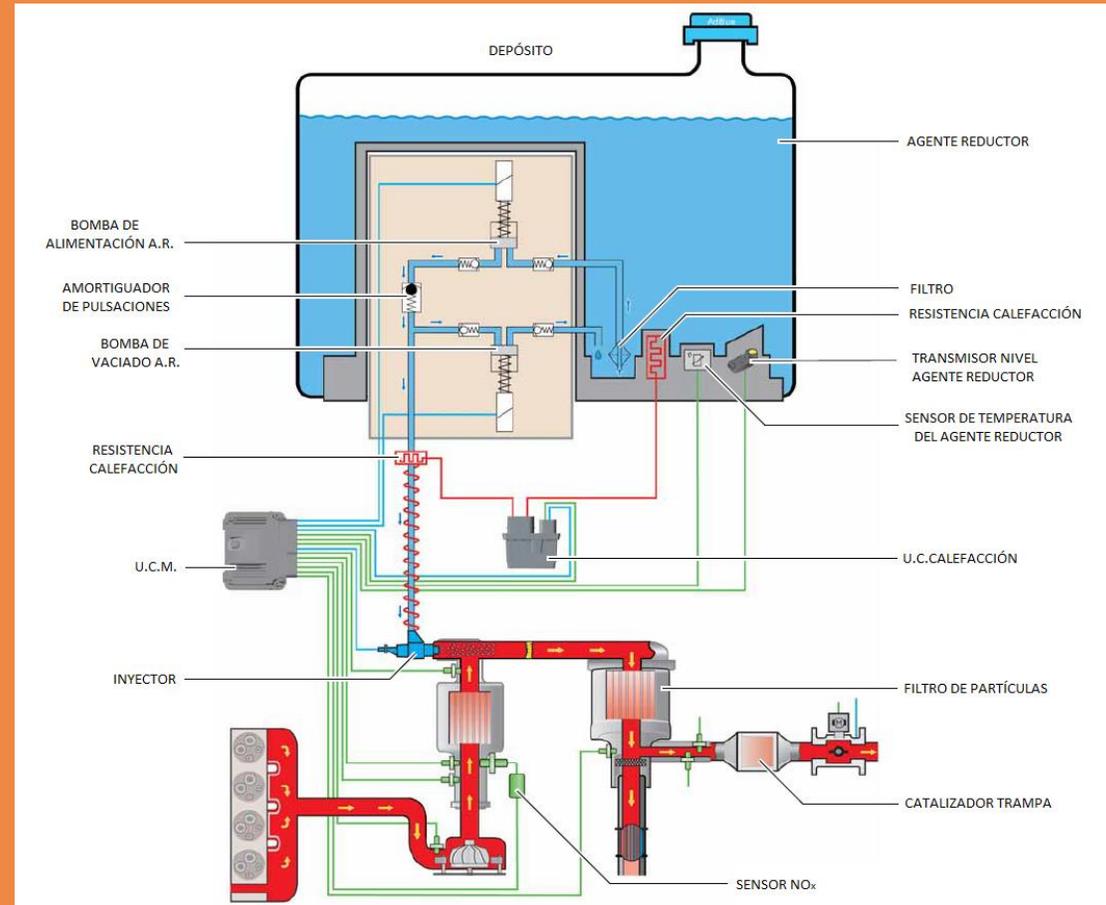
# SELECTIVE CATALYTIC REDUCTION - SCR

- Es el sistema más moderno de los tres más extendidos
- Con este conjunto se consiguen eliminar más del 90 % de la emisiones
- El rendimiento con respecto a los óxidos de nitrógeno es muy superior a los anteriores
- Se dispone un depósito de AdBlue
- El agente reductor llega al inyector alojado ahora en el módulo de depuración de gases de escape a través de un conducto calefactado gracias a un grupo de presión
- El módulo de depuración de gases de escape incluye en conjunto al catalizador de oxidación y al de reducción selectiva (SCR)
- Un catalizador trampa fuera del conjunto termina el circuito de tratamiento de gases
- La U.C.M. supervisa el correcto funcionamiento del equipo con ayuda del sensor de  $\text{NO}_x$
- Se dispone como ayuda contra las bajas temperaturas de un circuito de calefacción para el sistema de alimentación del agente reductor

# DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS

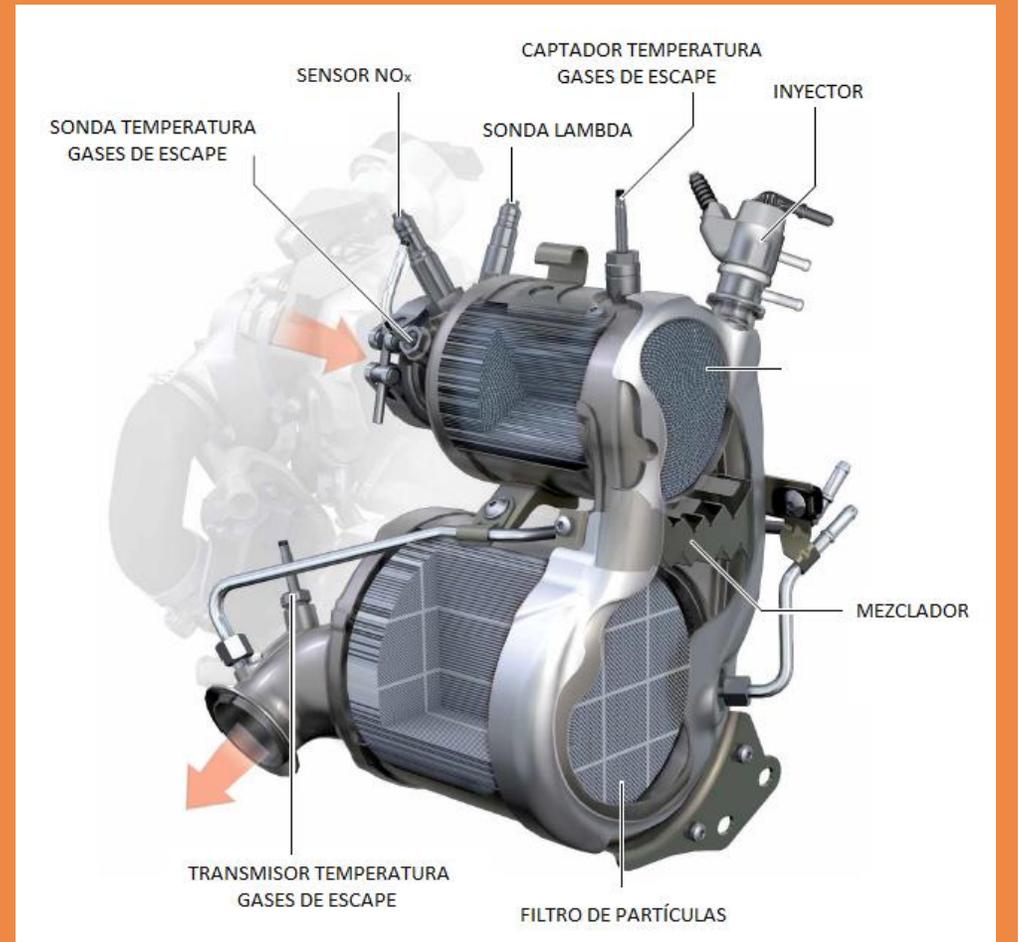


# ESQUEMA DEL CONJUNTO



# MÓDULO DEPURACIÓN G.D.E.

- Compuesto por:
  - Un catalizador de oxidación
  - Un filtro de partículas
- Junto al motor para alcanzar rápidamente su temperatura de trabajo después del arranque en frío del motor
- La temperatura se mantiene en valores adecuados incluso cuando se trabaja con cargas reducidas
- Integra al inyector, mezclador y sensor  $\text{NO}_x$



# INYECTOR I

- Inyecta el agente reductor finamente pulverizado después del catalizador de oxidación
- Se localiza antes del filtro de partículas, en el módulo de depuración de g.d.e.
- Pilotado por U.C.M. con una señal tipo PWM
- El modelo de cálculo para la cantidad de AdBlue a inyectar en el torrente de g.d.e. se basa en la tasa teórica de  $\text{NO}_x$  contenidos en el flujo de g.d.e.
- Para este cálculo se tiene en cuenta:
  - Sensores de temperatura de g.d.e.
  - Captador de presión
  - Cantidad de aire aspirado por el motor en el conducto de admisión
  - Porcentaje de g.d.e. reciclados
  - Cantidad de carburante inyectada

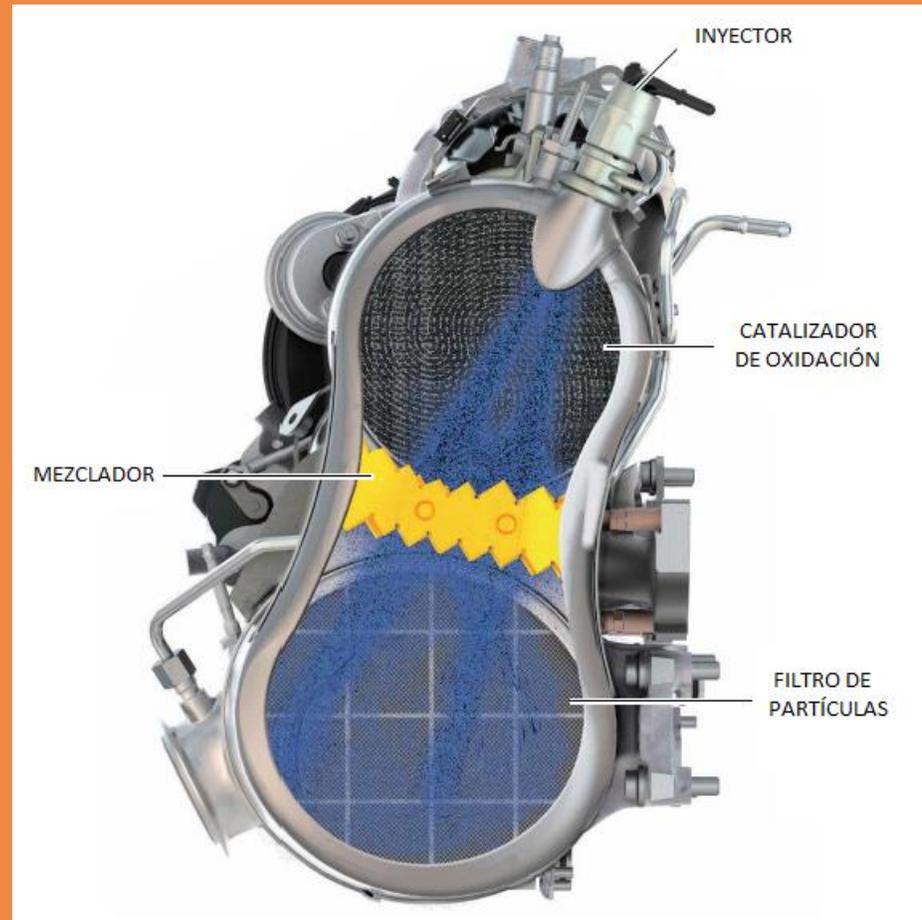
# INYECTOR II

- Por su proximidad al motor necesita refrigeración líquida para evitar daños
- Dispone de una cámara de refrigeración interna que rodea los elementos mecánicos y eléctricos del inyector
- Se integra en el circuito de refrigeración del motor en el subsistema de baja temperatura
- En caso de avería no se cumplen los límites de emisiones por lo que se enciende el testigo de avería y se muestra la pantalla de advertencia de anomalía AdBlue



# MEZCLADOR

- Localizado en el módulo depurador de g.d.e.
- Entre el catalizador de oxidación y el filtro de partículas
- Distribuye homogéneamente el A.R.
- Cuando el chorro de AdBlue golpea en las paredes del mezclador rebota fragmentándose
- Forma así gotas más finas que permiten una evaporación total y rápida del agente reductor
- Además otorga al flujo de g.d.e. un movimiento de torbellino que favorece una mezcla más homogénea



# CATALIZADOR TRAMPA

- Situado en la tubería de escape después del módulo de depuración de g.d.e.
- Dispone de dos revestimientos:
  - Revestimiento de zeolita de cobre:
    - Le permite hacer las veces de segundo SCR
    - Las moléculas de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) que inesperadamente salgan del módulo depurador sin tratar son almacenadas
    - Este  $\text{NH}_3$  acumulado se emplea para transformar los  $\text{NO}_x$  en nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ )
  - Revestimiento de platino (Pt) y paladio (Pd):
    - Hace las veces de catalizador de oxidación
    - Permite transformar el monóxido de carbono (CO) producto de la regeneración del filtro de partículas en dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )
    - El exceso de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) también se oxida



# SENSOR NO<sub>x</sub> I

- Situado antes del catalizador de oxidación en el módulo depurador g.d.e.
- Permite a la U.C.M. determinar la tasa de NO<sub>x</sub> contenida en los g.d.e.
- Emite un consumo variable del orden de unos pocos microamperios
- U.C. para el sensor de NO<sub>x</sub> trata esta señal antes de enviarla a la U.C.M.
- La señal se emplea para supervisar:
  - La calidad del agente reductor
  - Rendimiento del sistema SCR
- La prueba de validación es conjunta para los dos controles

# SENSOR NO<sub>x</sub> II

- **CONTROL DEL RENDIMIENTO:**

- Para determinar el rendimiento del sistema la U.C.M. compara los valores de óxidos de nitrógeno en los g.d.e. medidos con lo teóricos obtenidos del módulo de cálculo
- Si el rendimiento es menor de un valor predefinido se enciende el testigo de depolución y se memoriza el correspondiente fallo en la U.C.M.

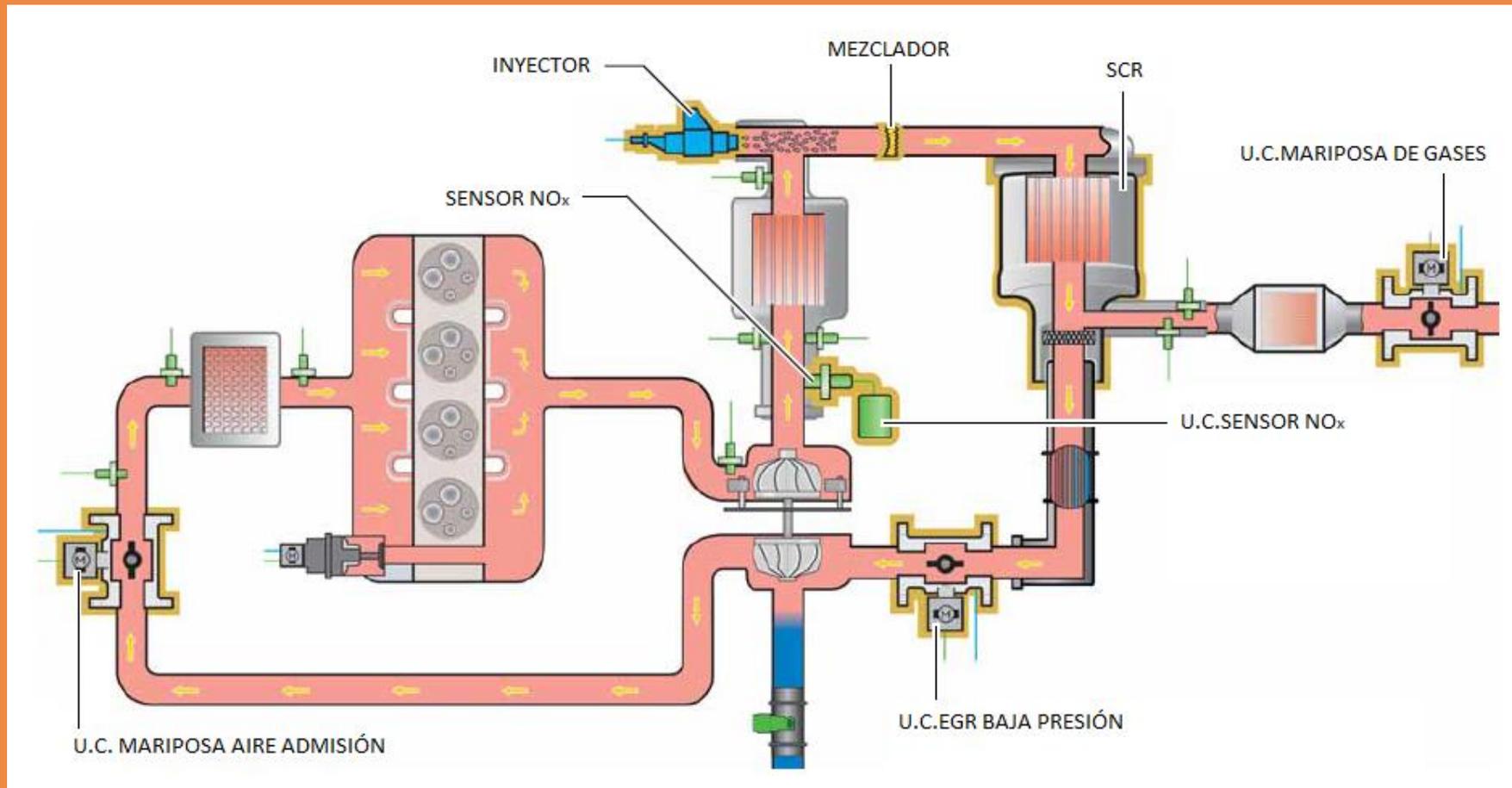
- **CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGENTE REDUCTOR:**

- La U.C.M. supervisa paralelamente la calidad del A.R. y el control del rendimiento
- Se efectúa a intervalos regulares durante las fases de deceleración
- La U.C.M. verifica que se reúnen las condiciones necesarias para la prueba teniendo en cuenta distintas temperaturas y caudales de aire aspirado

# SENSOR NO<sub>x</sub> III

- SECUENCIA DE EVALUACIÓN SCR:
- Para que el resultado del test pueda ser tenido en cuenta la fase de deceleración debe mantenerse un mínimo de 4 segundos
- U.C.M. cierra la mariposa de gases para encerrar a los g.d.e. y los NO<sub>x</sub> que contienen
- Se activa la EGR que conduce de nuevo el flujo de g.d.e. hasta el sensor de NO<sub>x</sub>
- No se permite la entrada de aire fresco para no alterar la medición
- El inyector continúa rociando agente
- Si la tasa de NO<sub>x</sub> es muy diferente de la teórica calculada entonces se entiende que el SCR no tiene el rendimiento adecuado

# SENSOR NO<sub>x</sub> IV



# SENSOR NO<sub>x</sub> V

- SECUENCIA DE EVALUACIÓN CALIDAD DEL AGENTE:
- Se tiene en cuenta también la velocidad a la que disminuye la concentración de NO<sub>x</sub>
- Si el agente reductor es de buena calidad la tasa de NO<sub>x</sub> disminuye rápidamente
- Si el porcentaje de NO<sub>x</sub> se estanca o disminuye despacio se entiende que el agente reductor es de mala calidad o está contaminado o se ha rellenado el depósito con otro fluido
- La U.C.M. memoriza el error y enciende el testigo de depolución y muestra la pantalla de anomalía en el sistema SCR-AdBlue

# SISTEMA DE ALIMENTACIÓN A.R. I

- El tapón dispone de un diafragma que permite la ventilación del tanque
- La velocidad de repostado debe ser adecuada
- La capacidad del depósito es ahora de 13 l
- Los surtidores para vehículo industrial suministran 40 l/min
- La velocidad de los surtidores para turismos oscila entre 3 y 10 l/min
- En todo caso se debe dejar una cantidad suficiente de aire en el depósito para los posibles incrementos de volumen del A.R.

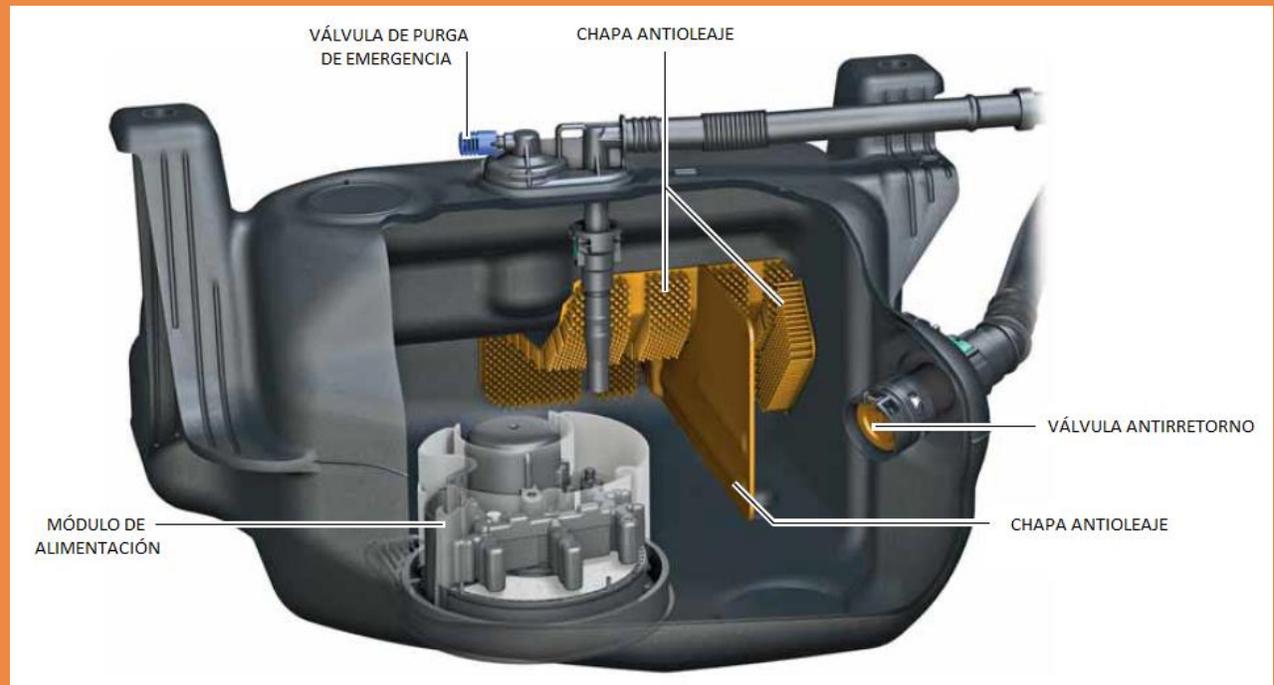


# SISTEMA DE ALIMENTACIÓN A.R. II

- VÁLVULA ANTIRRETORNO:
  - Colocada al final de la tubería de llenado
  - Evita que se desborde el agente reductor por el conducto de llenado en las recargas a excesiva velocidad
- EXPANSOR:
  - Permite acumular las pequeñas cantidades de agente reductor que puedan salir por el conducto de ventilación y purga del aire con las recargas a alta velocidad
  - Los posibles vapores de A.R. se condensan también aquí
  - Estas cantidades de agente se decantan para caer de nuevo al depósito

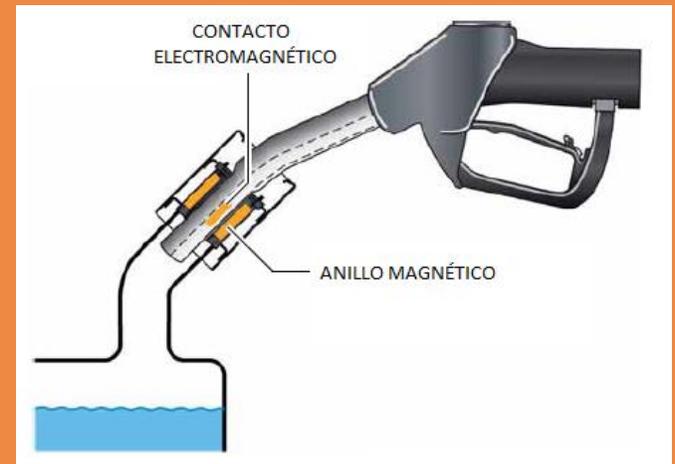
# SISTEMA DE ALIMENTACIÓN A.R. III

- CHAPA ANTIOLEAJE:
- Evita un exceso de movimiento del agente reductor con la marcha del vehículo
- VALVULA DE PURGA DE EMERGENCIA:
- Cuando el agente se congela no puede salir el aire por el tapón
- Esta válvula permite equilibrar la presión del interior del tanque con el exterior para evitar deformaciones o roturas



# SISTEMA DE ALIMENTACIÓN A.R. IV

- BOCA MAGNÉTICA:
- Se usa para el repostaje con el surtidor específico para vehículos industriales
- El tubo del surtidor tiene un contacto electromagnético
- El contacto sólo permite el flujo de agente reductor cuando se ve afectado por un campo magnético muy determinado
- Al insertar la manguera del surtidor en el tubo de repostaje del tanque de AdBlue el anillo magnético crea el campo preciso para desbloquear el contacto del surtidor
- Se evita así el error en el llenado del depósito de combustible del turismo



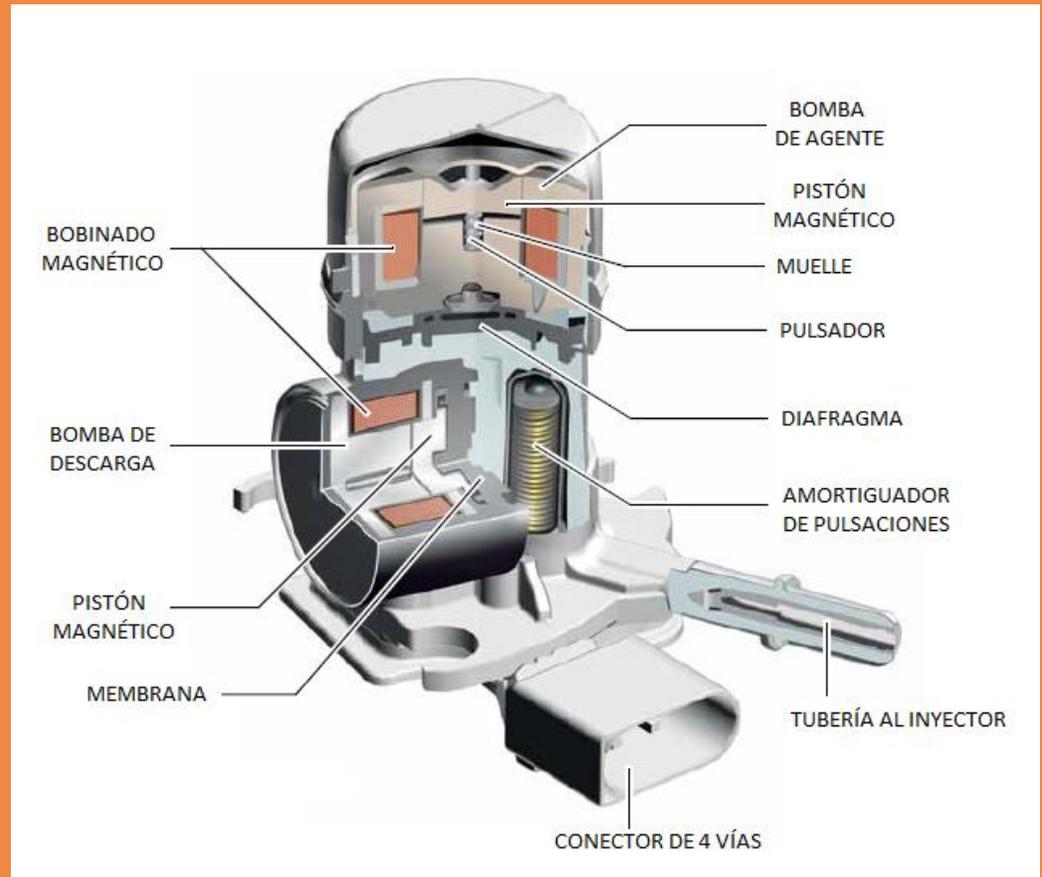
# MÓDULO DE ALIMENTACIÓN I

- Dispone de dos bombas:
- Bomba de agente para enviar el fluido hasta el inyector
- Bomba de descarga para aspirar el fluido del conducto al inyector y vaciarlo tras la parada del motor para evitar su congelación con las bajas temperaturas
- Son de tipo solenoide y diafragma
- Pilotadas por la U.C.M. con un conector de 4 vías:
- Positivo de alimentación desde relé específico para bomba 1
- Cierre a masa en la centralita para señal PWM de la bomba 1
- Positivo de alimentación desde relé específico para bomba 2
- Cierre a masa en la centralita para señal PWM de la bomba 2



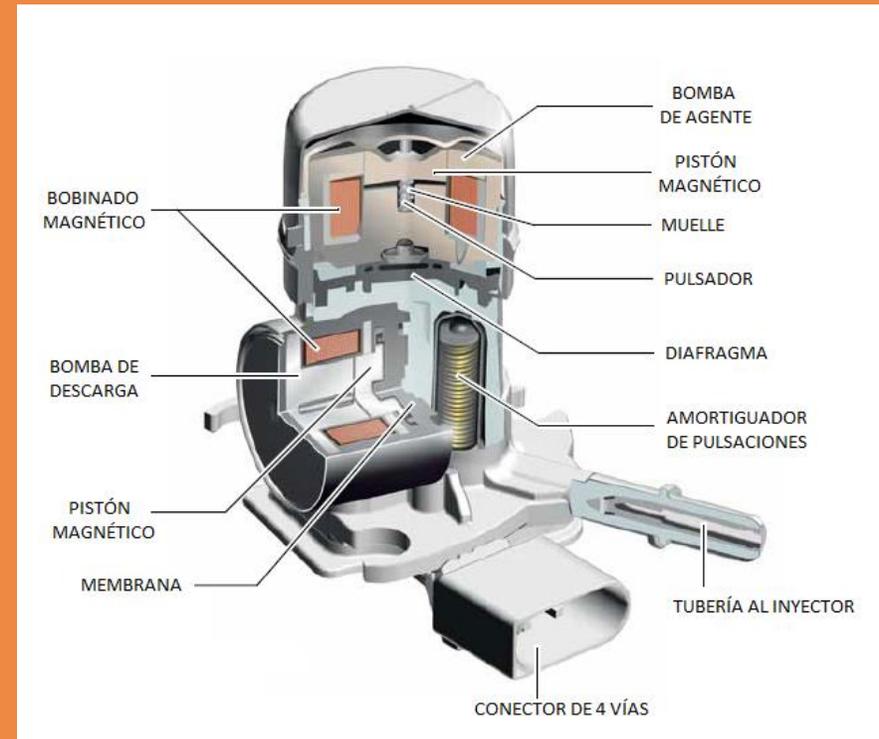
# MÓDULO DE ALIMENTACIÓN II

- BOMBA DE AGENTE:
- El electroimán comanda el pistón magnético que con el pulsador desplaza hacia abajo al diafragma
- El resorte del pistón fuerza la siguiente carrera ascendente
- Sendas válvulas antirretorno controlan la comunicación de la cámara de bombeo con el depósito y la salida al inyector



# MÓDULO DE ALIMENTACIÓN III

- BOMBA DE DESCARGA:
- Succiona una parte del agente contenido en el circuito tras la parada del motor
- Como el A.R. es en su mayor parte agua al congelar dilata considerablemente y esto provoca daños en el sistema
- Inmediatamente después de la parada del motor se activa por 5 segundos la bomba que aspira el fluido del conducto al inyector y lo devuelve al depósito
- El inyector permanece cerrado para evitar que los gases de escape entren al conducto. Pasado un tiempo se abre para compensar la depresión generada con la succión del A.R.

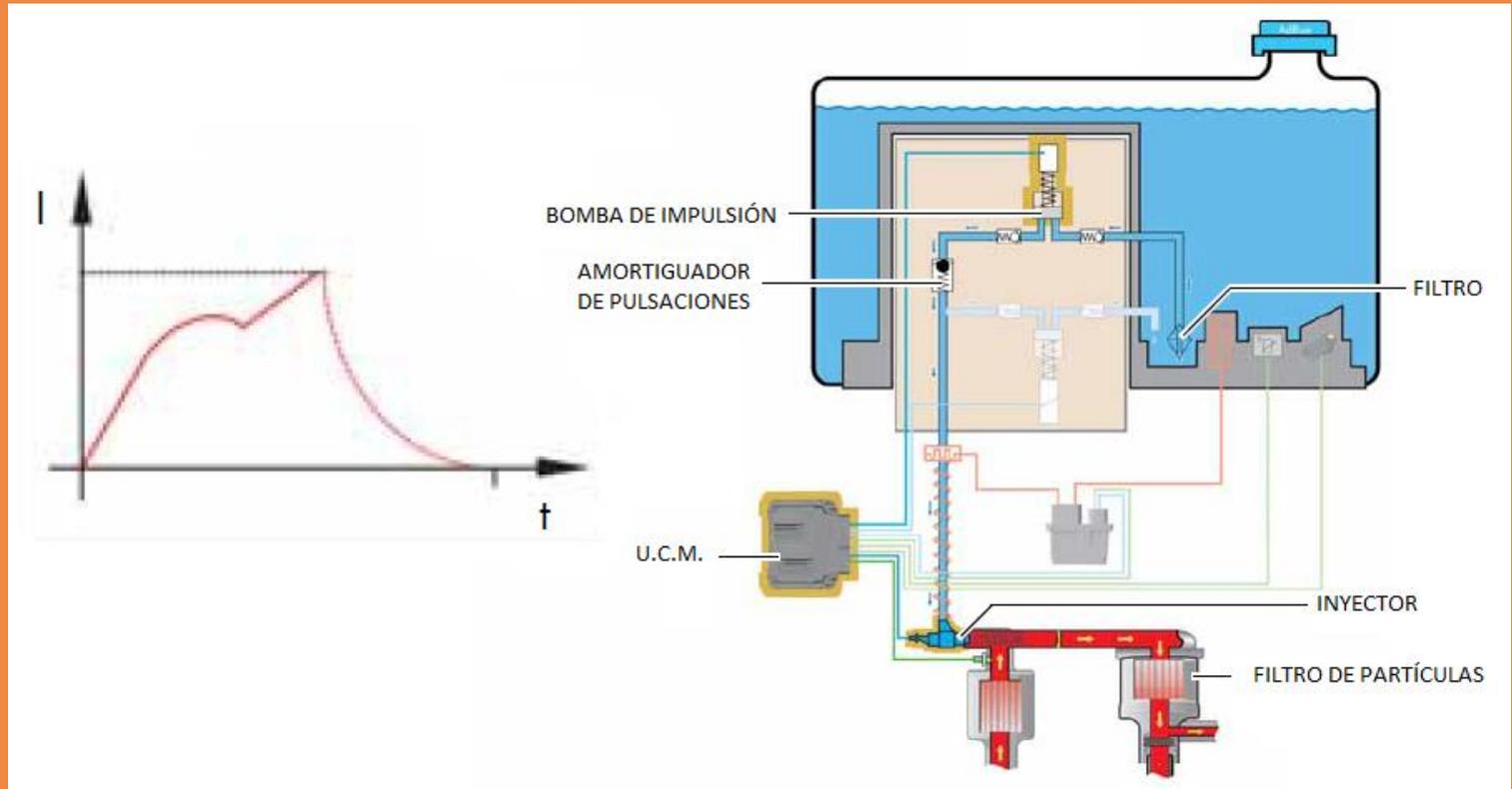


# SUPERVISIÓN DE LA PRESIÓN DEL SISTEMA I

- La bomba de agente (impulsión) aspira un volumen sensiblemente constante para enviarlo al inyector
- La cantidad de A.R. inyectado depende de la tasa de  $\text{NO}_x$  contenidos en los g.d.e.
- La U.C.M. gobierna este factor modulando la duración y la frecuencia de apertura del inyector
- Debido a la inyección continua y a un volumen de descarga constante la presión del sistema se equilibra en torno a los 6'5 bar (+/- 2 bar)
- Para supervisar la presión hidráulica del A.R. la U.C.M. monitoriza:
  - La curva de consumo eléctrico de la bomba de impulsión durante su carrera útil
  - El tiempo transcurrido desde que se alimenta la bomba y se produce el movimiento del pistón hasta que se detiene al final de la carrera para tener en cuenta así la velocidad de alimentación

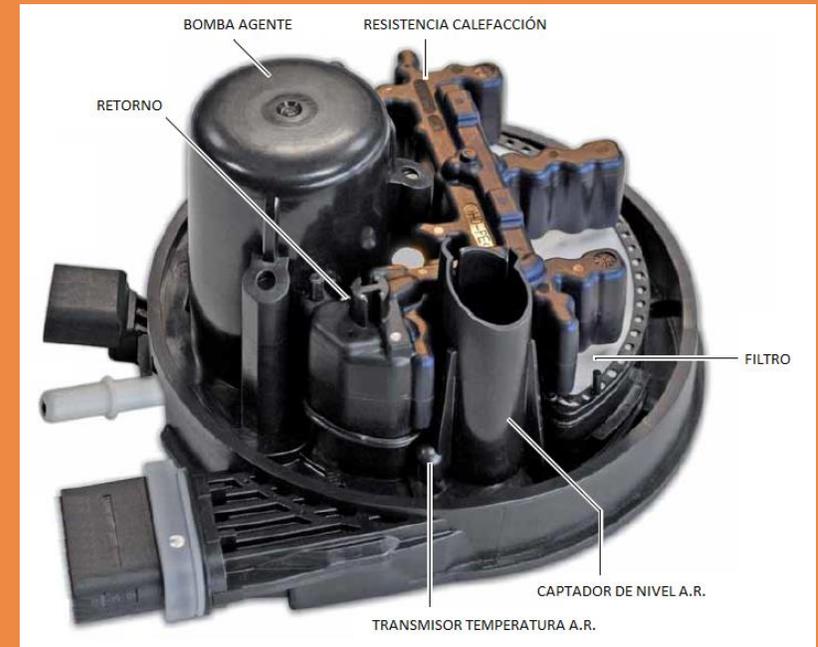
# SUPERVISIÓN DE LA PRESIÓN DEL SISTEMA II

- Fallos detectados:
- Conducto goteando
- Bomba bloqueada
- Inyector obstruido
- Aspiración de la bomba obstruida



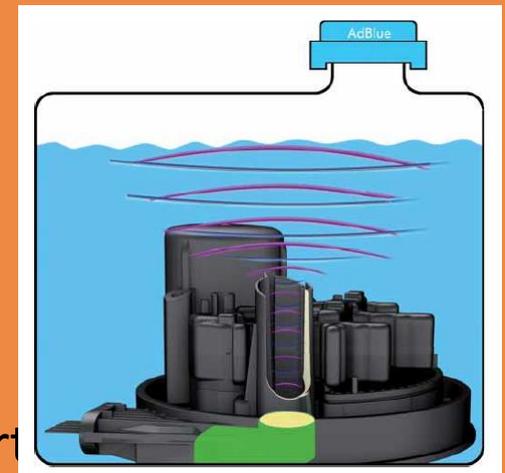
# UNIDAD DE DESCARGA

- La unidad de descarga del sistema de dosificación del A.R. contiene los sensores y actuadores del sistema de alimentación del agente:
- Captador de nivel de agente
- Transmisor de temperatura del agente
- Calefacción del tanque
- Son inseparables del módulo de descarga
- Existe un filtro para la aspiración del agente que evita la entrada de impurezas al circuito



# TRANSMISOR DE NIVEL

- Es un captador de ultrasonidos
- Las ondas emitidas por el sensor se conducen por un canal que evita la dispersión y la reflexión que podrían distorsionar la señal
- Las ondas ultrasónicas son reflejadas por la frontera entre el A.R. y el aire del tanque
- El nivel de agente es calculado a partir del tiempo transcurrido desde la emisión hasta la recepción del impulso
- La señal del sensor de temperatura del A.R. está igualmente integrado en el cálculo del nivel para tener en cuenta las variaciones de densidad del agente en función de su temperatura
- Este principio no funciona si el agente está congelado
- Para asegurarse de que la U.C.M. detecta un repostaje es preciso verter 3'5 litros
- En caso de fallo el sistema SCR permanece activo pero se encienden el testigo de emisiones y la pantalla AdBlue



# SENSOR DE TEMPERATURA DEL A.R.

- Es una resistencia tipo NTC
- Montado en la carcasa de la unidad de descarga
- La U.C.M. analiza la señal de tensión proporcional a la temperatura del agente
- La sonda recibe positivo desde un relé del sistema
- La señal se usa para la puesta en marcha del equipo de calefacción
- También se usa en el cálculo del nivel de A.R.
- En caso de ausencia de señal se enciende la pantalla de avería del sistema SCR

# SISTEMA DE CALEFACCIÓN I

- Dividido en tres partes:
  - Resistencia de caldeo del conducto al inyector
  - Resistencia de calefacción del depósito
  - Empleo de las bobinas de las bombas de agente y descarga como elementos calefactores del equipo de alimentación



- Al igual que su predecesor:
  - Consigue un rápido descongelado del agente
  - Permite la entrada en funcionamiento del sistema SCR con bajas temperaturas

# SISTEMA DE CALEFACCIÓN II

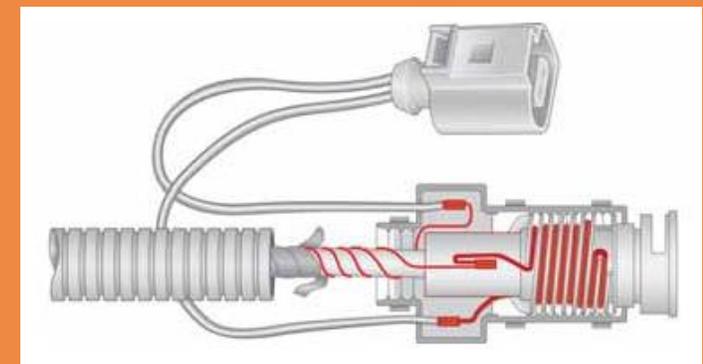
- Para su activación se tiene en cuenta:
- Temperatura del agente reductor
- Temperatura exterior
- La U.C.M. determina la necesidad de calefacción para pilotar la alimentación de los distintos calefactores
- El sistema EOBD permite supervisar el consumo de la calefacción para determinar fallos en los componentes del equipo
- La U.C.Calefacción devuelve a la U.C.M. la corriente real consumida

# SISTEMA DE CALEFACCIÓN III

- RESISTENCIA DE CALDEO DEL TANQUE:
- Es una resistencia tipo PTC
- Integrada en la unidad de descarga en la zona de aspiración
- Pilotada por la U.C.M. a través de la U.C.Calefacción



- RESISTENCIA PARA EL CONDUCTO AL INYECTOR:
- Es un hilo de acero especial enrollado alrededor del conducto de agente
- Funciona como una resistencia de caldeo
- Está protegido del exterior por un tubo corrugado de plástico



# SISTEMA DE CALEFACCIÓN IV

- CALEFACTADO DE LAS BOMBAS:
- Las bobinas de las propias bombas actúan como resistencias calefactoras
- Cuando es necesario se alimentan para esta función desde la U.C.M. con una corriente continua y no una señal PWM de bombeo.
- La alimentación permanente desprende mucho más calor que el funcionamiento cadenciado
- La curva de corriente y un modelo de temperatura están memorizados en la U.C.M. que controla la temperatura de las bombas en base a estos dos factores

# CIRCUITOS DE CALEFACCIÓN I

- El mando de la calefacción se divide en tres circuitos:
- U.C.CALEFACCIÓN gobierna circuitos 1 (tanque) y 2 (conducto)
- U.C.MOTOR pilota circuito nº 3 (bombas de agente y de descarga)
- Activación en función de:
- Temperatura exterior
- Temperatura del agente en el tanque
- Temperatura de las bombas
- La activación se mantiene durante un tiempo predefinido
- La calefacción en modo espera se activa después del tiempo de descongelación para asegurar un caudal suficiente en todos los rangos operativos

# CIRCUITOS DE CALEFACCIÓN II

	CIRCUITO 1 TANQUE	CIRCUITO 2 CONDUCTO	CIRCUITO 3 BOMBAS
CONDICIONANTES	Temperatura del A.R. en el depósito	Temperatura del tanque o del aire exterior	Temperatura del tanque para la descongelación y del tanque o del aire y de la bomba para la espera
ACTIVACIÓN PARA DESCONGELAR	Entre -7 y -15 °C	Menor de -7 °C	Entre -7 y -15 °C
	20 minutos	5 minutos	20 minutos
	Menor de -25 °C	Menor de -25 °C	Menor de -25 °C
	45 minutos	21 minutos	45 minutos
ACTIVACIÓN EN ESPERA	Temperatura del aire exterior	Temperatura del tanque o del aire exterior	Temperatura del tanque o del aire exterior menor de 0 °C y temperatura de la bomba menor de 40 °C
	Entre -7 y 5 °C	Menor de -5 °C	

# PANTALLAS DE AVISO REPOSTAJE A.R.

AUTONOMÍA	AVISO ACÚSTICO	PANTALLA	REPETICIÓN
< 2400 km	GONG		Cada 400 km / 8 horas El valor de autonomía restante se muestra en cientos de km
< 1000 km	VIBRACIÓN		Cada 100 km / 4 horas El valor de autonomía restante se muestra en franjas de 50 km
< 200 km	VIBRACIÓN		Cada 20 km El valor de autonomía restante se muestra en tramos de 10 km
0 km	3 x VIBRACIÓN		Alerta: El arranque del motor es ahora imposible

# PANTALLAS DE AVISO DISFUNCIÓN SCR

- NIVEL DE ALERTA 1:
- Detectado un fallo en el sistema SCR y recorridos 50 km
- Pantalla amarilla + Testigo Alerta + Llave
- Autonomía ahora de 1000 km
- No depende del nivel del tanque ni del consumo de A.R.
  
- NIVEL DE ALERTA 2:
- Si el fallo no se elimina antes de agotar la autonomía la pantalla cambia a rojo y se impide el arranque del motor

