

SIMULACIÓN REPRESENTATIVA DE DEPÓSITO DE ASFALTENO DE PETRÓLEO CRUDO EN UN MICRORREACTOR USANDO UN DISEÑO EXPERIMENTAL MULTIFACTORIAL

CAMPO DE LA DIVULGACIÓN

[0001] La presente divulgación se relaciona en general con el diseño experimental multifactorial y, más particularmente, con el diseño experimental multifactorial para experimentos de depósito de asfalto crudo a escala de laboratorio.

ANTECEDENTES

[0002] Los compuestos químicos que funcionan como productos de control del asfalto pueden probarse en un petróleo crudo de un pozo concreto en un entorno de laboratorio. Los experimentos de depósito de asfalto a escala de laboratorio suelen realizarse con diseños experimentales de un solo factor. En los diseños experimentales de un solo factor, todas las variables en una serie de experimentos se mantienen constantes excepto una variable única que se ajusta en valor entre la serie de experimentos, para determinar cómo los cambios en la variable única afectan el depósito de asfalto. Los cambios en el depósito de asfalto en relación con los valores de la variable única pueden usarse para identificar si una variable se correlaciona con el depósito de asfalto y, en algunos casos en los cuales hay correlación, un valor óptimo para la variable. Cuando se desea hacer pruebas con múltiples variables, el diseño experimental de un solo factor implica múltiples series posteriores de experimentos para cada variable adicional. El número de experimentos necesarios en un diseño experimental de un solo factor es grande y engorroso a la hora de determinar el valor óptimo para múltiples variables. En un ejemplo de 10 experimentos para cada una de tres variables, se pueden realizar 30 experimentos para determinar si alguna de las tres variables tiene alguna correlación y un valor óptimo para el depósito de asfalto. Además, el diseño experimental de un solo factor no tiene en cuenta el efecto de las variables entre sí.

[0003] Existe la necesidad de una técnica capaz de probar múltiples variables en un entorno de laboratorio y determinar la relación de múltiples variables con un parámetro de prueba sin el gran número de pruebas que se requieren en el diseño experimental de un solo factor.

RESUMEN

[0004] Se revela un método que puede incluir: obtener una ecuación de múltiples variables que contenga una pluralidad de variables para calcular un parámetro utilizando datos medidos en el laboratorio; fijar la ecuación de múltiples variables igual a un valor diana de campo para el parámetro; determinar los valores experimentales para la pluralidad de variables en la ecuación de múltiples variables con base en la igualdad de la ecuación de múltiples variables al valor diana de campo para el parámetro; y realizar un experimento de confirmación en el laboratorio bajo condiciones que estén en los valores experimentales para la pluralidad de variables y así obtener un valor simulado de resultado de campo para el parámetro.

[0005] Se revela un computador que tiene al menos un procesador y al menos una memoria que contiene instrucciones, que cuando son ejecutadas por el al menos un procesador, hacen que el computador: genere una ecuación de múltiples variables que contenga una pluralidad de variables para calcular un parámetro utilizando datos medidos en el laboratorio; recibir un valor diana de campo para el parámetro mediante una entrada del primer usuario al computador; fijar la ecuación de múltiples variables igual al valor diana de campo para el parámetro; y determinar los valores experimentales para la pluralidad de variables en la ecuación de múltiples variables con base en fijar la ecuación de múltiples variables igual al valor diana de campo para el parámetro.

[0006] Se revela un aparato configurado para operar un experimento de confirmación de laboratorio bajo condiciones que estén en valores experimentales para una pluralidad de variables y así obtener un valor simulado de resultado de campo para un parámetro que pueda medirse a partir del experimento de confirmación de laboratorio, que se caracteriza porque el diseño experimental de múltiples variables se utiliza para determinar una ecuación de múltiples variables, que se caracteriza porque los valores del experimento se determinan estableciendo la ecuación de varias variables igual a un valor diana de campo.

[0007] Se revela un sistema que tiene el computador y el aparato.

[0008] Otras características técnicas pueden resultar fácilmente evidentes para la persona medianamente versada en la materia técnica correspondiente a partir de las siguientes figuras, descripciones y reivindicaciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0009] Para una comprensión más completa de esta revelación, ahora se hace referencia a la siguiente descripción, junto con los dibujos adjuntos, en la que:

[0010] La FIG. 1 ilustra un diagrama de flujo de un método aquí revelado.

[0011] La FIG. 2 ilustra un diagrama de flujo que representa el primer paso en el método de la FIG. 1

[0012] La FIG. 3 ilustra un diagrama de flujo con pasos adicionales en el método revelado.

[0013] La FIG. 4 ilustra un diagrama de flujo de pasos adicionales en el método revelado.

[0014] La FIG. 5 ilustra un diagrama esquemático de un aparato utilizado en los ejemplos.

[0015] La FIG. 6 ilustra una vista transversal del microrreactor en el aparato de la FIG. 5.

[0016] La FIG. 7 es un gráfico de análisis de puntos de floculación.

[0017] La FIG. 8 es un gráfico de barras de la masa del depósito de asfalteno para varios experimentos de desempeño.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0018] La capacidad de realizar experimentos a escala de laboratorio para el depósito de asfalteno que reflejen con precisión los resultados obtenidos en el campo plantea todo un desafío. En el contexto del control del asfalteno en un petróleo crudo, múltiples variables pueden afectar finalmente el desempeño de los productos químicos de control del asfalteno en el campo, incluidos temperatura, tiempo de contacto, tensión de cizallamiento y concentración de precipitantes (p. ej., concentración de heptano). Los métodos tradicionales de pruebas en el laboratorio suelen incluir la realización de una serie de experimentos variando una variable a lo largo de la serie de experimentos mientras se mantienen constantes todas las demás variables, para determinar cualquier relación de la variable con un parámetro. Para parámetros que pueden tener relación con múltiples variables, se realizan múltiples series de experimentos en las que una primera variable se varía en una primera serie de experimentos, una segunda variable en una segunda serie de experimentos, y así sucesivamente. Esto en ocasiones se denomina

diseño experimental de factor único. En el diseño experimental de un solo factor existe un conjunto de experimentos para cada variable donde cada variable varía a través de múltiples pruebas mientras que todas las demás variables se mantienen constantes. En el contexto del depósito de asfalto en un petróleo crudo, se puede realizar una primera serie de experimentos para determinar una relación entre la temperatura y el depósito de asfalto, luego una segunda serie de experimentos para determinar una relación con la duración del experimento (tiempo de contacto) en el depósito de asfalto, y después se realiza una serie posterior de experimentos para cada variable adicional que se desea investigar.

[0019] Aquí se revelan técnicas de ensayo a escala de laboratorio que se basan en el diseño experimental de múltiples variables. Las técnicas de ensayo a escala de laboratorio tienen un tiempo de prueba rápido en comparación con el diseño experimental de una sola variable, permiten una selección de experimentos de laboratorio para sondear la significación estadística de las variables y permiten la respuesta a los valores del campo objetivo. Además, con las técnicas de ensayo a escala de laboratorio divulgadas es posible seleccionar valores de campo que se miden o determinan a partir de diferentes tipos de equipos a escala comercial distintos al aparato que se utiliza en los experimentos de laboratorio. Además, las técnicas de ensayo a escala de laboratorio pueden aplicarse a cualquier procedimiento de experimentación en el laboratorio.

[0020] Las técnicas de ensayo a escala de laboratorio se revelan en el contexto del depósito de asfalto en petróleo crudo; sin embargo, se contempla que estas técnicas puedan utilizarse en otras aplicaciones en las cuales se empleen experimentos a escala de laboratorio para predecir el desempeño en el campo (en aplicaciones comerciales, a escala comercial), independientemente del tipo de industria.

[0021] Los términos “laboratorio” y “escala de laboratorio”, cuando se usan para describir un tipo de datos, aplicación, procedimiento, experimento, aparato, o cuando se usan de otro modo para describir como un aspecto de esta divulgación, se refieren a una etapa de investigación e investigación científica que se realiza a una escala menor que una ejecución comercial actual o futura de una tecnología. La investigación puede implicar experimentos realizados por personal utilizando un aparato configurado para operar de modo que se pueda medir un parámetro.

[0022] Los términos “escala de campo”, “comercial” o “escala comercial”, cuando se usan para describir un tipo de datos, aplicación, procedimiento, experimento, aparato, o cuando se usan de otro modo para describir como un aspecto de esta divulgación, se refieren a una ejecución a escala comercial presente o futura de una tecnología. La escala de una ejecución de “campo”, “comercial” o “a escala comercial” es mayor que la escala de una ejecución de “laboratorio” y “escala de laboratorio”.

[0023] El término “experimento” tal como se utiliza aquí se refiere a un procedimiento o prueba que se realiza utilizando un aparato mediante el cual un parámetro puede medirse durante el procedimiento o a partir de un producto/resultado de este.

[0024] “Llevar a cabo”, cuando se usa en referencia a cualquier experimento aquí discutido, puede usarse indistintamente con “realizar”.

[0025] “Parámetro” tal como se usa aquí se refiere a cualquier característica, propiedad, condición u otro que pueda medirse para determinar una métrica de desempeño asociada al experimento.

[0026] “Ecuación de varias variables”, “ecuación de múltiples variables”, “ecuación de varios factores” y “ecuación multifactorial” son términos que se refieren a una ecuación con múltiples variables como, por ejemplo, $x_A + y_B = C$ o $x_A + y_B + z_C = D$. En ciertos aspectos, las variables múltiples se encuentran solo a un lado de la ecuación, como $x_A + y_B = C$. En otros aspectos, las variables múltiples pueden situarse a ambos lados de la ecuación, como $x_A + y_B = z_C + D$. La forma de la ecuación y las funciones matemáticas que pueden contenerse en la ecuación no están limitadas por esta divulgación.

[0027] “Diseño experimental multivariable”, “diseño experimental de múltiples variables”, “diseño experimental de múltiples factores” y “diseño experimental multifactorial” pueden usarse indistintamente.

[0028] “Experimento de laboratorio”, “experimento de confirmación de laboratorio” y “experimento de desempeño” son todos experimentos de laboratorio. Los diferentes nombres de estos experimentos indican su desempeño en distintos momentos, donde cuando se realizan en el método aquí revelado, los experimentos de laboratorio se realizan antes de los experimentos de confirmación en el laboratorio, y los experimentos de confirmación en el laboratorio antes de los experimentos de desempeño. Las similitudes y diferencias entre estos experimentos con nombres diferentes se describen

con más detalle aquí.

[0029] La FIG. 1 ilustra un diagrama de flujo de un método 100 aquí revelado.

[0030] El método 100 de la FIG. 1 comienza con el paso 102. En el paso 102, el método 100 incluye obtener una ecuación de múltiples variables que contenga múltiples variables para calcular un parámetro usando datos medidos en el laboratorio. Un ejemplo no limitante de una ecuación de múltiples variables puede ser:

$$xA + yB + zC = P \quad (1)$$

donde x, y y c son números; A, B y C son valores para tres variables que pueden seleccionarse para experimentos de laboratorio; y P es un valor de un parámetro obtenido de los experimentos de laboratorio.

[0031] La ecuación de múltiples variables se obtiene porque los experimentos se llevan a cabo bajo un diseño experimental multifactorial. El número de variables que pueden usarse en una ecuación de múltiples variables no está limitado por esta divulgación. En ciertos aspectos, el número de variables en una ecuación de múltiples variables puede estar en un intervalo de 2 a 15 variables; como alternativa, de 2 a 10 variables; como alternativa, de 2 a 5 variables. El parámetro puede ser cualquier parámetro que sea medible con experimentos realizados a escala de laboratorio. Los datos medidos en el laboratorio pueden incluir los valores numéricos de las variables que pueden medirse y/o registrarse a partir de uno o más experimentos. Los datos medidos en el laboratorio también pueden incluir los valores numéricos del parámetro que pueden medirse y/o registrarse de uno o más experimentos.

[0032] En ciertos aspectos en los cuales el parámetro es el depósito de asfalto en un petróleo crudo y el experimento se realiza en un aparato (p. ej., un microrreactor), las variables pueden ser dos o más de entre una temperatura del aparato, una duración del experimento, una concentración de heptano en el aparato, una velocidad de mezcla en el aparato (relacionada con la tensión de cizallamiento en la pared); el parámetro es el depósito de asfalto; y los datos medidos en el laboratorio son los valores numéricos de las variables y los valores numéricos para el depósito de asfalto.

[0033] La ecuación de múltiples variables puede obtenerse mediante cualquier técnica conocida en el estado de la técnica con la ayuda de esta divulgación. Una técnica se describe en la FIG. 2, y un ejemplo en el contexto de la medición de depósito de

asfalteno se describe en los ejemplos.

[0034] El método 100 procede entonces al paso 104. En el paso 104, el método 100 puede incluir fijar la ecuación de múltiples variables igual a un valor diana de campo para el parámetro. La ecuación (1) anterior se cambia a:

$$xA + yB + zC = \text{Valor diana de campo} \quad (2)$$

[0035] El valor diana de campo para el parámetro es un valor que no se obtiene en experimentos de laboratorio previos; en su lugar, el valor diana de campo se obtiene de ejecuciones de campo o a escala comercial de un producto o proceso. El método 100 revelado se diferencia de otras técnicas en que la ecuación de múltiples variables se fija en un valor para el parámetro, denominado en este caso valor diana de campo, en donde el valor diana de campo se obtiene o se deriva de la ejecución a escala comercial de un producto o proceso (en contraposición a una ejecución a escala de laboratorio).

[0036] En ciertos aspectos, el valor diana de campo puede ser el mismo que un valor conocido de campo; como alternativa, el valor diana de campo puede ser un promedio de los valores de campo conocidos; como alternativa, el valor diana de campo puede ser un valor que se encuentra dentro de un intervalo de valores de campo conocidos; como alternativa, el valor diana de campo puede ser un valor que se obtiene indirectamente (p. ej., mediante estimación, cálculo, derivación, inferencia, extrapolación o combinaciones de estos) a partir de mediciones de condiciones conocidas en un proceso o producto a escala comercial. El valor diana de campo y el valor conocido del campo se refieren a valores para un parámetro que se obtienen y conocen, respectivamente, de una ejecución a escala comercial y/o de la ejecución o aplicación comercial de una tecnología.

[0037] En el contexto del depósito de asfalteno en un petróleo crudo, el valor diana de campo puede ser un valor conocido del campo o un promedio de los valores conocidos del depósito de asfalteno en un pozo, a partir de un petróleo crudo que fluye a través de equipos de producción (p. ej., válvulas de producción, tubos de producción, bombas, separadores o combinaciones de estos). En algunos casos, un valor diana de campo para el depósito de asfalteno puede calcularse o derivarse de otros parámetros y/o condiciones conocidas en un pozo, como la observación de que 1) un porcentaje en peso conocido de los asfaltenos disponibles en un yacimiento de petróleo crudo sobre una

superficie de equipo que entra en contacto con el petróleo crudo, y 2) el petróleo crudo en un punto concreto del equipo de producción tiene un porcentaje de peso conocido de asfaltenos con base en Peso total del petróleo crudo. Por ejemplo, se puede calcular un valor diana de campo para el depósito de asfalto con información de que 1) entre 8% y 10% en peso de los asfaltenos disponibles en un depósito de petróleo crudo sobre la superficie de un equipo que entra en contacto con el petróleo crudo, y 2) el petróleo crudo en un punto concreto del equipo de producción tiene 40% de asfaltenos presentes con base en el peso total del petróleo crudo.

[0038] El método 100 procede entonces al paso 106. En el paso 106, el método 100 puede incluir determinar valores experimentales para las variables de la ecuación de múltiples variables con base en la igualdad de la ecuación de múltiples variables al valor diana de campo para el parámetro. En ciertos aspectos, el paso 106 lo realiza un computador de diseño experimental de múltiples variables. En algunos aspectos, este paso 106 invierte el análisis realizado para obtener la ecuación de múltiples variables. Es decir, en algunos aspectos la ecuación de múltiples variables se obtiene realizando experimentos de laboratorio bajo condiciones para las variables que previamente se seleccionaron bajo el diseño experimental de múltiples variables y que luego se realizan en los experimentos de laboratorio, para obtener valores para el parámetro. En el paso 106, en lugar de realizar experimentos para obtener valores para el parámetro, el valor diana de campo para el parámetro se establece igual a la ecuación de múltiples variables, y se calculan los valores experimentales para las variables de la ecuación que hacen que la ecuación sea igual al valor diana de campo para el parámetro. El término “valores experimentales” se utiliza aquí para diferenciar los valores de las variables obtenidos en el paso 106 frente a los valores de las variables obtenidos en otro paso del método 100.

[0039] El método 100 procede entonces al paso 108. En el paso 108, el método 100 puede incluir realizar un experimento de confirmación en el laboratorio bajo condiciones que estén en los valores experimentales para las variables, para obtener un valor simulado de resultado de campo para el parámetro. El experimento de confirmación en el laboratorio se realiza con un procedimiento que puede seguirse para todos los experimentos a escala de laboratorio realizados aquí. En los aspectos en los cuales el parámetro es el depósito de asfalto, el experimento de confirmación en el laboratorio

en el paso 108 se realiza sin la presencia de un producto químico de control de asfalteno.

[0040] De manera significativa, el tiempo necesario para realizar el método 100 en la FIG. 1 utilizando el diseño experimental multivariable para obtener la ecuación de múltiples variables en el paso 102 es una fracción del tiempo que se tarda obtener una ecuación de múltiples variables con un diseño experimental de una sola variable. También es significativo del método 100 en la FIG. 1 que los pasos 104, 106 y 108 utilizan un valor diana de campo para determinar los valores del experimento para los valores de la ecuación de múltiples variables, y luego el experimento de confirmación en el laboratorio se realiza bajo condiciones en los valores del experimento. Los valores del experimento, determinados mediante la ecuación de múltiples variables fijada al valor diana de campo, producen condiciones de laboratorio en el experimento de confirmación de laboratorio del paso 108 que simulan las condiciones de campo que arrojan el valor diana de campo. En algunos aspectos, el éxito del experimento de confirmación en el laboratorio puede confirmarse comparando el valor simulado del resultado de campo con el valor diana de campo. Por ejemplo, para que un experimento de confirmación en el laboratorio sea exitoso, la diferencia entre el valor simulado del resultado de campo y el valor diana del resultado puede ser menor de 10%, 9%, 8%, 7%, 6%, 5%, 4%, 3%, 2% o 1%.

[0041] La FIG. 2 ilustra un diagrama de flujo de una modalidad del primer paso 102 en el método 100 de la FIG. 1. Es decir, la FIG. 2 ilustra que obtener una ecuación de múltiples variables para calcular un parámetro usando datos medidos en el laboratorio puede incluir los pasos 202, 204 y 206.

[0042] En el paso 202, el método 100 puede incluir la realización de experimentos de laboratorio en donde cada uno de los experimentos tiene valores variables para las variables en la ecuación de múltiples variables que están dentro de un intervalo previamente determinado para cada una de las variables. Cada experimento de laboratorio tiene múltiples variables, en donde cada variable tiene un valor variable que está dentro de un intervalo previamente determinado para la variable. Los experimentos de laboratorio se realizan en el paso 202 siguiendo el mismo procedimiento del experimento de confirmación en el laboratorio del paso 108. En los aspectos en los cuales el depósito de asfalteno es el parámetro medido en los experimentos de

laboratorio, estos se realizan sin la presencia de un producto químico de control de asfalto.

[0043] El método 100 procede entonces al paso 204. En el paso 204, el método 100 puede incluir medir valores de laboratorio para el parámetro de los experimentos de laboratorio. Hay un valor de laboratorio para el parámetro de cada experimento de laboratorio. La medición de valores de laboratorio puede realizarse utilizando cualquier técnica conocida para medir el parámetro. Se pueden utilizar métodos estandarizados como ASTM e ISO, métodos exclusivos o técnicas de medición de laboratorio personalizadas para medir el parámetro. Un ejemplo de medición del depósito de asfalto se describe en parte de los procedimientos experimentales para el ejemplo aquí revelado.

[0044] El método 100 procede entonces al paso 206. En el paso 206, el método 100 puede incluir determinar la ecuación de múltiples variables basada en los valores de laboratorio del parámetro medido para los experimentos de laboratorio y los valores variables para los experimentos de laboratorio. Se observa que la ecuación de múltiples variables se determina en el paso 206 tras realizar los experimentos en el paso 202. Así, en el paso 202 se realizan experimentos para obtener valores de laboratorio para el parámetro basados en el diseño experimental multifactorial (como mediante la técnica descrita para los pasos de la FIG. 3) que se miden en el paso 204, y luego se determina la ecuación de múltiples variables con base en los valores de laboratorio y los valores variables de los experimentos de laboratorio. En ciertos aspectos, se puede utilizar un software de diseño experimental multivariable para generar la ecuación de múltiples variables.

[0045] En algunos aspectos, la ecuación de múltiples variables tiene un valor de regresión superior a 95%, 96%, 97%, 98% o 99%. En algunos aspectos, el paso 206 para determinar la ecuación de múltiples variables puede incluir realizar un análisis de regresión para el parámetro frente a los valores de laboratorio que se miden para el parámetro. Algunos ejemplos de análisis de regresión incluyen regresión lineal, cuadrática y cúbica.

[0046] En algunos aspectos de los pasos 202, 204 y 206, los experimentos de laboratorio se realizan con un microrreactor; las variables son dos o más de entre la

duración del experimento, una temperatura en el microrreactor, una concentración de heptano en el microrreactor y una velocidad de mezcla en el microrreactor; y el parámetro es el depósito de asfalteno.

[0047] La FIG. 3 ilustra un diagrama de flujo de pasos adicionales en el método 100 revelado que pueden realizarse antes del paso 202 (p. ej., en ciertos aspectos en los cuales el paso 102 incluye el paso 202).

[0048] En el paso 302, el método 100 incluye identificar las variables que se van a utilizar en los experimentos de laboratorio. Las variables se identifican como condiciones que pueden variar a lo largo de una serie de experimentos de laboratorio. En ciertos aspectos, el número de variables en la ecuación de múltiples variables puede estar en un intervalo de 2 a 15 variables; como alternativa, de 2 a 10 variables; como alternativa, de 2 a 5 variables. En algunos casos, el número de variables es menor que el número de condiciones que podrían variar potencialmente en experimentos de laboratorio que determinan o miden el parámetro. Por ejemplo, se podría observar que para el depósito de asfalteno medido en el Ejemplo 1, tres condiciones de las cuatro descritas fueron elegidas como variables para el parámetro de depósito de asfalteno (es decir, la temperatura en el Ejemplo 1 no fue seleccionada como variable y se mantuvo constante en todos los experimentos de laboratorio). En otros casos, el número de variables puede ser igual al número de condiciones que podrían variar potencialmente en experimentos de laboratorio que determinan o miden el parámetro. Las variables pueden ser identificadas por una persona; como alternativa, las variables pueden identificarse mediante un software de diseño experimental multifactorial.

[0049] El método 100 procede entonces al paso 304. En el paso 304, el método 100 incluye determinar el intervalo para cada una de las variables que se va a utilizar en los experimentos de laboratorio. El intervalo de concentración de heptano puede basarse en el análisis del punto de floculación del petróleo crudo y puede abarcar un intervalo de 5% a 20% v/v sobre esta concentración. La velocidad de mezcla (RPM) puede basarse en cierta medida en el yacimiento de donde se obtiene el petróleo crudo, por ejemplo, la tasa de mezcla puede depender de si el régimen de flujo está en un régimen de transición o turbulento. El intervalo de tiempo para la duración del experimento puede basarse en el contenido de asfalteno y el punto de floculación del petróleo crudo. El intervalo de

temperatura (si se incluye como variable) puede basarse en la temperatura real del yacimiento. En ciertos aspectos, el intervalo de una variable puede ser puntos numéricos específicos, como se usa para la concentración de heptano en el Ejemplo 1. En tales aspectos, se selecciona uno de los puntos numéricos específicos para la variable. En ciertos aspectos, los intervalos se introducen en el software de diseño experimental de múltiples variables.

[0050] El método 100 procede entonces al paso 306. En el paso 306, el método 100 incluye obtener los valores previos al experimento para las variables de cada uno de los experimentos de laboratorio. Hay un valor previo al experimento para cada variable en cada experimento de laboratorio. En algunos aspectos, los valores previos al experimento obtenidos en el paso 306 son los valores variables utilizados en el paso 202. En ciertos aspectos, los valores previos al experimento son generados por el software de diseño experimental multivariable. En algunos aspectos, los valores previos al experimento se obtienen del software de diseño experimental multivariable, que genera los valores previos al experimento con base en la entrada para la identidad de las variables y la entrada para el intervalo de valores que pueden aplicarse a cada una de las variables.

[0051] La FIG. 4 ilustra un diagrama de flujo de pasos adicionales en el método 100 revelado.

[0052] En el paso 402, el método 100 puede incluir realizar un experimento de desempeño bajo condiciones que estén en los valores experimentales para las variables de la ecuación de múltiples variables. En algunos aspectos, el experimento de desempeño se realiza siguiendo el mismo procedimiento para el que se llevaron a cabo los experimentos de laboratorio y el experimento de confirmación en el laboratorio. A diferencia del experimento de confirmación en el laboratorio en el paso 108 y los experimentos de laboratorio en el paso 202, el experimento de desempeño en el paso 402 se realiza en presencia de un producto, condición o paso de proceso que se va a probar y comparar con el experimento de confirmación en el laboratorio y los experimentos de laboratorio que se realizan en ausencia del producto, condición, o paso de proceso. Debido a la presencia del producto, condición o paso del proceso, el procedimiento experimental para el experimento de desempeño es el mismo que el

procedimiento para los experimentos de laboratorio y el experimento de confirmación en el laboratorio, salvo por cualquier paso o pasos adicionales necesarios para tener en cuenta la presencia del producto, condición o paso del proceso. En algunos aspectos, el experimento de desempeño se realiza en presencia de un producto químico. En ciertos aspectos, el valor de desempeño se basa en la presencia del producto químico en el experimento de desempeño. En ciertos aspectos, el producto químico es un producto químico de control de asfalto y el parámetro es el depósito de asfalto.

[0053] El método 100 procede entonces al paso 404. En el paso 404, el método 100 incluye medir un valor de desempeño para el parámetro asociado al experimento de desempeño. En algunos aspectos, el valor de desempeño del parámetro puede medirse según la misma técnica de medición de laboratorio con la que se midieron los valores de laboratorio del parámetro.

[0054] En ciertos aspectos, los pasos 402 y 404 pueden repetirse para cualquier número de pasos de producto, condición o proceso, para comparar los productos, condiciones o pasos de proceso entre sí.

[0055] De manera significativa, el tiempo necesario para realizar el método 100, que incluye los pasos 402 y 404 usando los valores experimentales de los pasos 402 y 404, es una fracción del tiempo que se tarda en obtener los valores del experimento y utilizarlos en los pasos 402 y 404 con el diseño experimental de una sola variable.

EJEMPLOS

[0056] Los siguientes ejemplos ilustran una técnica experimental multifactorial para experimentos de depósito de asfalto a escala de laboratorio que utilizan un valor de depósito de asfalto en campo como valor diana para determinar los valores experimentales para las condiciones realizadas en un experimento de confirmación en el laboratorio y en experimentos de desempeño posteriores.

Ejemplo 1

[0057] Se realizaron experimentos de laboratorio para determinar el depósito de asfalto (el parámetro) utilizando el aparato 500 en la FIG. 5. El aparato incluía un microrreactor Parr 510, un impulsor 511, un termopar 512, un manómetro 514, un conducto de suministro de nitrógeno 515, un conducto de desfogeo de gas 516 y un controlador 520 conectado operativamente a uno o más microrreactores Parr 510, el

impulsor 511, el termopar 512 y el manómetro 514.

[0058] Una vista transversal del microrreactor 510 se ilustra en la FIG. 6. Tanto el impulsor 511 como el termopar 512 se extienden hacia el interior del microrreactor 510. Como se puede ver, un inserto de malla metálica 517 está ponendo en el interior del microrreactor 510. La dirección de flujo del fluido en el microrreactor 510 se muestra en dirección a las flechas 518. La superficie del fluido se indica con líneas discontinuas, en un contorno que tiene lugar mientras el impulsor 511 mezcla el fluido.

[0059] Las variables utilizadas en experimentos de laboratorio en el microrreactor Parr se identificaron como duración del experimento, concentración de heptano y velocidad de mezcla. El intervalo de duración del experimento se determinó en 30 minutos a 120 minutos, el intervalo de concentración de heptano se determinó como cualquier valor seleccionado entre 53,4% en vol., 61,6% en vol. y 68,3% en vol., y el intervalo de la velocidad de mezcla se determinó entre 250 rpm y 450 rpm.

[0060] Estas variables se introdujeron en un software de diseño experimental multifactorial (Minitab Statistical Software), y se instruyó al software para generar diez experimentos con un valor previo al experimento para cada variable, en donde cualquier valor para la duración del experimento estaba en un intervalo de 30 minutos a 120 minutos, y cualquier valor para la concentración de heptano seleccionado entre 53,4% en vol. y 61,6% en vol. y 68,3% en vol. y cualquier valor para la velocidad de mezcla estaba en un intervalo de 250 rpm a 450 rpm. La concentración de heptano se basaba en un volumen total de materiales en el microrreactor Parr. Se decidió fijar la temperatura de los experimentos en 84°C; sin embargo, debe entenderse dentro del marco de esta divulgación que la temperatura y cualquier otra variable pueden incluirse como variables introducidas en el software experimental multifactorial para la generación de condiciones experimentales.

[0061] La concentración de heptano podría haberse introducido como un intervalo en el software, y el software podría haber seleccionado valores para la concentración de heptano dentro del intervalo. Sin embargo, en este Ejemplo 1, se introdujeron tres valores específicos de 53,4% en vol., 61,6% en vol. y 68,3% en vol. en el software. Estos valores se obtuvieron mediante un análisis de puntos de floculación (FPA) del petróleo crudo, mostrado en la FIG. 7.

[0062] Se instruyó al software para que generara diez combinaciones de valores previos al experimento para las variables en los experimentos de laboratorio, y el software generó los siguientes valores previos al experimento en la Tabla 1 que se presenta a continuación:

Tabla 1

Experimento de laboratorio (#)	Valores previos al experimento		
	Duración del experimento (min)	Concentración de heptano (% en vol.)	Velocidad de mezcla (RPM)
1	30	68,3	250
2	120	53,4	450
3	120	53,4	250
4	60	61,6	350
5	120	68,3	250
6	30	68,3	450
7	70	53,4	450
8	60	61,6	350
9	30	53,4	250
10	120	68,3	450

[0063] Cabe señalar que los Experimentos de Laboratorio 4 y 8 tenían las mismas condiciones; así, la cercanía de los valores de depósito de asfalteno (el parámetro) obtenidos posteriormente mediante experimentos de laboratorio en estas condiciones sería un indicador de la reproducibilidad de los resultados.

[0064] Cada uno de los Experimentos de Laboratorio 1 a 10 se realizó con los valores previos al experimento para las variables definidos como valores variables para las variables, según el siguiente procedimiento con el aparato 500 en la FIG. 5 y la FIG. 6:

1. Ajustar la temperatura y las RPM a los valores deseados de punto de fijación en el controlador 520.
2. Pesar el inserto de malla metálica 517 (previamente cortado a 6 cm x 10 cm con tijeras o guillotina).

3. Disponer cuidadosamente el inserto de malla 517 en el reactor 10 para asegurar un buen ajuste y, usando la herramienta de retirada de malla, poner el inserto de malla 517 en la parte inferior del microrreactor 510.

4. Pesar el microrreactor 510 con el inserto de malla 517 instalado en él.

5. Transferir el volumen adecuado de petróleo crudo al microrreactor 510 usando una jeringa dispensadora. El petróleo crudo fue el mismo en cada experimento. El volumen de petróleo crudo de cada experimento se calculó con base en un volumen total del microrreactor 510 que era de 50 ml y de la concentración de heptano generada para el experimento respectivo por el software de diseño experimental multifactorial (p. ej., en el Experimento 1 el volumen adecuado de petróleo crudo fue de 50 ml – (50 ml * 68,3% en vol. de heptano) = 15,85 ml de petróleo crudo).

6. Añadir el volumen adecuado de heptano al microrreactor 510 usando la jeringa dispensadora con base en el valor generado por el software para el experimento correspondiente.

7. Pesar el microrreactor 510 con inserto, crudo, heptano y producto químico opcional.

8. Conectar el microrreactor 510 a la unidad Parr usando el manto calefactor como soporte y apretar los tornillos con una llave inglesa.

9. Cerrar todas las válvulas (la válvula del conducto de suministro de nitrógeno 515 y la válvula del conducto de desfogue de gas 516).

10. Mover el manto calefactor a su posición e insertar el termopar del calentador.

11. Encender el impulsor 511.

12. Abrir la válvula del conducto de suministro de nitrógeno 515 para inundar el microrreactor 510 con nitrógeno, cerrar la válvula, comprobar si hay fugas y, si no se detecta fuga, desgasificar lentamente el microrreactor 510 abriendo la válvula del conducto de desfogue de gas 516. Repetir dos veces. Después de repetir, cerrar todas las válvulas.

13. Encender el calefactor y esperar hasta que el termopar 512 indique que la temperatura en el microrreactor 510 alcanza los 84°C.

14. Iniciar el cronómetro cuando se alcanza la temperatura de 84°C y preparar

un baño de maría.

15. Una vez transcurrido el tiempo de experimento, apagar el calentador y retirar el termopar del calentador y el manto calefactor. Sumergir el microrreactor 510 en el baño de maría y esperar hasta que el termopar 512 indique que la temperatura en el microrreactor 510 ha alcanzado los 64°C.

16. Eliminar el agua y desgasificar lentamente el sistema abriendo la válvula del conducto de desfogue de gas 516.

17. Una vez que el microrreactor 510 se ha despresurizado hasta la presión atmosférica, apagar el impulsor 511.

18. Desmontar el microrreactor 510 del resto del equipo Parr.

19. Pesar el microrreactor 510.

20. Lavar los componentes internos del reactor Parr (agitador y termopar) con tolueno.

21. Desechar los fluidos del reactor y retirar el inserto de malla 517 con la herramienta de eliminación de malla.

22. Poner el inserto de malla 517 en un matraz de boca ancha y poner el vaso con el inserto de malla en un horno a 80°C.

23. Limpiar el reactor con tolueno y secar.

24. Después de 5 minutos, sacar el inserto de malla 517 del horno y pesarlo.

25. Llenar el matraz de boca ancha con ciclohexano hasta que quede medio lleno.

26. Poner el inserto de malla 517 en el ciclohexano con los bordes de 6 cm hacia arriba (cóncavos) y, usando pinzas, mover suavemente el inserto de malla 517 de un lado a otro durante 20 segundos.

27. Poner el inserto de malla 517 en el horno a 80°C.

28. Después de 5 minutos, retirar el inserto de malla 517 y pesar el inserto de malla 517.

29. Repetir los pasos 25 a 28 usando tolueno.

30. Registrar todas las masas. La masa de depósito de asfalteno (mg) fue la diferencia entre la masa del inserto de malla 17 después del lavado con ciclohexano y la masa del inserto de malla 17 después del lavado con tolueno.

[0065] La siguiente tabla 2 muestra los valores de laboratorio para el parámetro (depósito de asfalto) medido en cada uno de los Experimentos de Laboratorio 1 a 10:

Tabla 2

Experimento de laboratorio (#)	Depósito de asfalto (mg de asfaltos/g de petróleo)	Depósito de asfalto (% en peso, mg de asfaltos depositados por mg de asfaltos en el petróleo crudo)
1	3,22	12,4
2	2,57	9,9
3	0,43	1,7
4	3,03	11,6
5	3,52	13,5
6	2,08	8,0
7	0,68	2,6
8	2,92	11,2
9	0,37	1,4
10	2,93	11,3

[0066] Los valores de laboratorio para el depósito de asfalto de los Experimentos 4 y 8 demuestran reproducibilidad de los experimentos de laboratorio. Por ejemplo, el depósito de asfalto para el Experimento 4 fue de 11,6% en peso (con base en mg de asfaltos depositados por mg de asfaltos en el petróleo crudo) y 3,03 mg de asfaltos por g de petróleo. El depósito de asfalto en el Experimento 8 fue de 11,2% en peso (con base en mg de asfaltos depositados por mg de asfaltos en el petróleo crudo) y 2,92 mg de asfaltos por g de petróleo, lo que supone una diferencia de cerca de 3,6%, que está dentro del margen de error de 10% que se suele observar en las pruebas de depósito de asfalto.

[0067] A continuación, se realizó un análisis de regresión para todos los valores variables en los Experimentos 1 a 10 para duración del experimento, concentración de heptano y tasa de mezcla en relación con los valores de laboratorio medidos para el depósito de asfalto, para obtener una ecuación de múltiples variables con variables

para duración del experimento, concentración de heptano y velocidad de mezcla para calcular el depósito de asfalto, donde la regresión de la ecuación fue mayor de 95%.

[0068] Se identificó un valor diana de campo para el depósito de asfalto de 8% en peso (con base en mg de asfaltos depositados por mg de asfaltos en el petróleo crudo), o 2,1 mg de asfaltos por g de petróleo. El valor de depósito de asfalto para la ecuación multivariable se estableció entonces a 2,1 mg de asfaltos/g de petróleo, el valor diana de campo y los valores del experimento para la duración del experimento, concentración de heptano y velocidad de mezcla se calcularon a partir de la ecuación multivariable usando el valor diana de campo. El valor del experimento para la duración del experimento fue de 30 minutos; el valor del experimento para la concentración de heptano fue de 54,7% en vol., y el valor del experimento para la velocidad de mezcla fue de 450 rpm.

[0069] A continuación, se realizó un experimento de confirmación en el laboratorio con el mismo procedimiento y condiciones de los experimentos de laboratorio 1 a 10, y con los mismos valores experimentales de los experimentos de laboratorio 1 a 10 para las variables: una duración de 30 minutos, una concentración de heptano de 54,7% en vol. y una velocidad de mezcla de 450 rpm. El depósito de asfalto (el valor simulado del resultado en campo) para el experimento de confirmación de laboratorio fue de $8,1 \pm 0,2\%$ en peso (con base en mg de asfaltos depositados por mg de asfaltos en el petróleo crudo), o $2,1 \pm 0,2$ mg de asfaltos por g de petróleo, lo que estadísticamente es igual al valor diana de campo de 8% en peso (con base en mg de asfaltos depositados por mg de asfaltos en el petróleo crudo). o 2,1 mg de asfaltos/g de petróleo. Así las cosas, los valores experimentales de las variables (duración del experimento, concentración de heptano y velocidad de mezcla) calculados de acuerdo con la técnica de diseño experimental multifactorial revelada generaron con precisión un valor simulado de resultado de campo para el depósito de asfalto que fue estadísticamente igual al valor diana de campo para el depósito de asfalto.

Ejemplo 2

[0070] Se probaron varios productos químicos para el control del asfalto en experimentos de desempeño, en donde cada producto químico se probó bajo las condiciones que incluían los valores experimentales del experimento de confirmación en

el laboratorio en el Ejemplo 1. El mismo procedimiento para los experimentos de laboratorio 1 a 10 en el Ejemplo 1 se utilizó para los experimentos de desempeño en el Ejemplo 2, excepto que el producto químico se añadió al reactor 10 entre los pasos 5 y 6 del procedimiento.

[0071] Cada producto químico fue analizado a una dosis de 500 ppmv y por separado a una dosis de 1000 ppmv, con base en un volumen total de petróleo crudo y heptano en el reactor 10.

[0072] La FIG. 8 es un gráfico de barras de la masa del depósito de asfalteno (el valor de desempeño) para varios experimentos de desempeño. La masa del depósito de asfalteno se informa en unidades de (mg).

[0073] La primera barra a la izquierda en el gráfico está etiquetada como “Blanco”, lo que significa que el microrreactor no contenía ningún producto químico para probar el control del asfalteno. El experimento del Blanco estableció una base para la masa de depósito de asfalteno a partir del petróleo crudo. Las barras restantes del gráfico reflejan los valores de masa por depósito de asfalteno para experimentos realizados para el Producto A en una dosis de 500 ppmv y 1000 ppmv, el Producto B en una dosis de 500 ppmv y 1000 ppmv, el Producto C en una dosis de 500 ppmv y 1000 ppmv, el Producto D en una dosis de 500 ppmv y 1000 ppmv, Producto E en una dosis de 500 ppmv y 1000 ppmv, y Producto F en una dosis de 500 ppmv y 1000 ppmv. Los productos de A a F están anonimizados aquí para fines propietarios.

[0074] El Producto A tuvo una reducción de la masa depositada de asfalteno en comparación con el Blanco de 3% en peso para una dosis de 500 ppmv y de 56% en peso para una dosis de 1000 ppmv.

[0075] El producto B tuvo una reducción de la masa depositada de asfalteno en comparación con el Blanco de 32% en peso para una dosis de 500 ppmv y de 53% en peso para una dosis de 1000 ppmv.

[0076] El producto C tuvo una reducción de la masa depositada de asfalteno en comparación con el Blanco de 33% en peso para una dosis de 500 ppmv y de 16% en peso para una dosis de 1000 ppmv.

[0077] El producto D tuvo una reducción de la masa depositada de asfalteno en comparación con el Blanco de 45% en peso para una dosis de 500 ppmv y de 48% en

peso para una dosis de 1000 ppmv.

[0078] El producto E tuvo una reducción de la masa de depósito de asfalto en comparación con el Blanco de 19% en peso para una dosis de 500 ppmv y de 46% en peso para una dosis de 1000 ppmv.

[0079] El producto F tuvo una reducción de la masa depositada de asfalto en comparación con el Blanco de 22% en peso para una dosis de 500 ppmv y de 47% en peso para una dosis de 1000 ppmv.

[0080] La FIG. 8 indica que el Producto D es el mejor producto químico de control de asfalto para los experimentos realizados con una dosis de 500 ppmv, con una reducción de la masa depositada en comparación con 45% en peso en el Blanco. El producto A es el de mejor desempeño a una dosis de 1000 ppmv.

[0081] El Producto E, que no era un inhibidor cinético tradicional, tuvo un desempeño positivo.

[0082] Un aspecto importante de los resultados ilustrados en la FIG. 8 es que los valores de desempeño para el depósito de asfalto en los productos químicos se obtuvieron en una semana utilizando el diseño experimental multivariable aquí descrito para obtener los valores experimentales mediante los cuales se probaron todos los productos químicos en los experimentos de desempeño. Un enfoque de diseño experimental de un solo factor habría tardado meses en obtener los valores experimentales para probar los productos químicos en los experimentos de desempeño.

DESCRIPCIÓN ADICIONAL

[0083] Aspecto 1. Un método que comprende: Obtener una ecuación de múltiples variables que contenga una pluralidad de variables para calcular un parámetro usando datos medidos en el laboratorio; fijar la ecuación de múltiples variables igual a un valor diana de campo para el parámetro; determinar los valores experimentales para la pluralidad de variables en la ecuación de múltiples variables con base en la igualdad de la ecuación de múltiples variables al valor diana de campo para el parámetro; y realizar un experimento de confirmación en el laboratorio bajo condiciones que estén en los valores experimentales para la pluralidad de variables para obtener un valor simulado de resultado de campo para el parámetro.

[0084] Aspecto 2. El método del Aspecto 1, que se caracteriza porque el experimento

de confirmación en el laboratorio se realiza en un microrreactor, que se caracteriza porque la pluralidad de variables es de dos o más de entre una duración del experimento, una temperatura en el microrreactor, una concentración de heptano en el microrreactor y una velocidad de mezcla en el microrreactor, que se caracteriza porque el parámetro es el depósito de asfalteno.

[0085] Aspecto 3. El método del Aspecto 1 o 2, que se caracteriza porque el valor simulado del resultado de campo y el valor diana de campo están ambos en un intervalo que va de cerca de 1% en peso hasta 14% en peso de asfalteno con base en la masa de asfaltenos depositados por la masa de asfaltenos en un petróleo crudo.

[0086] Aspecto 4. El método de cualquiera de los aspectos 1 a 3, que se caracteriza porque la pluralidad de variables es de 2 a 15 variables.

[0087] Aspecto 5. El método de cualquiera de los Aspectos 1 a 4, que además comprende: Realizar una pluralidad de experimentos de laboratorio, que se caracteriza porque cada una de las pluralidades de experimentos de laboratorio tiene valores variables para la pluralidad de variables que están dentro de un intervalo determinado para cada una de las pluralidades de variables; medir valores de laboratorio para el parámetro en la pluralidad de experimentos de laboratorio; y determinar la ecuación de múltiples variables con base en los valores de laboratorio del parámetro medido para la pluralidad de experimentos de laboratorio y los valores de las variables.

[0088] Aspecto 6. El método del Aspecto 5, que se caracteriza porque la ecuación de múltiples variables tiene un valor de regresión superior a 95%.

[0089] Aspecto 7. El método del Aspecto 5 o 6, que se caracteriza porque determinar la ecuación de múltiples variables incluye realizar un análisis de regresión para el parámetro frente a los valores de laboratorio que se miden para dicho parámetro.

[0090] Aspecto 8. El método de cualquiera de los Aspectos 5 a 7, que se caracteriza porque cada uno de los experimentos de laboratorio se realiza con un microrreactor, que se caracteriza porque la pluralidad de variables es de dos o más de entre la duración del experimento, una temperatura en el microrreactor, una concentración de heptano en el microrreactor y una velocidad de mezcla en el microrreactor, que se caracteriza porque el parámetro es el depósito de asfalteno.

[0091] Aspecto 9. El método de cualquiera de los Aspectos 5 a 8, que comprende

adicionalmente, antes de realizar la pluralidad de experimentos de laboratorio: Identificar la pluralidad de variables que se van a utilizar en la pluralidad de experimentos de laboratorio; determinar el intervalo para cada una de las pluralidades de variables que se van a utilizar en la pluralidad de experimentos de laboratorio; y obtener valores previos al experimento para la pluralidad de variables para cada una de las pluralidades de experimentos de laboratorio.

[0092] Aspecto 10. El método del Aspecto 9, que se caracteriza porque los valores previos al experimento son generados por un software de diseño experimental de múltiples variables.

[0093] Aspecto 11. El método de los Aspectos 9 o 10, que se caracteriza porque los valores preexperimentales son los valores variables al realizar la pluralidad de experimentos de laboratorio.

[0094] Aspecto 12. El método de cualquiera de los Aspectos 1 a 11, que además comprende: Realizar un experimento de desempeño bajo las condiciones que estén en los valores del experimento para la pluralidad de variables; y medir un valor de desempeño para el parámetro asociado al experimento de desempeño.

[0095] Aspecto 13. El método del Aspecto 12, que se caracteriza porque el experimento de desempeño se realiza en presencia de un producto químico, que se caracteriza porque el valor de desempeño se basa en la presencia del producto químico en el experimento de desempeño.

[0096] Aspecto 14. El método del Aspecto 13, que se caracteriza porque el producto químico es un producto químico de control de asfaleno, que se caracteriza porque el parámetro es el depósito de asfaleno.

[0097] Aspecto 15. El método de cualquiera de los Aspectos 1 a 14, que se caracteriza porque el experimento de confirmación en el laboratorio se realiza sin la presencia de un producto químico de control de asfaleno.

[0098] Aspecto 16. El método de cualquiera de los Aspectos 1 a 15, que se caracteriza porque el valor diana de campo es un valor conocido de campo.

[0099] Aspecto 17. El método de cualquiera de los Aspectos 1 a 16, que se caracteriza porque el valor diana de campo es una media de una pluralidad de valores de campo conocidos.

[00100] Aspecto 18. El método de cualquiera de los Aspectos 1 a 17, que además comprende: Obtener el valor diana de campo con base en una medición conocida de la condición de un proceso o producto a escala comercial.

[00101] Aspecto 19. El método de cualquiera de los Aspectos 1 a 18, que se caracteriza porque la ecuación de múltiples variables se obtiene mediante software experimental de diseño de múltiples variables.

[00102] Aspecto 20. El método del Aspecto 19, que se caracteriza porque un primer tiempo de uso del software de diseño experimental de múltiples variables para obtener la ecuación de múltiples variables es menor que un segundo tiempo de uso del diseño experimental de una sola variable para obtener la ecuación de múltiples variables.

[00103] Aspecto 21. Un computador que tiene al menos un procesador y al menos una memoria que contiene instrucciones, que cuando son ejecutadas por el al menos un procesador, hacen que el computador: Genere una ecuación de múltiples variables que contenga una pluralidad de variables para calcular un parámetro utilizando datos medidos en el laboratorio; recibir un valor diana de campo para el parámetro mediante una entrada del primer usuario al computador; fijar la ecuación de múltiples variables igual al valor diana de campo para el parámetro; y determinar los valores experimentales para la pluralidad de variables en la ecuación de múltiples variables con base en fijar la ecuación de múltiples variables igual al valor diana de campo para el parámetro.

[00104] Aspecto 22. El computador del Aspecto 21, que se caracteriza porque las instrucciones además hacen que el computador: Reciba una segunda entrada de usuario que comprende varias de entre la pluralidad de variables; y reciba una entrada de usuario de un tercer usuario que comprende un intervalo para cada una de las pluralidades de variables.

[00105] Aspecto 23. El computador del Aspecto 21 o 22, que se caracteriza porque las instrucciones además hacen que el computador: reciba una segunda entrada de usuario que comprende valores de laboratorio del parámetro medido para una pluralidad de experimentos de laboratorio y valores variables (valores preexperimentales) determinados para la pluralidad de variables como se revela aquí, que se caracteriza porque la ecuación de múltiples variables se genera con base en los valores de laboratorio del parámetro medido para la pluralidad de experimentos de laboratorio y los

valores de las variables.

[00106] Aspecto 24. Un sistema que comprende: El computador de cualquiera de los Aspectos 21 a 23 y; un aparato configurado para operar un experimento de confirmación de laboratorio bajo condiciones que estén en los valores del experimento para la pluralidad de variables, y así obtener un valor simulado de resultado de campo para el parámetro que puede medirse a partir del experimento de confirmación de laboratorio.

[00107] Aspecto 25. Un aparato configurado para operar un experimento de confirmación de laboratorio bajo condiciones que estén en valores de experimento para una pluralidad de variables y así obtener un valor simulado de resultado de campo para un parámetro que pueda medirse a partir del experimento de confirmación de laboratorio, que se caracteriza porque el diseño experimental de múltiples variables se utiliza para determinar una ecuación de múltiples variables, que se caracteriza porque los valores del experimento se determinan estableciendo la ecuación de múltiples variables igual a un valor diana de campo.

[00108] Aunque la presente divulgación y sus ventajas han sido descritas en detalle, debe entenderse que se pueden realizar diversos cambios, sustituciones y modificaciones a este texto sin apartarse del espíritu y alcance de la divulgación tal y como se define en las reivindicaciones adjuntas. Además, el alcance de la presente solicitud no pretende limitarse a las modalidades particulares de proceso, máquina, fabricación, composición de materia, medios, métodos y pasos descritos en la especificación. Como la persona medianamente versada en la materia técnica correspondiente apreciará fácilmente al leer la divulgación, se pueden utilizar procesos, máquinas, fabricación, composiciones de materia, medios, métodos o pasos existentes actualmente o que se desarrollen en el futuro y que desempeñen en esencia la misma función o logren el mismo resultado que las correspondientes modalidades aquí descritas cuando se utilizan de acuerdo con la presente divulgación. Por lo tanto, las reivindicaciones añadidas pretenden incluir en su alcance dichos procesos, máquinas, fabricación, composiciones de materia, medios, métodos o pasos.

RESUMEN

El diseño experimental multifactorial a escala de laboratorio se utiliza para obtener una ecuación de múltiples variables que contiene múltiples variables y calcular un parámetro utilizando datos medidos en el laboratorio. La ecuación de múltiples variables se fija igual a un valor diana de campo para el parámetro, y los valores experimentales para las variables de la ecuación de múltiples variables se determinan con base en fijar la ecuación de múltiples variables igual al valor diana de campo para el parámetro. A continuación, se realiza un experimento de confirmación en el laboratorio bajo condiciones que corresponden a los valores experimentales para las variables para obtener un valor simulado de resultado de campo para el parámetro.