

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 559 681**

51 Int. Cl.:

G01N 31/12 (2006.01)

G01N 33/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.12.2007 E 07853228 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.12.2015 EP 2087346**

54 Título: **Un método y sistema para medir los valores de cetano de los combustibles destilados medios**

30 Prioridad:

01.12.2006 US 868273 P

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

15.02.2016

73 Titular/es:

**PETROLEUM ANALYZER COMPANY, L.P.
(100.0%)
8824 FALLBROOK DRIVE
HOUSTON TX 77064, US**

72 Inventor/es:

RITZ, G. PATRICK

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 559 681 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

Un método y sistema para medir los valores de cetano de los combustibles destilados medios

Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un método para calcular o medir los valores numéricos de cetano de los combustibles y/o fluidos destilados medios.

10 **[0002]** Más concretamente, la presente invención se refiere a un método para medir los valores numéricos de cetano de los combustibles y/o fluidos destilados medios, donde el método incluye la combustión de una muestra de un combustible y/o fluido destilado medio en una cámara de combustión de volumen constante (CVCC) en condiciones para producir datos de la combustión por lo que respecta a la presión frente al tiempo o a un perfil de presión de combustión frente al tiempo, así como para obtener o calcular el valor numérico de cetano a partir de puntos de datos seleccionados del perfil de la presión frente al tiempo.

2. Descripción de la técnica relacionada

15 **[0003]** Los métodos y sistemas actuales para medir el valor de cetano se basan en los datos de los motores o bien en los datos obtenidos de una cámara de combustión de volumen constante. Los métodos y sistemas que utilizan aparatos con una cámara de combustión de volumen constante (ASTM D7170-06a) determinan el valor de cetano a partir de una ecuación que utiliza un único punto de datos de combustión del perfil de presión frente al tiempo que corresponde a un determinado incremento en la cámara de presión tras la inyección de una muestra de combustible. Estos métodos se originan de forma incierta en el caso de los combustibles con diferentes cantidades de componentes combustibles de combustión más rápida y que utilizan aparatos capaces de diferenciar entre los componentes combustibles de combustión más rápida y más lenta.

20 **[0004]** Por tanto, existe la necesidad en la técnica de métodos y sistemas para determinar los valores de cetano a partir de aparatos con una cámara de combustión de volumen constante, especialmente en aparatos capaces de diferenciar entre componentes fluidos de combustión más rápida y más lenta, donde los métodos y los sistemas utilizan datos de un perfil de presión frente a tiempo en una expansión en serie en torno a puntos de datos seleccionados de la curva, a fin de obtener unos valores numéricos mejorados de cetano para los combustibles y/o fluidos destilados medios.

Resumen de la invención

30 **[0005]** El objeto anterior se puede conseguir a través de un método recogido en la reivindicación independiente 1. En las reivindicaciones dependientes se definen evoluciones preferibles. El método es capaz de determinar los valores numéricos de cetano de un perfil de combustión de presión frente a tiempo de un destilado medio, donde los datos o el perfil incluyen múltiples regiones de combustión.

35 **[0006]** El método es capaz de determinar los valores numéricos de cetano de un perfil de combustión de presión frente al tiempo de un destilado medio, donde los datos o el perfil incluyen una primera región, una región A o región de retardo de la ignición temprana, y una segunda región, una región B o región de retardo de la ignición tardía. La región A representa los componentes de un fluido/combustible que tienen un primer índice de combustión y la región B representa los componentes de un fluido/combustible que tienen un segundo índice de combustión, donde el primer índice de combustión es más rápido que el segundo índice de combustión.

Breve descripción de los dibujos

[0014] La invención se puede entender mejor por referencia a la siguiente descripción detallada junto con los dibujos ilustrativos adjuntos, en los que los elementos similares tienen asignada la misma numeración:

[0015] La **Figura 1** ilustra un aparato con cámara de combustión de volumen constante (CVCC) para medir los perfiles de tiempo/presión de muestras que se van a someter a combustión;

45 **[0016]** La **Figura 2** ilustra un conjunto de muestras que se van a someter a combustión utilizando el aparato de la **Figura 1** que presentan los perfiles de dos regiones a 520°C, a 1500 bares, y $t = 750 \mu\text{s}$,

[0017] La **Figura 3** ilustra un conjunto de muestras de combustión utilizando el aparato de la **Figura 1** que presentan los perfiles de dos regiones a 567°C, a 300 bares, y $t = 1500 \mu\text{s}$,

50 **[0018]** La **Figura 4** ilustra un conjunto de muestras de combustión utilizando el aparato de la **Figura 1** que presentan los perfiles de dos regiones a 520°C, a 1500 bares, y $t = 700 \mu\text{s}$,

[0019] La **Figura 5** ilustra un conjunto de muestras de combustión utilizando el aparato de la **Figura 1** que presentan los perfiles de dos regiones a 520°C, a 1500 bares, y $t = 750 \mu\text{s}$,

[0020] La **Figura 6** ilustra un conjunto de muestras de combustión utilizando el aparato de la **Figura 1** que presentan los perfiles de dos regiones a 520°C, a 1500 bar, y $t = 900 \mu\text{s}$,

[0021] La **Figura 7** ilustra un conjunto de muestras de combustión utilizando el aparato de la **Figura 1** que presentan los perfiles de dos regiones a 520°C, a 1500 bares, y $t = 1000 \mu\text{s}$,

5 [0022] La **Figura 8** ilustra un conjunto de correlaciones de los valores numéricos de cetano obtenidos frente a los valores numéricos de cetano reales,

[0023] La **figura 9** ilustra un conjunto de muestras de combustión utilizando el aparato de la **Figura 1** que presentan los perfiles de dos regiones en condiciones para optimizar los cálculos numéricos de cetano derivado (DCN), y

10 [0024] La **Figura 10** ilustra una vista ampliada de los datos de la **Figura 9**.

Descripción detallada de la invención

[0025] El inventor ha descubierto que se puede formular un nuevo método para determinar los valores obtenidos numéricos de cetano de los destilados medios de los datos de combustión extraídos de un aparato con cámara de combustión de volumen constante (CVCC). El inventor ha descubierto que se pueden calcular
15 unos valores numéricos superiores de cetano derivado utilizando una ecuación de expansión en serie, expandida en torno a una pluralidad de puntos de datos de la presión frente al tiempo recopilados cuando se somete a combustión una muestra de combustible y/o fluido destilado medio en el aparato CVCC. El inventor ha descubierto que se pueden obtener unos valores numéricos superiores de cetano utilizando un CVCC capaz de producir un perfil de presión/tiempo que incluya múltiples regiones de combustión. Por ejemplo, determinados perfiles de presión/tiempo incluyen una región A y una región B, donde la región A representa componentes de combustibles con unos tiempos de retardo de la ignición más cortos (ignición temprana) y la región B representa componentes de combustibles con unos tiempos de retardo de la ignición más largos (ignición más tardía), que serían los componentes de combustión más lenta. El inventor ha descubierto que los cálculos numéricos de cetano utilizando al menos un punto de datos seleccionado de cada una de las regiones
20 de combustión como variables independientes producen unos valores superiores numéricos de cetano derivado que los cálculos basados exclusivamente en un único punto de datos concreto del perfil de presión/tiempo. Por ejemplo, en los perfiles que tienen una región A y una región B, los valores numéricos de cetano obtenidos de las ecuaciones que utilizan al menos un punto de la región A y al menos un punto de datos seleccionado de la región B producen unos valores numéricos superiores de cetano derivado que los cálculos que se basan exclusivamente en un único punto de datos concreto del perfil de presión/tiempo.
25
30

Reactivos apropiados

[0028] Entre los combustibles y/o fluidos destilados medios adecuados se incluyen, a título meramente enunciativo, cualquier combustible o fluido hidrocarburo que tenga un punto de ebullición medio en el contexto de los hidrocarburos refinados obtenidos del petróleo crudo o combustibles o fluidos de biomateriales o combustibles o fluidos sintéticos con unos puntos de ebullición incluidos en el rango de los hidrocarburos refinados con un punto de ebullición medio, o mezclas o combinaciones de estos. Algunos ejemplos, a título
35 meramente enunciativo, de estos fluidos incluyen combustibles diésel, combustibles diésel con aditivos mejoradores de cetano, carburantes, combustibles biodiesel, querosenos o similares. A pesar de que, por lo general, los destilados medios son hidrocarburos que incluyen principalmente gasoil y carburante para el sector de la aviación (o queroseno de alto octanaje), los inventores los utilizan aquí para referirse no solamente a los destilados obtenidos del procesamiento del petróleo crudo, sino también a los combustibles obtenidos de biomateriales, los denominados biodiesel, y a los combustibles obtenidos de la polimerización catalítica de Fischer-Tropsch de una mezcla de hidrógeno/monóxido de carbono, los denominados gas de síntesis, que se encuentran en los combustibles hidrocarburos en el rango de los destilados medios. El gasoil se utiliza cada
40 vez más como combustible industrial, desplazando al fueloil por los problemas medioambientales que genera. También se utiliza como combustible para autobuses, camiones y taxis. Los carburantes se utilizan habitualmente como combustibles para el sector de la aviación y también como combustibles domésticos para calefacción.
45

Realizaciones específicas del método

[0029] El método de esta invención utiliza los datos obtenidos de un aparato con cámara de combustión de volumen constante (CVCC) para computar el valor numérico de cetano derivado para un combustible/fluido destilado medio, donde la muestra de combustible/fluido destilado medio se somete a combustión a una temperatura y presión elevadas. La muestra se inyecta en el aparato con CVCC a una presión y temperatura predeterminadas. Tras la inyección, la presión de la cámara se mide en forma de una función del tiempo posterior a la inyección hasta que la combustión se ha completado.
50
55

[0030] En los métodos de la técnica anterior, se seleccionaba un único punto de datos del perfil de presión/tiempo que representaba un retardo de la ignición para utilizarlo en una ecuación con el fin de

computar o calcular un número de cetano derivado (DCN) que correspondería a un número de cetano (CN) medido utilizando un motor de combustión interna especial. Sin embargo, con la llegada de nuevas mezclas de combustible, los valores numéricos de cetano derivado han demostrado importantes desviaciones respecto de los valores numéricos de cetano real.

5 **[0031]** Al utilizar aparatos CVCC más modernos para la combustión de las muestras, se producen perfiles de presión/tiempo que muestran una única región o múltiples regiones; en determinadas muestras, el perfil de presión/tiempo tiene una única región. En otras muestras, el perfil muestra una región principal que tiene un resalte. En otras muestras, el perfil tiene dos regiones distintas. La primera región o resalte pone de manifiesto los componentes de combustión temprana, mientras que el perfil principal o la segunda región pone de manifiesto los componentes de combustión tardía. La primera región, en ocasiones denominada región A a efectos del presente, representa los componentes del fluido/combustible que tienen un retardo de la ignición más corto (que comienzan antes la combustión); y la segunda región, en ocasiones denominada región B a efectos del presente, representa los componentes del fluido/combustible que tienen un retardo de la ignición más prolongado (que comienzan la combustión más tarde).

15 **[0032]** Dado que, por lo general, los fluidos/combustibles dan lugar a un perfil de presión/tiempo de dos regiones cuando se someten a ensayo con los CVCC más modernos, los valores del DCN presentan una divergencia considerable y poco constante con sus correspondientes valores del CN real. El presente método reduce de forma significativa estas variaciones, al utilizar al menos un punto de datos de cada una de las regiones, al menos un punto de datos de cada una de las regiones y ratios de los puntos de datos de diferentes regiones o ratios de puntos de datos de diferentes regiones del perfil de presión/tiempo en una ecuación de expansión en serie para generar valores de DCN que presentan variaciones más pequeñas respecto de sus correspondientes valores del CN reales, donde la expansión es relativa a los puntos de datos seleccionados, los puntos y ratios seleccionados, o las ratios en tanto que variables independientes de la ecuación.

Descripción detallada de un aparato con cámara de combustión de volumen constante (CVCC)

25 **[0033]** Con respecto ahora a la **Figura 1**, se muestra un aparato con cámara de combustión de volumen constante (CVCC) para medir los datos de presión frente a tiempo o los perfiles de datos de las muestras de fluidos para usos asociados con los métodos de la presente invención, en términos generales 100. Al utilizar este tipo de aparato CVCC, se pueden someter a combustión muestras de manera controlada para producir datos de presión/tiempo que tienen generalmente al menos dos regiones de combustión. A partir de estos datos, al menos un punto de cada región, por ejemplo una región A y una región B, puede ser seleccionado y utilizado como variable independiente en una ecuación de expansión en serie con respecto a los valores seleccionados para obtener valores de DCN mejorados para una muestra de fluido/combustible.

35 **[0034]** El aparato 100 incluye una cámara de combustión 102 que tiene una capacidad o volumen fijo. La cámara de combustión 102 está rodeada por un contenedor exterior 104 adaptado para alojar el conjunto de la cámara de combustión 102 en condición sellada. Entre el contenedor exterior 104 y la cámara de combustión 102 se encuentra un aislante térmico 106 que encierra un calentador 108 adaptado para calentar el interior 110 de la cámara de combustión 102 a una temperatura predeterminada. El aparato 100 incluye también un regulador de presión 112 para presurizar el interior 110 de la cámara de combustión 102 a una presión predeterminada a través de un conducto de alimentación de aire comprimido 114. El regulador de presión 112 está conectado a una fuente de aire comprimido 116 que se utiliza para ajustar la presión del interior 110 a la presión predeterminada, a través de un conducto de alimentación de aire comprimido 118. El aparato 100 incluye también un sistema de inyección de alta presión que tiene un inyector 120 para inyectar una muestra de combustible en la cámara de combustión 102 vía un tubo de alimentación de la muestra 122 a través de una boquilla 124. La muestra se suministra al inyector 120 de un contenedor para muestras 126 a través de un conducto de suministro de muestras 128 bajo una presión suficiente para inyectar la muestra de combustible en la cámara de combustión 102. El aparato 100 puede incluir opcionalmente una bomba refrigerante 130 que contiene un refrigerante y está adaptada para hacer circular un refrigerante a través de un conducto 132 y puertos 134 en el aislante 106 para refrigerar la boquilla 124. El aparato 100 incluye también una fuente de alimentación 136, un controlador 138 y un analizador 140, donde la fuente de alimentación 136 suministra corriente al calentador 108 y al controlador 138 a través de los cables eléctricos 142. El controlador 138 va conectado al inyector 120, al regulador de presión 112 y a la bomba refrigerante 130 a través de cables de control 144 y está adaptado a la fuente de alimentación para controlar estos dispositivos, de forma que se pueda someter a combustión una muestra en la cámara de combustión 102 en condiciones controladas. El analizador 140 incluye un sensor de presión 146 ubicado en el interior 110 o en una superficie interior de la cámara 102 y conectado al analizador 140 a través del cable del sensor 148. El analizador 140 está adaptado para recibir datos de presión del sensor de presión 146 al objeto de que se pueda registrar un perfil del tiempo frente a la presión para cada una de las muestras inyectadas en la cámara de combustión 102. El analizador 140 incluye asimismo un primer sensor de temperatura 150 ubicado en el interior 110 de la cámara de combustión 102 y conectado al analizador 140 a través de un primer cable del sensor de temperatura 152 y un segundo sensor de temperatura 154 ubicado en la pared de la cámara de combustión 102 y conectado al

anализador 140 a través de un segundo cable del sensor de temperatura 156. El analizador 140 está adaptado para recibir datos de temperatura de los sensores 150 y 154 de forma que se pueda controlar la temperatura de la combustión de la cámara de combustión 102. El aparato 100 incluye también un puerto de salida 158. El aparato 100 también puede incluir un dispositivo de salida 160, como un dispositivo de visualización, un dispositivo de gráficos, una impresora o una combinación de estos tipos de dispositivos para proporcionar los datos brutos o los valores numéricos de cetano obtenidos de los datos de conformidad con el método de esta invención.

[0035] Una vez que la muestra se ha sometido a combustión en un aparato de la Figura 1 y que se ha obtenido el perfil de sus datos de presión/tiempo, se selecciona un punto de datos o una pluralidad de puntos de datos del perfil. El método también puede incluir la fase de calcular los ratios entre los puntos seleccionados. A continuación, el punto de datos, los puntos de datos y/o las ratios se utilizan como variable o variables independientes en una ecuación que comprende una expansión en serie de la potencia en torno a los puntos seleccionados para computar los valores numéricos de cetano derivado que presentan variaciones más pequeñas respecto de sus correspondientes valores numéricos de cetano reales. Los puntos de datos incluyen al menos un punto de datos de cada región de combustión que se puede distinguir en el perfil. Los puntos de datos incluyen al menos un punto de la región A (componentes de combustión temprana) y al menos un punto de datos de la región B (componentes de combustión más tardía). En otras realizaciones, las variables independientes son ratios de puntos de datos entre puntos de datos de las regiones de ignición más temprana respecto de las regiones de ignición más tardía, por ejemplo, ratios de puntos de la región A respecto de puntos de la región B. Los coeficientes de la expansión en serie se determinan adecuando la ecuación a las muestras con unos valores numéricos de cetano reales conocidos, es decir que la ecuación se calibra o ajusta utilizando combustibles/fluidos de referencia o estándar que tienen valores numéricos de cetano conocidos.

[0036] En una realización, un número de cetano derivado se calcula con una ecuación de segundo orden (I):

$$DCN = C_{1a}ID_1 + C_{2a}ID_2 + C_{1b}(ID_1)^2 + C_{2b}(ID_2)^2 + I \quad (i)$$

donde ID_1 es un punto de datos seleccionado de la región A del perfil presión/tiempo que representa un retardo de la ignición de los componentes de la región A, ID_2 es un punto de datos seleccionado de la región B del perfil presión/tiempo que representa un retardo de la ignición de los componentes de la región B, C_{1a} , C_{1b} , C_{2a} y C_{2b} son coeficientes e I es la ordenada en el origen, donde los coeficientes se obtienen al resolver la ecuación (I) para un conjunto de muestras estándar o de referencia con unos valores numéricos de cetano conocidos. En la ecuación (I), los coeficientes de ID_1 o ID_2 se pueden ajustar a cero de forma que los valores numéricos de cetano derivado se calculan basándose en una expansión en serie de la potencia en torno a una única medición de ID. Es necesario reconocer que el valor de los coeficientes cambiará en función de los puntos seleccionados.

[0037] En una realización, un número de cetano derivado se calcula con una ecuación de segundo orden (II):

$$DCN = C_{1a}ID_1 + C_{2a}ID_2 + C_{1b}(ID_1)^2 + C_{2b}(ID_2)^2 + C_{ra}ID_1/ID_2 + C_{rb}(ID_1/ID_2)^2 + I \quad (II)$$

donde ID_1 es un punto de datos seleccionado de la región A del perfil presión/tiempo que representa un retardo de la ignición de los componentes de la región A, ID_2 es un punto de datos seleccionado de la región B del perfil presión/tiempo que representa un retardo de la ignición de los componentes de la región B, C_{1a} , C_{1b} , C_{2a} , C_{2b} , C_{ra} , y C_{rb} son coeficientes e I es la ordenada en el origen, donde los coeficientes se obtienen al resolver la ecuación (II) para un conjunto de muestras estándar o de referencia con unos valores numéricos de cetano conocidos. En la ecuación (II), los coeficientes de cualquiera de los términos se pueden ajustar a cero de forma que los valores numéricos de cetano derivado se calculan basándose en una expansión en serie de la potencia en torno a un único ID o a una única ratio de puntos de datos seleccionados. En una determinada realización, el coeficiente C_{rb} es igual a cero. Es necesario reconocer que el valor de los coeficientes cambiará en función de los puntos seleccionados.

[0038] En una realización, un número de cetano derivado se calcula con una ecuación de segundo orden (III):

$$DCN = C_{ra}ID_1/ID_2 + C_{rb}(ID_1/ID_2)^2 + I \quad (III)$$

donde ID_1 es un punto de datos seleccionado de la región A del perfil presión/tiempo que representa un retardo de la ignición de los componentes de la región A, ID_2 es un punto de datos seleccionado de la región B del perfil presión/tiempo que representa un retardo de la ignición de los componentes de la región B, C_{ra} y C_{rb} son coeficientes e I es la ordenada en el origen, donde los coeficientes se obtienen al resolver la ecuación (III) para un conjunto de muestras estándar o de referencia con unos valores numéricos de cetano conocidos. Es necesario reconocer que el valor de los coeficientes cambiará en función de los puntos seleccionados.

[0039] En otra realización, el número de cetano se calcula con una ecuación más generalizada (IV):

$$DCN = \sum_{i=1, j=1}^{i=m, j=n} c_{ij} ID_i^j + \sum_{k=1, l=1}^{k=m, l=n} c_{kl} ID_k^l + I \quad (IV)$$

donde ID son puntos de datos seleccionados de la región A del perfil que representa un retardo de la ignición de los componentes de la región A, ID_k son puntos de datos seleccionados de la región B del perfil que representa un retardo de la ignición de los componentes de la región B, c_{ij} y c_{kl} son coeficientes e I es la ordenada en el origen, i es un número entero que representa un número de puntos de datos seleccionados de la región A, j es un número entero que representa el número de términos de la expansión para los puntos de datos seleccionados de la región A, es decir, la potencia del término, k es un número entero que representa el número de puntos de datos seleccionados de la región B, y l es un número entero que representa el número de términos de la expansión para los puntos de datos seleccionados de la región B, es decir, la potencia de los términos. Los coeficientes y la ordenada en el origen se obtienen resolviendo la ecuación (IV) para un conjunto de muestras estándar o de referencia. Las muestras estándar o de referencia son un conjunto de muestras que presentan unos valores numéricos de cetano bien definidos (variable dependiente), mientras que se miden los ID (variables independientes). Las variables independientes y dependientes son sustituidas en la ecuación y los coeficientes se determinan utilizando una regresión lineal múltiple. En la ecuación (IV), los coeficientes de ID_i o ID_k se pueden ajustar a cero de forma que los valores numéricos de cetano derivado se calculan basándose en una expansión en serie de la potencia en torno a las mediciones de ID_i o las mediciones de ID_k .

[0040] En otra realización, el número de cetano se calcula con una ecuación más generalizada (V):

$$DCN = \sum_{i=1, j=1}^{i=m, j=n} c_{ij} ID_i^j + \sum_{k=1, l=1}^{k=o, l=p} c_{kl} ID_k^l + \sum_{\substack{ii=n, jj=o, \\ kk=m+p \\ ii=1, jj=1, \\ kk=1}} c_{ijjkk} (ID_{ii} / ID_{jj})^{kk} + I \quad (V)$$

donde ID_i son puntos de datos seleccionados de la región A del perfil que representa un retardo de la ignición de los componentes de la región A, ID_k son puntos de datos seleccionados de la región B del perfil que representa un retardo de la ignición de los componentes de la región B, y las ratios ID_{ii} / ID_{jj} de los puntos de datos seleccionados de la región A e ID_{jj} son puntos seleccionados de la región B, c_{ij} , c_{kl} , y c_{ijjkk} son coeficientes e I es la ordenada en el origen, i es un número entero que representa el número de puntos de datos seleccionados de la región A, j es un número entero que representa el número de términos de la expansión para los puntos de datos seleccionados de la región A, es decir la potencia del término, k es un número entero que representa el número de puntos de datos seleccionados de la región B, l es un número entero que representa el número de términos de la expansión para los puntos de datos seleccionados de la región B, es decir la potencia de los términos, ii es un número entero que representa el número de puntos de datos seleccionados de la región A, jj es un número entero que representa el número de puntos de datos seleccionados de la región B, kk es un número entero que representa el número de términos de la expansión para las ratios de puntos de datos seleccionados de la región A respecto de los puntos de datos seleccionados de la región B, es decir la potencia de los términos. Los coeficientes y la ordenada en el origen se obtienen resolviendo la ecuación (V) para un conjunto de muestras estándar o de referencia. Las muestras estándar o de referencia son un conjunto de muestras que presentan unos valores numéricos de cetano bien definidos (variable dependiente), mientras que se miden los ID (variables independientes). Las variables independientes y dependientes son sustituidas en la ecuación y los coeficientes se determinan utilizando una regresión lineal múltiple. En la ecuación (V), cualquiera de los coeficientes puede ser cero, siempre que al menos un término de cada suma tenga coeficientes distintos de cero.

[0041] En otra realización, el número de cetano se calcula con una ecuación todavía más generalizada (VI):

$$DCN = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, k=1}^{j=m, k=o} c_{ijk} ID_j^k + I \quad (VI)$$

donde ID_j son puntos de datos seleccionados de la región i^{th} del perfil, donde cada región representa componentes que presentan un tiempo de retardo de la ignición diferente y c_{ijk} son coeficientes de expansión correspondientes a la región i^{th} , el punto j^{th} elevado a la potencia k^{th} e I es la ordenada en el origen. En la ecuación (VI), i es un número entero que representa un número de regiones, j es un número entero que representa un número de puntos de datos seleccionados de la región i^{th} , k es un número entero que representa el número de términos de la expansión para los puntos de datos seleccionados de la expansión, es decir la potencia del término. Los coeficientes y la ordenada en el origen se obtienen resolviendo la ecuación (VI) para

un conjunto de muestras estándar o de referencia. Las muestras estándar o de referencia son un conjunto de muestras que presentan unos valores numéricos de cetano bien definidos (variable dependiente), mientras que se miden los ID (variables independientes). Las variables independientes y dependientes son sustituidas en la ecuación y los coeficientes se determinan utilizando una regresión lineal múltiple. En la ecuación (VI), los coeficientes de todos los ID_j menos uno se pueden ajustar a cero, de forma que los valores numéricos de cetano derivado se calculan basándose en una expansión en serie de la potencia en torno a un único punto de una región del perfil, un único punto de dos o todas las regiones, un único punto de una región y una pluralidad de puntos de las demás regiones, un único punto de todas las regiones excepto una y una pluralidad de puntos de una región o una pluralidad de puntos de cada una de las regiones.

10 **[0042]** En otra realización, el número de cetano se calcula con una ecuación todavía más generalizada (VII):

$$DCN = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, k=1}^{j=m, k=0} c_{ijk} ID_j^k + \sum_{\substack{ii=m, jj=m, \\ kk=0 \\ ii=1, jj=1, \\ kk=1}} c_{ijjkk} (ID_{ii} / ID_{jj})^{kk} + I \quad (VII)$$

15 donde ID_j son puntos de datos seleccionados de la región ith del perfil, donde cada región representa componentes que presentan un tiempo de retardo de la ignición diferente y c_{ijk} son coeficientes de expansión correspondientes a la región ith, el punto jth de la región ith elevada a la potencia kth, ID_{ii} / ID_{jj} son ratios de puntos de datos de diferentes regiones, c_{ijjkk} son coeficientes de expansión correspondientes al punto de datos iith de una región y el punto de datos jjth de una región diferente elevada a la potencia kkth e I es la ordenada en el origen.

20 **[0043]** En el actual método estándar D 6890-03a de la ASTM para determinar los valores de DCN utilizando un sistema CVCC convencional, el método incluye un gráfico del movimiento de la boquilla asociado con la inyección de una muestra en milisegundos y un gráfico del perfil de combustión de la muestra inyectada con el eje de tiempo en milisegundos (ms) y el eje de presión en megapascales o megabares. El método requiere a continuación la selección de un punto de retardo de la ignición donde la presión se eleva hasta un valor de 0,02 MPa por encima de la presión inicial. El punto se utiliza en una ecuación estándar para computar el número de cetano derivado (DCN). Por lo general, los datos obtenidos con estos sistemas CVCC convencionales muestran una curva de combustión que cuenta con una única región, es decir después de la ignición la curva simplemente sube hasta una meseta.

30 **[0044]** Con respecto ahora a las Figuras 2 y 3, se muestran gráficos de los perfiles de presión/tiempo de combustión de dos estándares de referencia y tres fluidos/combustibles de referencia, que se obtienen utilizando el aparato de la Figura 1 a diferentes temperaturas, presiones y tiempos. Con respecto ahora a las Figuras 4-7, se muestran gráficos de los perfiles de presión/tiempo de combustión de dos estándares de referencia y tres fluidos/combustibles de referencia, que se obtienen utilizando un aparato de la Figura 1 a diferentes tiempos, a una presión constante y una temperatura constante. La Figura 8 muestra una correlación de los valores de DCN y sus correspondientes valores CN. Resulta evidente que los valores obtenidos utilizando el aparato de la Figura 1 produce perfiles de presión/tiempo que presentan dos regiones de combustión: una región de combustión temprana, la región A, y una región de combustión tardía, la región B.

35 **[0045]** Con respecto ahora a las Figuras 9 y 10, se muestran gráficos de perfiles de presión/tiempo de combustión para dos estándares de referencia y tres fluidos/combustibles de referencia, que se obtienen utilizando un aparato de la Figura 1, a un tiempo, una temperatura y una presión óptimos para su uso en la selección de unos puntos de datos de presión/tiempo apropiados de la región A y la región B útiles para el cálculo de los valores de DCN de esta invención utilizando las ecuaciones de la ecuación (I) a la ecuación (VII).

40 **[0046]** Las ondas o los perfiles de presión utilizando un aparato CVCC inyector moderno típicamente son diferentes de los que se obtienen utilizando aparatos CVCC convencionales de uso general actualmente, que generan perfiles que típicamente solo presentan una curva de combustión con un único perfil o región, es decir que la curva no es capaz de discriminar entre componentes de combustión temprana y componentes de combustión tardía. Los nuevos aparatos CVCC como el aparato de la Figura 1 típicamente generan perfiles que tienen dos regiones de combustión: la región A y la región B. Es necesario reconocer que estas regiones pueden no representar segmentos de la curva separados o distintos, sino que pueden aparecer como un resalte del otro segmento de la curva. Por tanto, los componentes de combustión temprana pueden aparecer como un resalte de la curva de los componentes de combustión tardía. En determinadas realizaciones, la presente invención utiliza puntos de datos de presión/tiempo tanto de la región de retardo de la ignición temprana como de la región de retardo de la ignición tardía como variables independientes de una ecuación de expansión en serie en torno a estos puntos, lo que produce unos valores numéricos de cetano derivado mejorados para los combustibles y/o fluidos destilados medios, en comparación con el método de la técnica anterior empleado para el cálculo de los valores numéricos de cetano derivado. También es necesario

reconocer que los dos o más puntos seleccionados se pueden seleccionar de forma que uno represente un retardo de la ignición temprana y el otro represente un retardo de la ignición tardía, de forma que las ecuaciones (I) a (VII) de expansión en serie de la potencia dispongan de las variables independientes apropiadas para el cómputo de los valores DCN.

- 5 **[0047]** En determinadas realizaciones se utilizan bajas temperaturas en la cámara para mejorar la diferenciación entre los valores numéricos de cetano derivado para las muestras que darían básicamente el valor DCN utilizando el método convencional de la ASTM. Las curvas o los perfiles de presión obtenidos son sensibles a un volumen de la muestra inyectada, por lo que es necesario inyectar la muestra con cuidado. Por
- 10 otra parte, es importante una estequiometría estable (tamaño de la muestra inyectada) para obtener datos de presión estables. La presente invención se basa en el reconocimiento del inventor de que se requiere más de un punto de datos de presión/tiempo (en ocasiones denominado en el presente medición de ID) a lo largo de la curva de presión para diferenciar entre combustibles hidrocarburos, combustibles con mejoradores de cetano y biodiesel, así como para generar valores DCN para combustibles/fluidos destilados medios desconocidos que se aproximen más a sus correspondientes valores CN. El inventor ha descubierto que las ecuaciones que solo
- 15 utilizan la medición de ID de un único punto no determinan el DCN de forma satisfactoria para todos los tipos de muestras. Los valores DCN obtenidos de estas ecuaciones muestran variaciones del valor DCN importantes e impredecibles respecto de sus correspondientes valores CN. La presente invención, basada en al menos las mediciones de ID de dos puntos (una de cada región del perfil), produce valores DCN que predicen mejor los correspondientes valores CN, es decir que los valores DCN se aproximan más a los valores CN.
- 20 **[0048]** La **Tabla I** recoge los valores CN y DCN basándose en un único punto de datos seleccionado de las curvas de presión/tiempo para las muestras de la tabla.

TABLA I

ID único utilizando un método de ajuste lineal estándar

Muestra	CN	ID	DCN	Delta
Ref bajo nivel C	42,0	4,37		
Ref alto nivel C	53,0	3,82		
Ref ultra alto nivel C	58,6	3,48		
NEG D-991 (contiene EHN)	51,2	2,98	69,0	-17,8
DP-3071	42,4	4,39	40,9	1,5
DP-3072	42,1	4,52	38,3	3,8
Ref 42 0,1 vol%EHN	45,5	3,26	63,4	-17,9
Ref 42 0,5 vol% EHN	52,0	2,86	71,4	-19,4
42 can	42,0	4,25	43,7	-1,7
PAC-1 (contiene EHN)		3,41	60,4	
Ref42 B20	45,0	3,85	51,7	-6,7
Ref 58.6 B20	58,0	3,34	61,8	-3,8
B100	56,0	3,77	53,3	2,7

- 25 **[0049]** Los datos demuestran claramente que el método clásico para calcular los valores DCN producen valores DCN que presentan unas variaciones o desviaciones importantes respecto de sus correspondientes valores CN.

- 30 **[0050]** La **Tabla II** recoge los valores CN y DCN basándose en un único punto de datos seleccionado de las curvas de presión/tiempo de las muestras incluidas en la tabla en una expansión en serie de la potencia basada en ese único punto, donde la expansión termina en el segundo orden.

TABLA II

ID único utilizando un método de ajuste cuadrático basado en el modelo de ajuste estándar

Muestra	CN	ID	ID ²	DCN	Delta
Ref bajo nivel C	42,0	4,37	19,0969		
Ref alto nivel C	53,0	3,82	14,5924		
Ref ultra alto nivel C	58,6	3,48	12,1104		
Ref 42 0,1 vol%EHN	45,0	3,26	10,6276		
Ref 42 0,5 vol%,EHN	52,0	2,86	8,1796		
NEG D-991 (contiene EHN)	51,2	2,98	8,8804	51,6	-0,4
DP-3071	42,4	4,39	19,2721	36,7	5,7
DP-3072	42,1	4,52	20,4304	32,3	9,8
QA0081	55,4	3,65	13,3225	52,0	3,4
QA0081	55,4	3,67	13,4689	51,8	3,6
QA0081	55,4	3,65	13,3225	52,0	3,4
42 can	42,0	4,25	18,0625	40,9	1,1
53 can	53,0	3,74	13,9876	51,1	1,9
PAC-1 (contiene EHN)		3,41	11,6281	53,4	
Ref 42 B20	45,0	3,85	14,8225	49,5	-4,5
Ref 58.6 B20	58,0	3,34	11,1556	53,5	4,5
B100	56,0	3,77	14,2129	50,7	5,3

- 5 **[0051]** La tabla demuestra claramente que al incluir un término de segundo orden para el cálculo de valores DCN incluso en el modelo de ajuste estándar se producen valores DCN que presentan unas variaciones o desviaciones menos importantes para la mayoría de las muestras respecto de los valores CN reales. Dado que este nuevo cálculo reduce la variación entre los valores DCN y los valores CN, la presente invención incluye también el uso de un término de segundo orden y/o términos de orden superior en el método clásico del ajuste
- 10 lineal de ID único que establece el método estándar D 6890-03a de la ASTM.

[0052] La Tabla III recoge los valores CN y DCN basándose en una expansión en serie de la potencia para la que se utiliza un único punto ID2 de la región B del perfil presión/tiempo empleando la ecuación (I), donde la expansión termina en el segundo orden.

TABLA III

Una realización de un método de la presente invención

Muestra	CN	ID ₁	ID ₁ ²	ID ₂	ID ₂ ²	DCN	Delta
42	42,0	4,37	19,0969	20	400		
53	53,0	3,82	14,5924	8	64		
58,6	58,6	3,48	12,1104	6,2	38,44		
Ref 42 0,1 vol%EHN	45,0	3,26	10,6276	9,22	85,01		
Ref 42 0,5 vol%EHN	52,0	2,86	8,1796	6,86	47,06		
NEG D-991 (contiene EHN)	51,2	2,98	8,8804	7,26	52,71	53,0	-1,8
DP-3071	42,4	4,39	19,2721	19,44	377,91	40,8	1,6
DP-3072	42,1	4,52	20,4304	19,44	377,91	40,8	1,3
QA0081	55,4	3,65	13,3225	6,98	48,72	54,2	1,2
QA0081	55,4	3,67	13,4689	7,08	50,13	53,8	1,6
QA0081	55,4	3,65	13,3225	6,98	48,72	54,2	1,2
42 can	42,0	4,25	18,0625	17,58	309,06	37,9	4,1
53 can	53,0	3,74	13,9876	7,46	55,65	52,3	0,7
PAC-1 (contiene EHN)		3,41	11,6281	6,72	45,16	55,3	
Ref 42 B20	45,0	3,85	14,8225	9,92	98,41	44,1	0,9
Ref 58.6 B20	58,0	3,34	11,1556	5,85	34,22	59,2	-1,2
B100	56,0	3,77	14,2129	7,16	51,27	53,5	2,5

5 **[0053]** La tabla demuestra claramente que los valores DCN obtenidos de las presentes ecuaciones producen valores DCN con unas desviaciones todavía más pequeñas respecto de sus correspondientes valores CN.

[0054] La Tabla IV recoge los valores CN y DCN basándose en una expansión en serie de la potencia para la que se utiliza un único punto ID1 de la región A del perfil presión/tiempo empleando la ecuación (T), donde la expansión termina en el segundo orden.

10 **[0055]** Es necesario reconocer que la parte analizadora del sistema que realiza el método está diseñada para ser codificada en una rutina de software que se ejecutará en componentes informáticos del analizador del CVCC. Por tanto, los componentes del sistema y los pasos del método que requieren computaciones o cálculos están diseñados para producirse en rutinas de software que codifican el componente o el paso del método. Por tanto, las ecuaciones (I-VII) están diseñadas para ser implementadas en un ordenador, donde el software está codificado para tomar un conjunto de puntos de datos seleccionados de un perfil de presión/tiempo y calcular un valor numérico de cetano derivado basándose en la implementación del software de una o más de las ecuaciones (I-VII).

15

TABLA IV

Otra realización de un método de la presente invención

Muestra	CN	ID ₁	ID ₁ ²	ID ₂	ID ₂ ²	DCN	Delta
42	42,0	4,37	19,0969	20	400		
53	53,0	3,82	14,5924	8	64		
58,6	58,6	3,48	12,1104	6,2	38,44		
Ref 42 0,1 vol%EHN	45,0	3,26	10,6276	9,22	85,01		
Ref 42 0,5 vol%EHN	52,0	2,86	8,1796	6,86	47,06		
NEG D-991 (contiene EHN)	51,2	2,98	8,8804	7,26	52,71	50,9	0,3
DP-3071	42,4	4,39	19,2721	19,44	377,91	41,8	0,6
DP-3072	42,1	4,52	20,4304	19,44	377,91	42,8	-0,7
QA0081	55,4	3,65	13,3225	6,98	48,72	56,1	-0,7
QA0081	55,4	3,67	13,4689	7,08	50,13	55,8	-0,4
QA0081	55,4	3,65	13,3225	6,98	48,72	56,1	-0,7
42 can	42,0	4,25	18,0625	17,58	309,06	39,2	2,8
53 can	53,0	3,74	13,9876	7,46	55,65	54,7	-1,7
PAC-1 (contiene EHN)		3,41	11,6281	6,72	45,16	55,7	
Ref42 B20	45,0	3,85	14,8225	9,92	98,41	46,5	-1,5
Ref 58.6 B20	58,0	3,34	11,1556	5,85	34,22	59,4	-1,4
B100	56,0	3,77	14,2129	7,16	51,27	56,1	-0,1

5 **[0056]** La tabla demuestra claramente que los valores DCN obtenidos de las presentes ecuaciones producen valores DCN con unas desviaciones todavía más pequeñas respecto de sus correspondientes valores CN.

[0057] A pesar de que la invención se ha divulgado por referencia a sus realizaciones preferibles, los expertos en la técnica podrán apreciar al leer la presente memoria que se pueden introducir cambios y modificaciones sin desviarse del ámbito de aplicación reivindicado.

REIVINDICACIONES

5 **[0058]** 1. Un método para calcular valores numéricos de cetano derivado de combustibles destilados medios utilizando un aparato con cámara de combustión de volumen constante capaz de producir un perfil de combustión, donde el método incluye inyectar una muestra de combustible en el aparato con cámara de combustión de volumen constante a una presión y temperatura predeterminadas, someter la muestra de combustible a combustión en el aparato con cámara de combustión de volumen constante, medir la presión en el aparato con cámara de combustión de volumen constante en forma de una función del tiempo posterior a la inyección hasta que se completa la combustión, y obtener un perfil de combustión de presión/tiempo del combustible de muestra inyectado en dicha cámara de combustión de volumen constante, donde el perfil presenta una pluralidad de regiones que se caracterizan por el hecho de que el método incluye el paso de seleccionar una pluralidad de puntos de datos, incluyendo al menos uno de cada región, de forma que cada punto de datos representa un retardo de la ignición de dicho perfil de combustión, y calcular un valor de cetano derivado con una ecuación de expansión en serie de la potencia en torno a cada uno de los puntos de datos seleccionados utilizando un conjunto de coeficientes de expansión.

15 **[0063]** 2. El método de la reivindicación 1, donde en el paso de selección se elige un único punto de datos de cada región.

[0064] 3. El método de la reivindicación 1, donde en el paso de selección se eligen al menos dos puntos de datos y en el paso de cálculo se incluye el cálculo de una ratio aritmética de los puntos de datos.

20 **[0065]** 4. El método de la reivindicación 1, donde en el paso de selección se elige una pluralidad de puntos de datos de cada región.

[0066] 5. El método de la reivindicación 1, donde la ecuación de expansión en serie de la potencia termina con términos de segundo orden.

[0067] 6. El método de la reivindicación 1, que comprende también los pasos siguientes:

25 antes del paso de obtención, someter a combustión una muestra de calibrado que presente un valor numérico de cetano conocido en el aparato con cámara de combustión de volumen constante al objeto de producir un perfil de combustión de presión/tiempo de calibrado,

seleccionar al menos un punto de datos de calibrado del perfil de calibrado, computar

30 los valores numéricos de cetano derivado de la ecuación de expansión en serie de la potencia expandida en torno a los puntos de datos de calibrado seleccionados y/o las ratios de los puntos de datos de calibrado seleccionados, y ajustar los coeficientes de expansión de la ecuación para minimizar la diferencia entre el valor numérico de cetano conocido y el valor numérico de cetano derivado, donde los coeficientes ajustados son el conjunto de coeficientes de expansión.

[0068] 7. El método de la reivindicación 1, donde la ecuación se selecciona del grupo compuesto por la forma de las ecuaciones (I, II y III):

35
$$\text{DCN} = C_{1a} * \text{ID}_1 + C_{2a} * \text{ID}_2 + C_{1b} * (\text{ID}_1)^2 + C_{2b} * (\text{ID}_2)^2 + I \quad \text{(I)}$$

donde DCN es el valor numérico de cetano derivado, ID₁ es un punto de datos seleccionado de una primera región, ID₂ es un punto de datos seleccionado de una segunda región, C_{1a}, C_{1b}, C_{2a}, y C_{2b} son coeficientes de expansión e I es una ordenada en el origen,

$$\text{DCN} = C_{1a} \text{ID}_1 + C_{2a} \text{ID}_2 + C_{1b} (\text{ID}_1)^2 + C_{2b} (\text{ID}_2)^2 + C_{ra} \text{ID}_1 / \text{ID}_2 + C_{rb} (\text{ID}_1 / \text{ID}_2)^2 + I \quad \text{(II)}$$

40 donde DCN es el valor numérico de cetano derivado, ID₁ es un punto de datos seleccionado de una primera región, ID₂ es un punto de datos seleccionado de una segunda región, C_{1a}, C_{1b}, C_{2a}, C_{2b}, C_{ra}, y C_{rb} son coeficientes e I es la ordenada en el origen, y

$$\text{DCN} = C_{ra} \text{ID}_1 / \text{ID}_2 + C_{rb} (\text{ID}_1 / \text{ID}_2)^2 + I \quad \text{(III)}$$

45 donde DCN es el valor numérico de cetano derivado, ID₁ es un punto de datos seleccionado de la primera región, ID₂ es un punto de datos seleccionado de la segunda región, C_{ra} y C_{rb} son coeficientes e I es la ordenada en el origen.

[0069] 8. El método de la reivindicación 1, donde la ecuación se selecciona del grupo compuesto por la forma de las ecuaciones (IV y V):

$$DCN = \sum_{i=1, j=1}^{i=m, j=n} c_{ij} ID_i^j + \sum_{k=1, l=1}^{k=m, l=n} c'_{kl} ID_k'^l + \mathbf{I} \quad (IV)$$

5 donde DCN es el valor numérico de cetano derivado, ID_1 son puntos de datos seleccionados de una primera región, ID'_k son puntos de datos seleccionados de una segunda región, c_{ij} y c'_{jk} son coeficientes de expansión e l es la ordenada en el origen, i es un número entero que representa un número de puntos de datos seleccionados de la primera región, j es un número entero que representa el número de términos de la expansión para los puntos de datos seleccionados de la primera región, k es un número entero que representa el número de puntos de datos seleccionados de la segunda región, y l es un número entero que representa el número de términos de la expansión para los puntos de datos seleccionados de la segunda región, y

$$DCN = \sum_{i=1, j=1}^{i=m, j=n} c_{ij} ID_i^j + \sum_{k=1, l=1}^{k=o, l=p} c_{kl} ID_k^l + \sum_{ii=n, jj=o, kk=m+p}^{ii=1, jj=1, kk=1} c_{ijjkk} (ID_{ii} / ID_{jj})^{kk} + \mathbf{I} \quad (V)$$

10 donde DCN es el valor numérico de cetano derivado, ID_j son puntos de datos seleccionados de la región A del perfil que representa un retardo de la ignición de los componentes de la región A, ID_k son puntos de datos seleccionados de la región B del perfil que representa un retardo de la ignición de los componentes de la región B, y las ratios ID_{ii} / ID_{jj} de los puntos de datos seleccionados de la región A e ID_{jj} son puntos seleccionados de la región B, c_{ij} , c_{jk} y c_{ijjkk} son coeficientes e l es la ordenada en el origen, i es un número entero que representa el número de puntos de datos seleccionados de la región A, j es un número entero que representa el número de términos de la expansión para los puntos de datos seleccionados de la región A, k es un número entero que representa el número de puntos de datos seleccionados de la región B, l es un número entero que representa el número de términos de la expansión para los puntos de datos seleccionados de la región B, ii es un número entero que representa el número de puntos de datos seleccionados de la región A, jj es un número entero que representa el número de puntos de datos seleccionados de la región B, kk es un número entero que representa el número de términos de la expansión para las ratios de puntos de datos seleccionados de la región A respecto de los puntos de datos seleccionados de la región B.

[0070] 9. El método de la reivindicación 1, donde la ecuación se selecciona del grupo compuesto por la forma de las ecuaciones (VI y VII):

$$DCN = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, k=1}^{j=m, k=o} c_{ijk} ID_j^k + \mathbf{I} \quad (VI)$$

25 donde DCN es el valor numérico de cetano derivado, ID_j son puntos de datos seleccionados de una región i^{th} del perfil, donde cada región representa componentes que tienen un tiempo de retardo de la ignición diferente y c_{ijk} son coeficientes de expansión correspondientes a la región i^{th} , un punto j^{th} elevado a una potencia k^{th} e l es la ordenada en el origen, y

$$DCN = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, k=1}^{j=m, k=o} c_{ijk} ID_j^k + \sum_{ii=m, jj=m, kk=o}^{ii=1, jj=1, kk=1} c_{ijjkk} (ID_{ii} / ID_{jj})^{kk} + \mathbf{I} \quad (VII)$$

30 donde DCN es el valor numérico de cetano derivado, ID_j son puntos de datos seleccionados de la región i^{th} del perfil, donde cada región representa componentes que presentan un tiempo de retardo de la ignición diferente y c_{ijk} son coeficientes de expansión correspondientes a la región i^{th} , el punto j^{th} de la región i^{th} elevada a la potencia k^{th} , ID_{ii} / ID_{jj} son ratios de puntos de datos de diferentes regiones, c_{ijjkk} son coeficientes de expansión correspondientes al punto de datos ii^{th} de una región y el punto de datos jj^{th} de una región diferente elevada a una potencia kk^{th} e l es la ordenada en el origen.

35

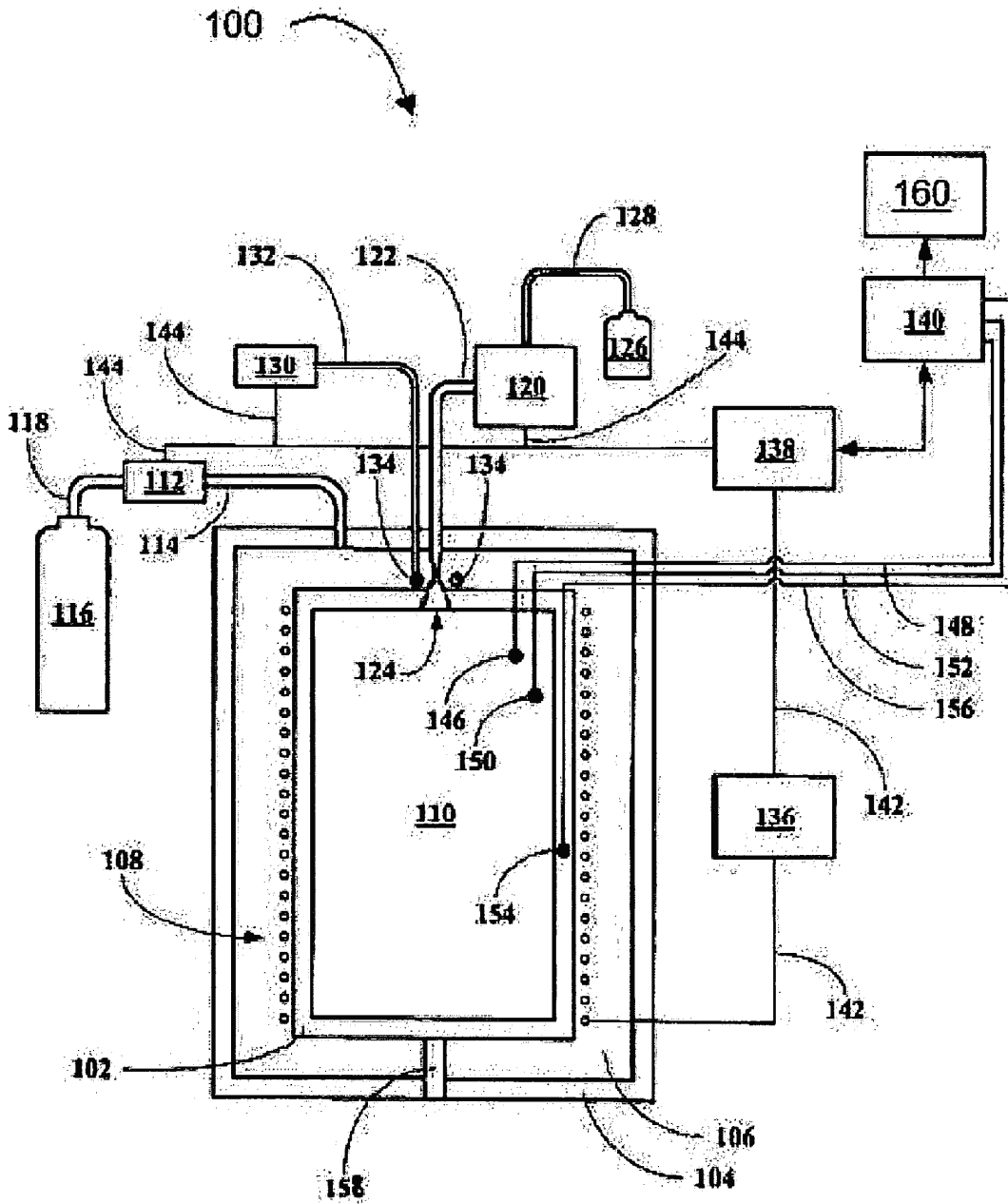


FIG. 1

Curvas de presión de combustión que muestran dos regiones de combustión

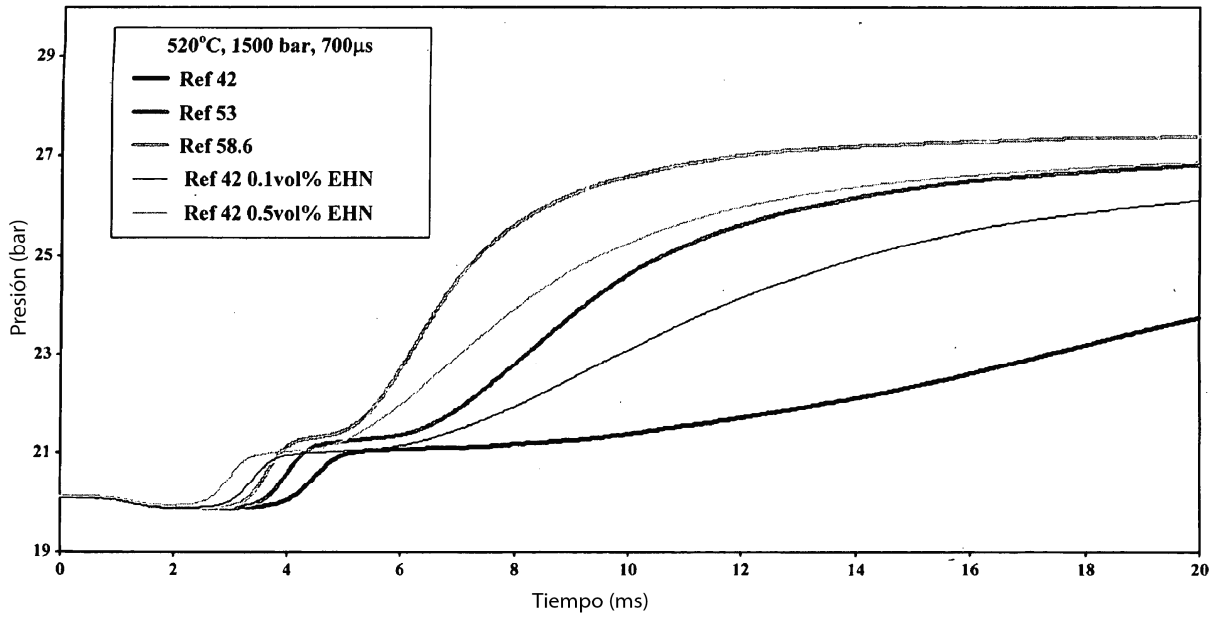


FIG. 2

Curvas de presión de combustión que muestran dos regiones de combustión

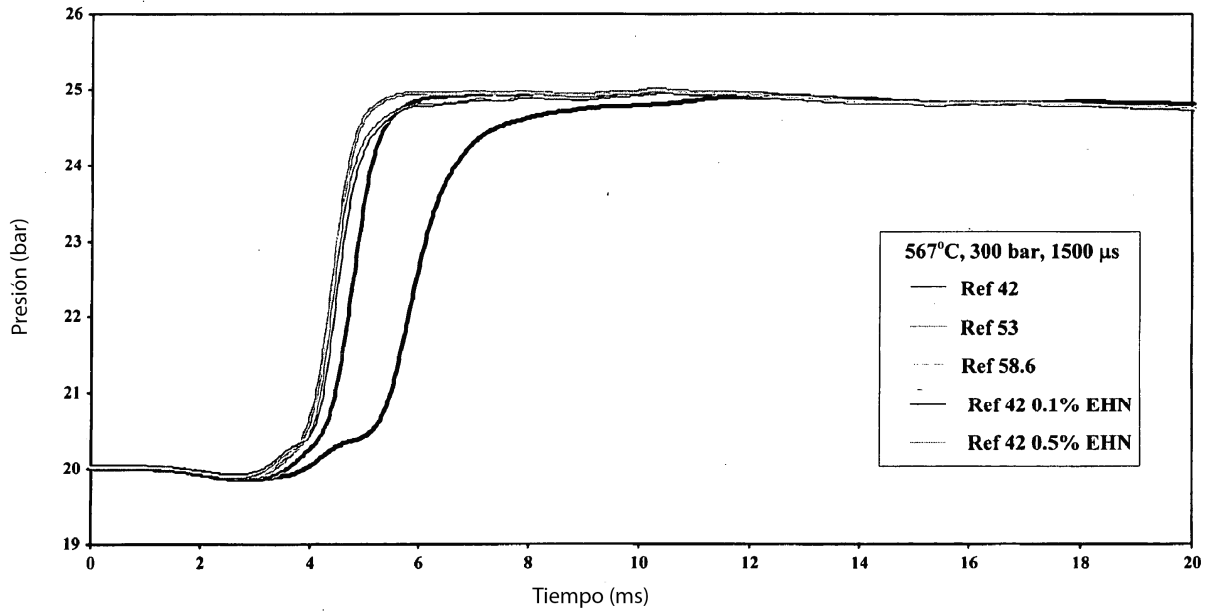


FIG. 3

Dependencia de la curva de combustión numérica de cetano

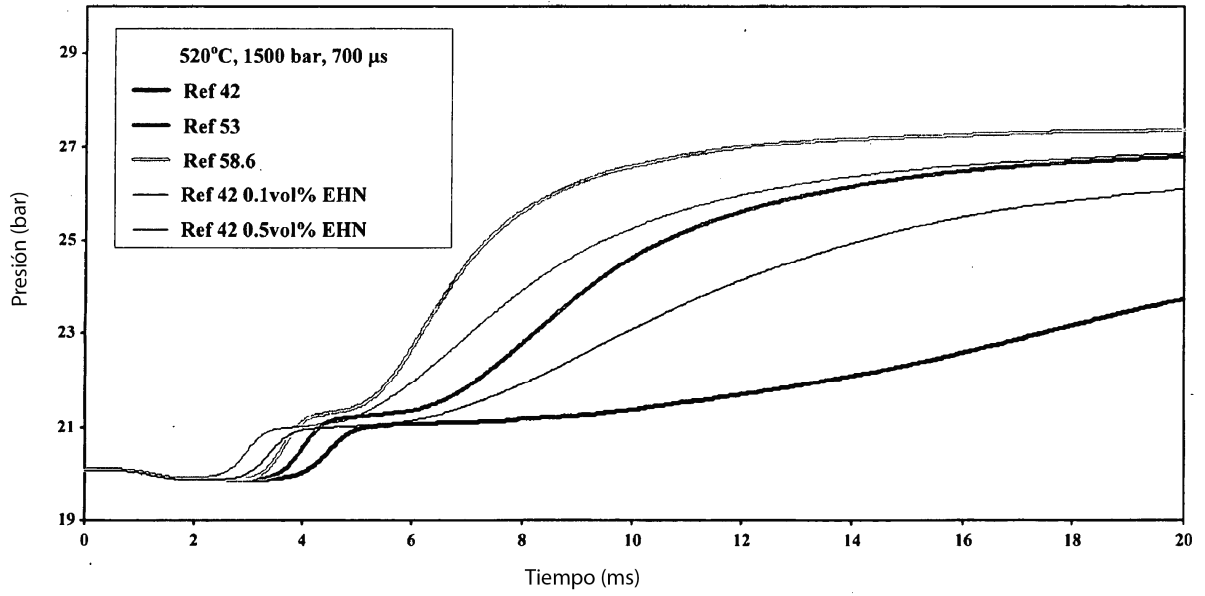


FIG. 4

Dependencia de la curva de combustión numérica de cetano (cont.)

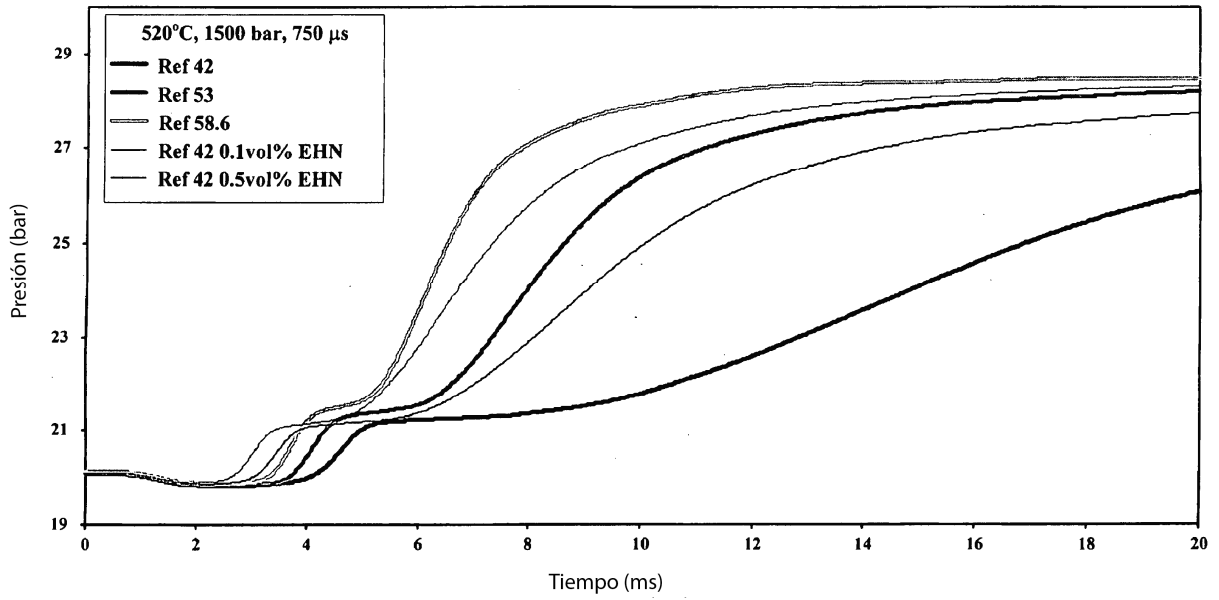


FIG. 5

Dependencia de la curva de combustión numérica de cetano (cont.)

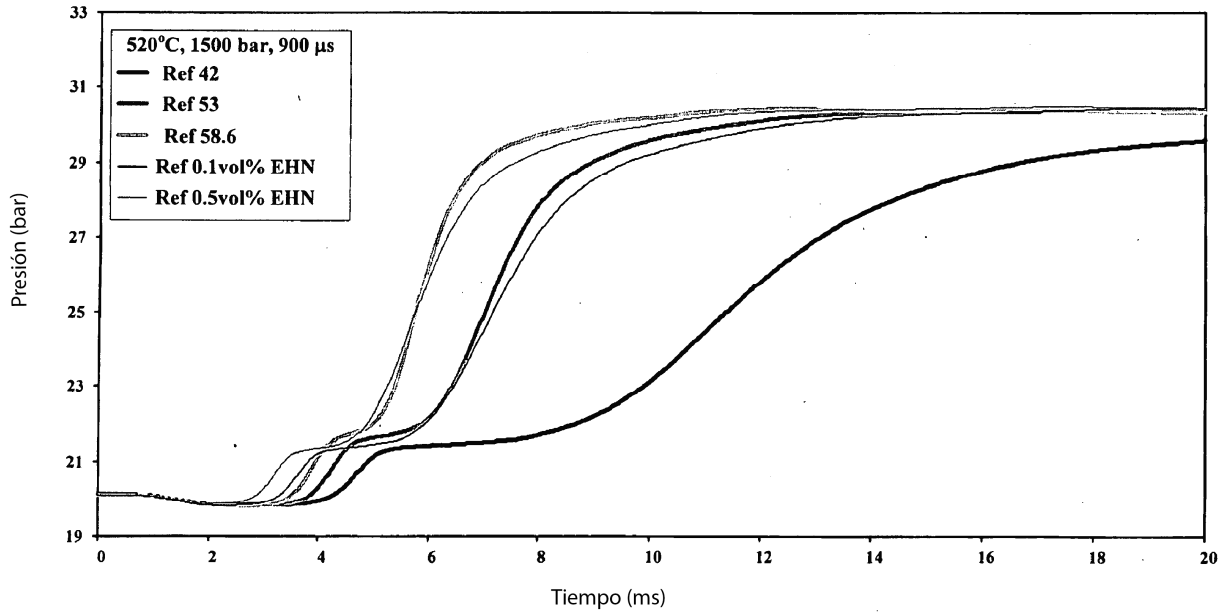


FIG. 6

Dependencia de la curva de combustión numérica de cetano (cont.)

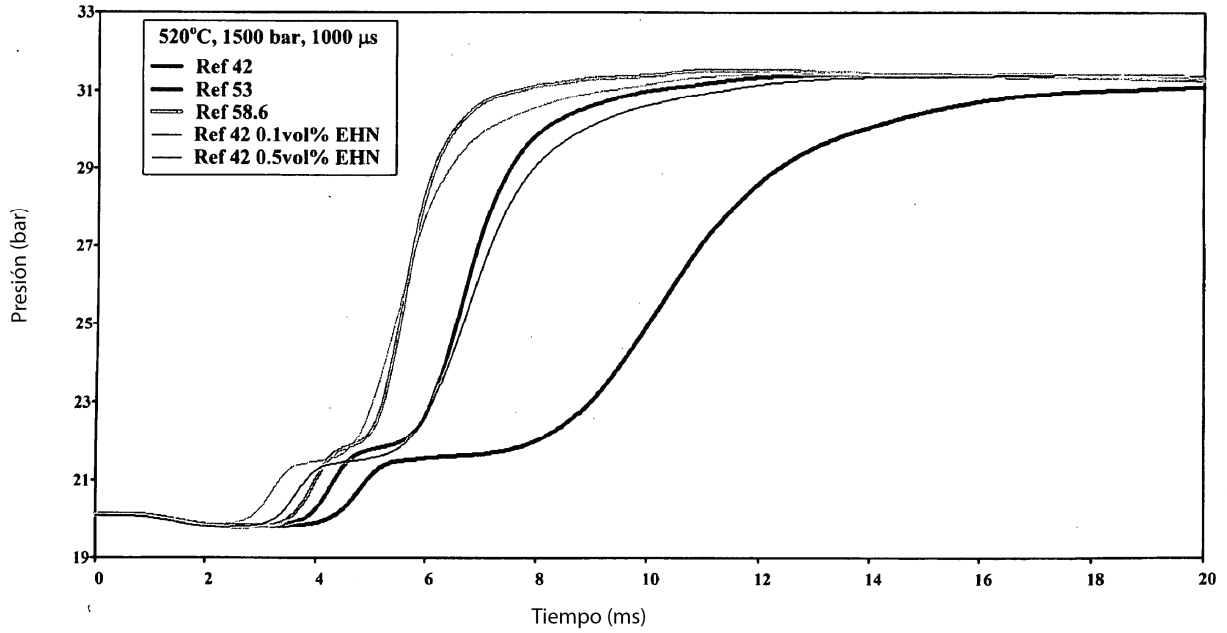


FIG. 7

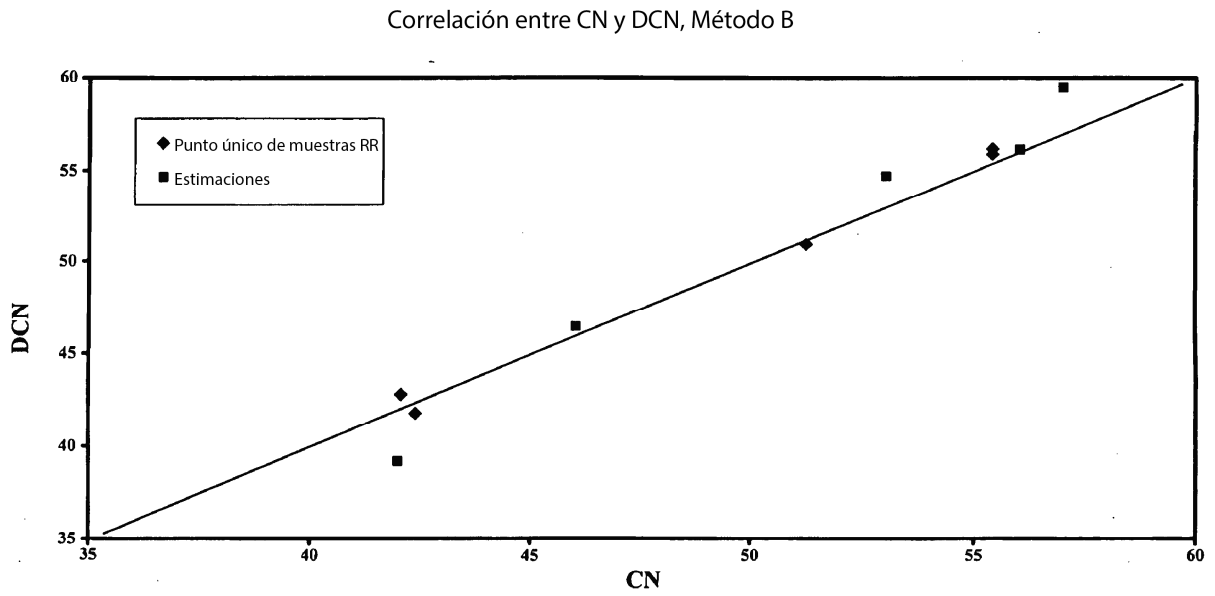


FIG. 8

Curva de combustión generada utilizando un CVC
Curvas de presión de CVCC

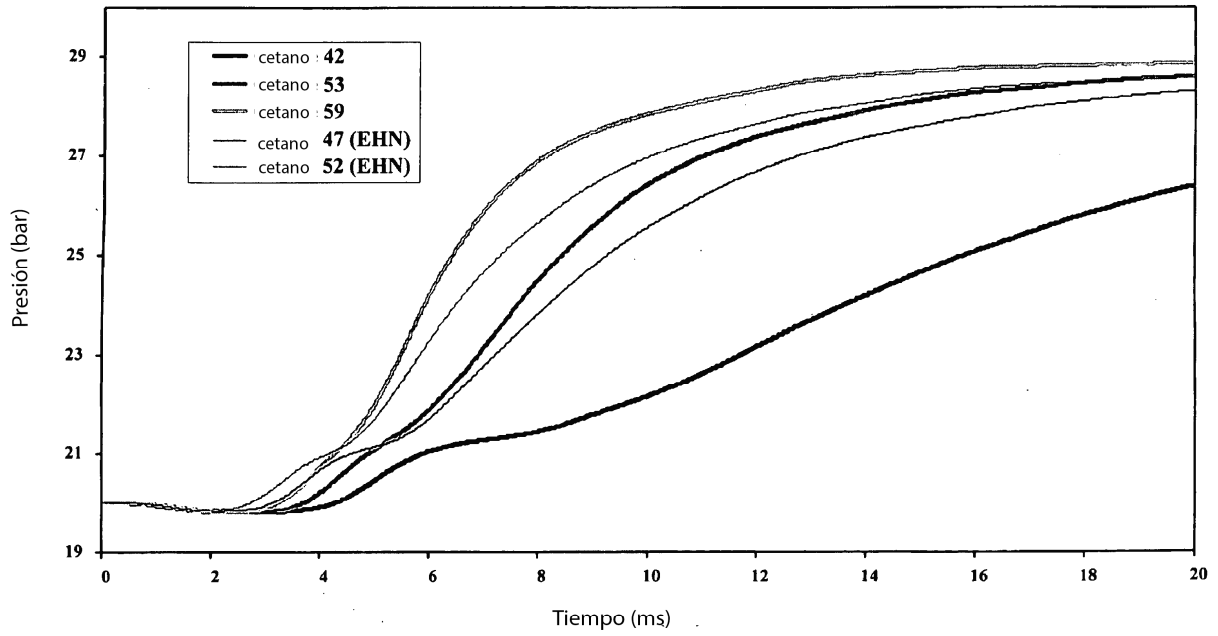


FIG. 9

Vista ampliada de una primera porción de la curva de combustión de la Figura 9

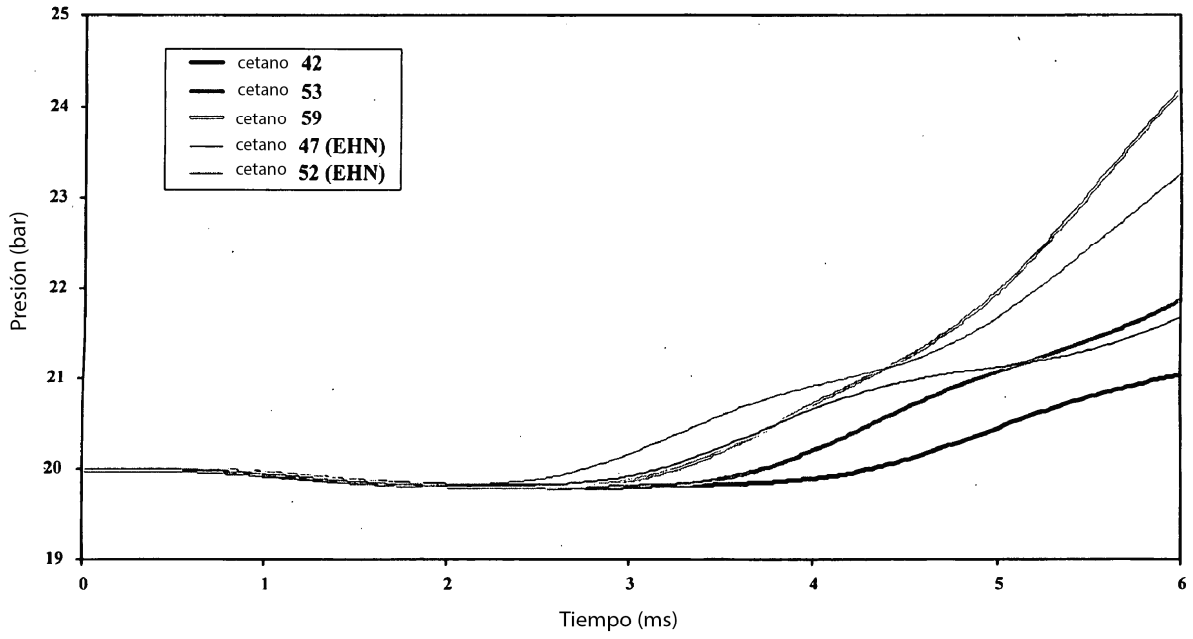


FIG. 10