

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 864 214**

51 Int. Cl.:

C10L 1/18 (2006.01)
C10L 1/14 (2006.01)
C10L 10/12 (2006.01)
C10L 10/02 (2006.01)
C10L 1/182 (2006.01)
C10L 1/23 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.11.2012** **PCT/EP2012/072877**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.05.2013** **WO13072478**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2012** **E 12784622 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.03.2021** **EP 2780435**

54 Título: **Hidroperóxido de terc-butilo (TBHP) como aditivo para diésel**

30 Prioridad:

16.11.2011 EP 11189416

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.10.2021

73 Titular/es:

UNITED INITIATORS GMBH (100.0%)
Dr.-Gustav-Adolf-Str. 3
82049 Pullach, DE

72 Inventor/es:

GUTEWORT, SVEN

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 864 214 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Hidroperóxido de terc-butilo (TBHP) como aditivo para diésel

5 La invención corresponde a las reivindicaciones.

La presente divulgación se refiere al uso de hidroperóxido de terc-butilo (TBHP) y a mezclas del mismo como aditivo para combustibles y, en particular, como aditivo para combustibles diésel.

10 El índice de cetano es un parámetro característico para la calidad de combustión del combustible diésel. El índice de cetano es una medida de la capacidad de ignición o del retardo de ignición, es decir, el tiempo entre el inicio de la inyección de combustible y el inicio de la combustión. A este respecto, es favorable una ignición rápida, seguida de una combustión uniforme y lo más completa posible. Cuanto mayor sea el índice de cetano, menor será el retardo de ignición y mejor será la calidad de la combustión.

15 Se utilizan diferentes aditivos para aumentar el índice de cetano. A nivel comercial, actualmente se usa casi exclusivamente 2-EHN (nitrato de 2-etilhexilo). En este aditivo resultan problemáticas su alta toxicidad, su mala estabilidad en almacenamiento, propiedades críticas para la seguridad, así como costes adicionales considerables. En particular, debido a su explosividad, el uso de 2-EHN es problemático. Además, el contenido de nitrógeno puede conducir a emisiones de NOx no deseadas aumentadas.

20 Aditivos que aumentan el índice de cetano se describen, por ejemplo, también en el documento US 2.763.537, entre ellos nitratos de alquilo, nitritos, nitrosocompuestos, diazocompuestos y peróxidos orgánicos. Actualmente, los peróxidos orgánicos no se utilizan comercialmente como aditivos para diésel, con la excepción de pequeñas cantidades de DTBP (peróxido de di-terc-butilo). Esto es por razones de coste, seguridad y compatibilidad.

25 Así, las preparaciones de peróxido disponibles comercialmente contienen a menudo cantidades considerables de agua como agentes de flegmatizado, que son demasiado inestables térmica o químicamente, no pueden utilizarse debido a las materias primas o procedimientos de producción usados comercialmente como aditivos para combustibles o contienen restos aromáticos, que influyen negativamente en la expulsión de contaminantes. Sin embargo, los peróxidos flegmatizados con agua no son adecuados como aditivo para carburante, ya que el agua no se mezcla con el carburante, sino que forma un sistema de dos fases.

30 Los peróxidos orgánicos son compuestos térmicamente lábiles, que se descomponen exotérmicamente con la escisión del enlace oxígeno-oxígeno peroxídico. Por tanto, por consideraciones técnicas de seguridad, los peróxidos orgánicos a menudo tienen que flegmatizarse para su manipulación segura o para su transporte seguro o ya se fabrican técnicamente en dilución.

35 En este sentido, algunos peróxidos anhidros no están disponibles o solo están disponibles con un alto esfuerzo técnico.

El documento WO 99/21942 da a conocer el aumento del índice de cetano mediante el uso de un aditivo para combustible diésel, que comprende peróxido de cinc y TBHP en un portador líquido.

40 Un objetivo de la presente divulgación era proporcionar un aditivo para combustibles mejorado, en particular en cuanto a la expulsión de contaminantes, eficacia, manejabilidad y costes.

45 Por tanto, la divulgación se refiere a un combustible que comprende hidroperóxido de terc-butilo (TBHP) anhidro como aditivo, conteniendo el aditivo TBHP en terc-butanol, encontrándose el TBHP en una cantidad de desde el 0,01 % en peso hasta el 10 % en peso, con respecto al peso total del hidrógeno y seleccionándose el combustible básico de combustible diésel, gasolina de automoción, éster metílico de colza, queroseno y carburantes para cohetes.

50 La divulgación se refiere a un combustible que comprende hidroperóxido de terc-butilo (TBHP) como componente de aditivo en una mezcla de TBHP con otros peróxidos orgánicos, en particular otros peróxidos orgánicos anhidros tal como, por ejemplo, peróxido de di-terc-butilo (DTBP).

55 Sorprendentemente se encontró que el hidroperóxido de terc-butilo, en particular en forma anhidra, es adecuado como aditivo para combustibles. Mediante la utilización de TBHP como aditivo se aumenta en particular el índice de cetano del combustible y preferiblemente se incrementa con respecto al combustible básico en un valor de al menos 2, más preferiblemente al menos 3, todavía más preferiblemente al menos 4 y lo más preferiblemente al menos 5. El índice de cetano puede determinarse, por ejemplo, según la norma ASTM 0613. Un aumento del índice de cetano es una medida de la mejora de la capacidad de ignición del combustible.

60 Además, se estableció que, con el mismo consumo, las emisiones de contaminantes, en particular las emisiones de hidrocarburos y/o las emisiones de monóxido de carbono, se reducen significativamente, no aumentándose

considerablemente al mismo tiempo la expulsión de NOx.

Estas ventajas se obtienen en vehículos sin catalizador, pero sorprendentemente también en vehículos con catalizador.

Sorprendentemente, pudieron establecerse emisiones de contaminantes reducidas tanto antes de un catalizador de gas de escape aguas abajo como después de un catalizador de gas escape aguas abajo. Una reducción de las emisiones de contaminantes después del catalizador se encontró especialmente en la fase 1 (ciclos 1 a 4) del ciclo de conducción NEDC, en el que se conduce a velocidades bajas de hasta 50 km/h y en el que el catalizador todavía no alcanza la temperatura de funcionamiento completa. En este sentido, el TBHP, en particular el TBHP anhidro, y mezclas del mismo también son de gran interés en regiones en las que la densidad de catalizadores en las flotas de vehículos existentes es ya muy alta, tal como, por ejemplo, Europa, ya que un gran número de viajes tienen lugar con vehículos en los que el catalizador no alcanza la temperatura de funcionamiento completa. En consecuencia, el TBHP, en particular el TBHP anhidro y mezclas del mismo como aditivo para combustibles, reducen la expulsión de contaminantes, en particular la expulsión de hidrocarburos y monóxido de carbono también independientemente de la propagación de los catalizadores de gas de escape.

También en vehículos que se hacen funcionar sin catalizador, la emisión de contaminantes en la fase 1 (ciclos 1 a 4) del ciclo de conducción NEDC es mayor que en la fase 2 (ciclo 5). En la fase 1, la reducción de las emisiones de hidrocarburos y monóxido de carbono con carburantes que contienen TBHP, en particular TBHP anhidro, como aditivo, es especialmente alta. Este es el efecto deseado, especialmente para el tráfico de corta distancia. En principio, las emisiones de contaminantes de, por ejemplo, hidrocarburos y monóxido de carbono en la combustión de grados de carburante de baja calidad son superiores a aquellas en grados de carburante de mayor calidad.

Ahora se ha encontrado sorprendentemente que el TBHP, como aditivo, reduce las emisiones de contaminantes de, por ejemplo, hidrocarburos y monóxido de carbono cuando se usan grados de diésel de mayor calidad, tal como, por ejemplo, un diésel Euro 4 habitual en el mercado, más intensamente que cuando se usan grados de diésel de baja calidad, tal como, por ejemplo, un diésel estadounidense habitual en el mercado. En este sentido, TBHP es adecuado, por ejemplo, también especialmente como aditivo para carburantes para regiones en las que normalmente se utilizan grados de carburante de mayor calidad.

El TBHP anhidro se utiliza como aditivo para combustibles. A este respecto, "anhidro" significa que el contenido de agua en la composición de TBHP es < 5 % en peso, en particular < 1 % en peso, todavía más preferiblemente < 0,3 % en peso.

Mediante la utilización de TBHP anhidro, que puede mezclarse con combustible y en particular con carburante diésel, se evita que se forme una segunda fase acuosa no deseada. Preferiblemente, el TBHP se utiliza como aditivo en un disolvente orgánico anhidro. Pueden usarse disolventes polares y no polares. Ejemplos de disolventes no polares adecuados son los alquilos y en particular los hidrocarburos alifáticos, en particular isododecano, isooctano, decano, nonano y/o n-octano, o mezclas de diferentes alifatos. Ejemplos de disolventes polares son, en particular, disolventes que contienen oxígeno, tales como, por ejemplo, alcoholes y/o éteres. Preferiblemente se utilizan alcoholes alquílicos como disolventes, en particular alcoholes alquílicos C1-C8, más preferiblemente alcoholes alquílicos C2-C6, todavía más preferiblemente butanol y lo más preferiblemente terc-butanol. Mediante el uso de alcoholes y en particular de terc-butanol se aumenta adicionalmente el contenido de oxígeno en el aditivo para combustibles, lo cual es deseable y contribuye a la combustión mejorada por el enriquecimiento de oxígeno y por consiguiente a una reducción de la expulsión de contaminantes.

Precisamente cuando se utiliza un aditivo para combustibles que comprende TBHP en terc-butanol (TBA), se observó una reducción significativa de la expulsión de hollín y contaminantes.

La cantidad de TBHP en el aditivo asciende preferiblemente a al menos el 10 % en peso, más preferiblemente a al menos el 30 % en peso, todavía más preferiblemente a al menos el 40 % en peso y lo más preferiblemente a al menos el 50 % en peso. El TBHP puro no es preferible por consideraciones técnicas de seguridad. Por tanto, la cantidad de TBHP en el aditivo asciende preferiblemente a hasta el 90 % en peso, más preferiblemente a hasta el 75 % en peso y lo más preferiblemente a hasta el 60 % en peso. El porcentaje de disolventes orgánicos anhidros, en particular de alcoholes y preferiblemente de terc-butanol, asciende correspondientemente a al menos el 10 % en peso, más preferiblemente a al menos el 25 % en peso y lo más preferiblemente a al menos el 40 % en peso y a hasta el 90 % en peso, más preferiblemente a hasta el 70 % en peso y lo más preferiblemente a hasta el 50 % en peso.

Ha demostrado ser especialmente adecuado y por consiguiente el más preferido un aditivo, que contiene del 30 al 70 % en peso de TBHP en del 70 al 30 % en peso de terc-butanol. Se prefiere todavía más un aditivo, que contiene del 50 al 60 % en peso de TBHP en del 50 al 40 % en peso de terc-butanol. El más preferido es un aditivo, que contiene el 55 % en peso de TBHP y el 45 % en peso de TBA. Mediante la flegmatización del TBHP en un disolvente que contiene oxígeno, preferiblemente en un alcohol y en particular en terc-butanol, se aumenta la seguridad durante la producción técnica de TBHP, el transporte y la manipulación adicional.

Otros disolventes especialmente preferidos son éteres y poliéteres, de manera especialmente preferida los éteres y/o poliéteres alifáticos o cíclicos.

Mediante la flegmatización con un disolvente que contiene oxígeno, preferiblemente un alcohol y en particular alcohol terc-butílico, para reducir los contaminantes en el gas de escape, también se aumenta el contenido de oxígeno del aditivo. Por ejemplo, en una mezcla del 55 % de TBHP y el 45 % de TBA está contenido un contenido de oxígeno de aproximadamente el 29,3 % en peso de oxígeno, y de este aproximadamente el 9,8 % en peso de oxígeno activo.

El combustible puede contener como combustible básico combustibles o carburantes conocidos, tales como, por ejemplo, gasolinas de automoción, en particular gasolina, súper, etc., combustibles diésel, tales como, por ejemplo, diésel, biodiésel o similares, pero también grados de diésel muy bajos, tales como, por ejemplo, diferentes grados de diésel para uso marítimo, éster metílico de colza, éter de oximetileno, queroseno o carburante para cohetes. El combustible, en particular un combustible diésel o queroseno, puede estar previsto, por ejemplo, para unidades diésel en, por ejemplo, automóviles, embarcaciones o motores diésel estacionarios para la generación de electricidad, o también para aviones o motores de cohetes.

Mediante el aditivo se aumenta en particular la capacidad de ignición del combustible. Además, se reduce claramente la expulsión de hollín y de hidrocarburos y monóxido de carbono en el motor de combustión, en particular con una expulsión de NOx constante o casi constante. De manera especialmente preferible, el combustible comprende como combustible básico un diésel de alta calidad, que cumple con los requisitos de diésel Euro4.

El TBHP utilizado como aditivo también puede manipularse claramente mejor desde el punto de vista técnico de la seguridad con respecto a los aditivos utilizados habitualmente, tal como, por ejemplo, 2-EHN. Mediante la utilización de TBHP en forma anhidra, en particular en un disolvente orgánico anhidro, se evita la formación de dos fases independientes y de ese modo se posibilita por primera vez la utilización de TBHP como aditivo para combustibles.

En comparación con el 2-EHN utilizado convencionalmente, mediante la utilización de TBHP como aditivo se mejora la combustión (en particular menos expulsión de hidrocarburos, de monóxido de carbono y de hollín). Además, el TBHP no contiene nitrógeno, de modo que los problemas asociados con el mismo, y en particular el problema de la formación de óxidos de nitrógeno, se reducen según la invención. El TBHP es además claramente más seguro desde el punto de vista técnico de seguridad que el 2-EHN, en particular con respecto a la descomposición.

La prueba de Koenen es una medida de la velocidad de descomposición y la acumulación de presión durante la descomposición de un producto. Cuanto mayor es el valor Koenen, más intensamente tiene lugar la descomposición.

Así, el valor Koenen para 2-EHN = 1,0, mientras que el valor Koenen para un TBHP flegmatizado con TBA es < 1.

Además, la energía liberada durante la descomposición de 2-EHN es con $\Delta H = 2210 \text{ J/g}$ claramente mayor que la de una mezcla de TBHP-TBA con $\Delta H = 729 \text{ J/g}$.

En comparación con el peróxido de di-terc-butilo (DTBP) ya utilizado como aditivo para combustibles, el TBHP presenta ventajosamente un punto de inflamación más alto de 21 °C. Por ejemplo, el punto de inflamación del DTBP se encuentra claramente por debajo del del TBHP y por debajo de la temperatura ambiente a < 0 °C. Además, la conductividad del DTBP con < 3 pS/m es extremadamente baja, de modo que los procesos de transferencia de DTBP son muy críticos desde el punto de vista técnico de seguridad debido a posibles separaciones de carga, ya que estas separaciones de carga pueden generar una energía de ignición suficiente para encender el DTBP, ya que el DTBP solo requiere una energía de ignición muy baja de <0,1 mJ. Además, la energía liberada durante la descomposición del DTBP es con $\Delta H = 1370 \text{ J/g}$ claramente mayor que la del TBHP flegmatizado con TBA con $\Delta H = 729 \text{ J/g}$.

A diferencia del DTBP no polar, el TBHP polar es conductor (> 1000 pS/m) y por consiguiente no aparecen tales separaciones de carga, de modo que el TBHP puede manipularse de manera considerablemente más segura que el DTBP.

El combustible presenta del 0,01 % en peso al 10 % en peso, preferiblemente hasta el 5 % en peso y lo más preferiblemente del 0,01 % en peso al 2 % en peso de TBHP.

Se estableció que también ya con pequeñas cantidades de aditivo puede conseguirse una reducción de la expulsión de contaminantes. Por tanto, de manera especialmente preferible, el combustible presenta hasta el 0,5 % en peso de TBHP, todavía más preferiblemente hasta el 0,25 % en peso de TBHP y lo más preferiblemente hasta el 0,15 % en peso.

También es posible combinar el aditivo que contiene TBHP con otros aditivos. Se prefiere, por ejemplo, la

combinación con otros peróxidos, en particular con otros peróxidos orgánicos y preferiblemente con otros peróxidos orgánicos anhidros, y en particular con peróxido de di-terc-butilo (DTBP). Se prefiere especialmente un aditivo, que comprende TBHP y DTPB. El más preferido es un aditivo que comprende TBHP, DTPB y TBA.

- 5 Para la combinación de TBHP anhidro con DTBP como aditivo se han encontrado sorprendentemente efectos sinérgicos, de modo que la combinación de TBHP anhidro con DTBP conduce a una reducción de contaminantes más alta que la que puede conseguirse con cantidades comparables de TBHP o DTBP solos.

10 A este respecto, la relación en peso de TBHP y DTPB asciende preferiblemente a desde 10: 90 hasta 90: 10, en particular de 20: 80 a 80: 20 y todavía más preferiblemente de 30: 70 a 70: 30.

15 La cantidad de TBHP y DTPB en el aditivo asciende preferiblemente a al menos el 10 % en peso, más preferiblemente a al menos un 30 % en peso, todavía más preferiblemente a al menos el 40 % en peso y lo más preferiblemente a al menos el 50 % en peso. Además, la cantidad de TBHP y DTPB en el aditivo asciende preferiblemente a hasta el 90 % en peso, más preferiblemente a hasta el 75 % en peso y lo más preferiblemente a hasta el 60 % en peso. El porcentaje de disolventes orgánicos anhidros, en particular de alcoholes y preferiblemente de terc-butanol, asciende correspondientemente a al menos el 10 % en peso, más preferiblemente a al menos el 25 % en peso y lo más preferiblemente a al menos el 40 % en peso y a hasta el 90 % en peso, más preferiblemente a hasta el 70 % en peso y lo más preferiblemente a hasta el 50 % en peso.

20 La producción de TBHP puede tener lugar según procedimientos de producción conocidos.

25 El aditivo para combustibles contiene en particular TBHP anhidro y preferiblemente TBHP en un disolvente orgánico. El disolvente orgánico es preferiblemente un alcohol, en particular terc-butanol. Se prefiere especialmente un aditivo, que comprende del 30 al 70 % en peso de TBHP en del 70 al 30 % en peso de disolvente orgánico, en particular TBA, más preferiblemente del 50 al 60 % en peso de TBHP en del 50 al 40 % en peso de disolvente orgánico, en particular TBA.

30 Además, se prefiere especialmente un aditivo para combustibles, que además de TBHP comprende un peróxido orgánico adicional, en particular un peróxido orgánico anhidro adicional. El más preferido es un aditivo que comprende TBHP y DTBP. En una forma de realización especialmente preferida, los peróxidos en el aditivo se encuentran en un alcohol, en particular en TBA.

35 Además, también se prefiere un aditivo para combustibles, que además de TBHP contiene otro aditivo para combustibles conocido, tal como, por ejemplo, 2-EHN. A este respecto, en una forma de realización especialmente preferida, el TBHP se encuentra en un alcohol, en particular en TBA.

40 Las proporciones cuantitativas preferidas de TBHP, dado el caso de un peróxido orgánico adicional tal como, por ejemplo, DTBP, así como de disolvente orgánico, en particular TBA, son tal como se han descrito anteriormente en el presente documento.

45 Además, según la invención, se estableció que usando el aditivo para combustibles o un combustible que comprende el aditivo para combustibles puede reducirse la expulsión de contaminantes. Por tanto, la divulgación se refiere también al uso de TBHP para la reducción de contaminantes, en particular para la reducción de la emisión de hidrocarburos y/o de la emisión de monóxido de carbono. De manera especialmente preferible, la divulgación se refiere al uso de TBHP para la emisión de contaminantes en vehículos con catalizador. El más preferido es el uso de un aditivo que comprende TBHP, DTBP y TBA para la reducción de contaminantes.

50 La divulgación se refiere además al uso de TBHP o de los aditivos para combustibles descritos en el presente documento para aumentar el índice de cetano.

55 La divulgación se refiere además al uso de TBHP o de los aditivos para combustibles descritos en el presente documento para la reducción de contaminantes, en particular para la reducción de la emisión de hidrocarburos y/o monóxido de carbono.

Ejemplo 1

Combustible, que comprende TBHP como aditivo

60 Un combustible diésel básico estadounidense convencional presenta un índice de cetano de 45,2. A este combustible se le añade un aditivo que consiste en el 55 % en peso de TBHP y el 45 % de terc-butanol en una concentración basada en el TBHP del 0,026 % en peso de cantidad de aditivo, así como en una concentración del 0,11 % en peso.

65 Mediante la adición del 0,026 % en peso de TBHP aumenta el índice de cetano de 45,2 a 47,4. En el caso de una adición adicional de un total del 0,11 % en peso de TBHP, se aumenta el índice de cetano a 50,0.

Se llevaron a cabo mediciones comparativas de emisiones y de consumo con un carburante diésel básico estadounidense convencional (índice de cetano 45,2) y un carburante diésel básico EU4 convencional (índice de cetano 54,6) con y sin adición de TBHP en un dinamómetro de rodillos de manera correspondiente al ciclo de conducción NEDC normalizado.

Como vehículo de prueba se utilizó un Mercedes C 220 CDI, 4 cilindros, 110 KW de potencia, construido en 2005 con una transmisión automática de 5 marchas y un kilometraje de aproximadamente 140.000 km. El vehículo está equipado con un filtro de partículas y un catalizador. Las emisiones se determinaron en mediciones múltiples antes y después del catalizador.

Mediante la adición del 0,11 % en peso de TBHP a un carburante diésel básico europeo convencional con el índice de cetano de 54,6 pudieron reducirse las emisiones brutas antes del catalizador, con un consumo medio constante, tal como sigue:

Diésel básico EU4

Valores de medición antes del catalizador	0,11 % en peso de TBHP	
	Fase 1	Fase 2
	(Ciclos 1 - 4 NEDC)	(Ciclo 5 NEDC)
Hidrocarburos (HC)	-10,0 %	-7,0 %
Monóxido de carbono (CO)	-9,7 %	-5,2 %
Dióxido de carbono (CO ₂)	0,0 %	0,0 %

Las emisiones de NO_x aumentan solo ligeramente un 6,1 % en la fase 1 y un 2,9 % en la fase 2.

Es particularmente importante y pronunciada la influencia positiva de la reducción de emisiones en la fase 1, la fase de arranque en frío en el ciclo 1 a 4 NEDC.

Diésel básico estadounidense

Valores de medición después del catalizador	0,11 % en peso de TBHP Fase 1 (Ciclos 1 - 4 NEDC)
Hidrocarburos (HC)	-43,7 %
Monóxido de carbono (CO)	-30,2 %
Dióxido de carbono (CO ₂)	0,0 %

Mediante una adición del 0,11 % en peso de TBHP a un carburante diésel básico estadounidense convencional con el índice de cetano de 45,2 pudieron observarse las siguientes emisiones brutas antes del catalizador, con un consumo promedio constante:

Diésel básico estadounidense

Valores de medición antes del catalizador	0,11 % en peso de TBHP	
	Fase 1 (Ciclos 1 - 4 NEDC)	Fase 2 (Ciclo 5 NEDC)
Hidrocarburos (HC)	-8,4 %	0,5 %
Monóxido de carbono (CO)	-8,0 %	4,2 %
Dióxido de carbono (CO ₂)	0,0 %	0,0 %

Las emisiones de NO_x aumentan por debajo de la tolerancia de medición.

Especialmente en la fase 1 (ciclos 1 - 4 NEDC) se midió una reducción muy fuerte de las emisiones después del catalizador, ya que este todavía no presenta la temperatura de funcionamiento requerida:

ES 2 864 214 T3

Diésel básico estadounidense

Valores de medición después del catalizador	0,11 % en peso de TBHP Fase 1 (Ciclos 1 - 4 NEDC)
Hidrocarburos (HC)	-17,5 %
Monóxido de carbono (CO)	-16,9 %
Dióxido de carbono (CO ₂)	0,0 %

Los valores absolutos de las emisiones de contaminantes con respecto a hidrocarburos y monóxido de carbono son en el grado de diésel EU4 habitual en el comercio en cualquier caso inferiores a los del grado de diésel básico estadounidense habitual en el comercio. A pesar de ello, con el 0,11 % de TBHP como aditivo en el grado de carburante diésel EU4 habitual en el comercio de mayor calidad pudo conseguirse una minimización de las emisiones de contaminantes porcentualmente aún más intensa que para el grado de diésel básico estadounidense:

Contaminante	Carburante	Valores analíticos en cada caso en mg/kg			
		antes del catalizador		después del catalizador	
		Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2
Hidrocarburos	Diésel Euro4	431,8	334,9	77,4	10,9
	Diésel Euro4 + 0,11 % en peso de TBHP	388,7	311,4	43,6	9,2
	Reducción	10,0 %	7,0 %	43,7 %	15,9 %
Monóxido de carbono	Diésel Euro4	799,7	461,1	199,9	5,1
	Diésel Euro4 + 0,11 % en peso de TBHP	722,2	436,9	139,5	5,3
	Reducción	9,7 %	5,2 %	30,2 %	-2,8 %
NOX	Diésel Euro4	80,8	117,4		
	Diésel Euro4 + 0,11 % en peso de TBHP	85,7	120,8		
	Reducción	-6,1 %	-2,9 %		

Contaminante	Carburante	Valores de análisis en cada caso en mg/kg			
		antes del catalizador		después del catalizador	
		Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2
Hidrocarburos	Diésel básico estadounidense	587,4	393,8	101,6	
	Diésel básico estadounidense + 0,11 % en peso de TBHP	538,2	395,7	83,8	
	Reducción	8,4 %	-0,5 %	17,5 %	
Monóxido de carbono	Diésel básico estadounidense	1025,9	533,8	315,2	5,7
	Diésel básico estadounidense + 0,11 % en peso de TBHP	944,2	511,4	261,9	5,7
	Reducción	8,0 %	4,2 %	16,9 %	0,0 %
NOX	Diésel básico estadounidense			79,4	118,5
	Diésel básico estadounidense + 0,11 % en peso de TBHP	85,4	122,0	80,6	121,3
	Reducción			0,0	0,0

Ejemplo 2

Combustible que comprende TBHP y DTBP como aditivo

A un combustible diésel básico estadounidense convencional se le añade un aditivo que consiste en el 27,5 % en peso de TBHP, el 22,5 % en peso de TBA y el 50 % en peso de DTBP. La mezcla 1 contiene el 0,013 % en peso de TBHP y el 0,024 % en peso de DTBP.

La mezcla 2 contiene el 0,052 % en peso de TBHP y el 0,094 % en peso de DTBP.

El índice de cetano del carburante diésel básico convencional es de 45,2, el de la mezcla 1 asciende a 47,9 y el de la mezcla 2 asciende a 56,7.

En comparación con el combustible básico, mediante la adición del aditivo se aumenta significativamente el índice de cetano y de manera correspondiente a la siguiente tabla se reducen las emisiones de contaminantes, con un consumo constante, significativa y especialmente en la fase 1 todavía más significativamente.

Diésel básico estadounidense

Valores de medición antes del catalizador	0,052 % en peso de TBHP y 0,094 % en peso de DTBP Fase 1 (Ciclos 1 - 4 NEDC)	Fase 2 (Ciclo 5 NEDC)
Hidrocarburos (HC)	-22,6 %	-4,2 %
Monóxido de carbono (CO)	-22,0 %	-11,9 %
Dióxido de carbono (CO ₂)	0,0 %	0,0 %

- 5 Especialmente en la fase 1 (ciclos 1 - 4 NEDC) se midió también una reducción muy intensa de las emisiones después del catalizador, ya que este todavía no presenta la temperatura de funcionamiento requerida:

Diésel básico estadounidense

Valores de medición después del catalizador	0,052 % en peso de TBHP y 0,094 % en peso de DTBP Fase 1 (Ciclos 1 - 4 NEDC)
Hidrocarburos (HC)	-43,0 %
Monóxido de carbono (CO)	-39,5 %
Dióxido de carbono (CO ₂)	0,0 %

10

Las emisiones de NO_x aumentan por debajo de la tolerancia de medición.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Combustible, que comprende hidroperóxido de terc-butilo (TBHP) anhidro como aditivo, conteniendo el aditivo TBHP en terc-butanol,
- 10 caracterizado porque
- el TBHP se encuentra en una cantidad de desde el 0,01 % en peso hasta el 10 % en peso, con respecto al peso total del combustible y porque el combustible básico se selecciona de combustible diésel.
- 15 2. Combustible, que comprende hidroperóxido de terc-butilo (TBHP) anhidro como aditivo según una de las reivindicaciones anteriores,
- caracterizado porque
- el aditivo consiste en del 30 al 70 % en peso de TBHP en del 70 al 30 % en peso de disolvente orgánico.
- 20 3. Combustible, que comprende hidroperóxido de terc-butilo (TBHP) anhidro como aditivo según una de las reivindicaciones anteriores,
- caracterizado porque
- el combustible comprende como aditivo adicional peróxido de di-terc-butilo.
- 25 4. Uso de hidroperóxido de terc-butilo (TBHP) anhidro en terc-butanol para aumentar el índice de cetano.
5. Uso de hidroperóxido de terc-butilo (TBHP) anhidro en terc-butanol para reducir la emisión de monóxido de carbono y/o de hidrocarburos.
- 30 6. Uso según la reivindicación 4 de una mezcla de hidroperóxido de terc-butilo (TBHP) anhidro y peróxido de di-terc-butilo (DTBP) para aumentar el índice de cetano.
- 35 7. Uso según la reivindicación 6 de una mezcla de hidroperóxido de terc-butilo (TBHP) anhidro y peróxido de di-terc-butilo (DTBP) para reducir las emisiones de monóxido de carbono y de hidrocarburos.
8. Uso de hidroperóxido de terc-butilo (TBHP) anhidro en terc-butanol como aditivo para combustibles, seleccionándose el combustible básico de combustible diésel.