

5 **PROCESO IMPLEMENTADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA DETECCIÓN DE PETRÓLEO**

Campo de la invención

La presente invención pertenece al campo de la físico-química, particularmente se relaciona
10 con las mediciones por espectroscopía para la detección de espectros específicos en matrices.

Sector Tecnológico

La presente invención se sitúa en el sector de la físico-química analítica y la ingeniería de
15 petróleos. Específicamente, se refiere a un método que emplea espectroscopía infrarroja de alta potencia e inteligencia artificial para la detección y cuantificación inmediata de hidrocarburos en matrices de suelo directamente en campo.

Estado de la técnica

20 Dentro del estado de la técnica se encuentra la patente US4528508 “MÉTODO DE RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR Y APARATO PARA DETECCIÓN REMOTA Y MEDIDA VOLUMÉTRICA DE RESERVAS DE PETRÓLEO” que describe un nuevo método y aparato que permite la detección remota y la medición volumétrica in situ de las reservas de petróleo líquido. Una pequeña fracción de los momentos magnéticos nucleares de los
25 protones en una reserva de petróleo líquido se alinean en el campo magnético terrestre.

A diferencia de la solución encontrada, la invención que se pretende no requiere excavación y la detección es en campo. Adicionalmente, no se requiere de una revisión continua del terreno por medio de barridos, bastando con una medición por espectrometría para la determinación de la presencia de petróleo.

30 También se encontró la patente US2012271609 “Métodos y sistemas de computación para la exploración de hidrocarbón”. En la que se divulgan métodos y sistemas informáticos para la exploración de hidrocarburos. En una realización, se genera un modelo de sistemas integrados de petróleo para un área de interés, en la que se basa el modelo de sistemas

- 5 integrados de petróleo sobre: un contorno geológico, un conjunto de datos de teledetección satelital y un conjunto de datos de teledetección aerotransportada.

El método usado, es completamente distinto al que se pretende proteger, en tanto usa sensores LiDAR para perfilamiento geológico y lo combina con modelos digitales de otros tipos de datos para pronosticar la presencia de petróleo. Este proceso, requiere de un preprocesamiento extenso y complejo para la preparación del mapa geológico mejorado y el pronóstico es retardado en tanto depende del análisis de la data y su procesamiento dentro del método. En ese sentido, la invención provista no requiere de preprocesamiento o preparación alguna, toda vez que la inteligencia artificial utilizada está entrenada con múltiples parámetros de manera previa al momento de detección en campo.

- 15 De esta forma se identifican como ventajas técnicas de la solución propuesta la posibilidad de realizar análisis en campo, de manera inmediata, sin necesidad de excavación, sin que se requieran múltiples barridos o procesos de detección y sin preprocesamiento de la muestra de suelo analizada; asimismo, la data obtenida es procesada por una inteligencia artificial que pronostica de manera inmediata la presencia de petróleo en la matriz.

20 **Breve descripción de la invención**

La invención resuelve el problema técnico de la demora en la detección y cuantificación de contaminantes en campo mediante la integración de un láser de cascada cuántica (QCL) y un modelo de inteligencia artificial multiensamble.

- 25 A diferencia de la tecnología anterior, esta solución no requiere excavación, múltiples barridos del terreno, ni preparación previa de la muestra. La ventaja técnica principal radica en la inmediatez del pronóstico y la capacidad de realizar un análisis semicuantitativo en el mismo sitio de interés, gracias a que la inteligencia artificial está preentrenada para identificar patrones específicos de hidrocarburos en diversas matrices de suelo sin necesidad de intervención manual posterior a la toma del espectro.

30

Breve descripción de las figuras

Figura 1. Muestra un diagrama de flujo del proceso.

Descripción detallada de la invención

Los métodos actuales usados para detectar residuos del petróleo, particularmente en suelos, incluyen técnicas de espectroscopía y cromatografía que no permiten medir en tiempo real la presencia de residuos y requieren prolongados tiempos de detección. Estas variables son críticas a la hora de revertir la contaminación de los suelos y otras matrices por residuos de petróleo, o de identificar en campo la presencia del mismo.

Para ello, la solución provista, comprende un método que combina espectroscopía por medio de láser de alta potencia con el procesamiento de datos a través de una inteligencia artificial, de tal forma que el levantamiento de datos en campo – los espectros – es inmediatamente analizado por la inteligencia artificial alojada en un servidor en la nube.

La inteligencia artificial comprende una entrada consistente en los datos de la espectrometría y una salida que indica la presencia o no de residuos de petróleo.

La inteligencia es previamente entrenada a partir de un modelo de aprendizaje de máquina que combina análisis de componentes principales y sistema multivariantes para establecer un modelo de sistema de variables múltiples con una data de dimensiones reducidas.

La data de la espectroscopía es aportada al sistema para que este identifique los patrones y determine la presencia de trazas de contaminantes de petróleo en diversos suelos.

El proceso comprende la recolección de los espectros del suelo a analizar. Se requiere que la espectroscopía se realice en un punto sin vegetación y a una distancia aproximada de 15 cm. En una aplicación preferida de la invención, se usa un láser de cascada cuántica (QCL), sin embargo, es posible usar cualquier dispositivo de espectroscopía infrarroja portátil de alta potencia.

Se adquiere el espectro infrarrojo del suelo durante 5 segundos y la data que contiene las señales espectroscópicas se normaliza usando a través de un preproceso de normalización de vectores que permite eliminar la varianza de la señal por distancia y dispersión de la luz.

Los datos preprocesados son analizados en diversas fases por un modelo de inteligencia artificial multiensamble que combina dos modelos de aprendizaje de máquina con una red neural multicapa.

5 Para ello, la dimensionalidad de la información normalizada se reduce a 4 componentes mediante un análisis de componentes principales. Esos componentes son analizados mediante un modelo de aprendizaje de máquina del tipo máquina de vectores de soporte (SVM) para determinar el tipo de suelo.

Posteriormente, la información obtenida a partir del SVM, sumado a la data del espectro
10 obtenido son procesados mediante un modelo de aprendizaje de máquina basado en método de cuadrados parciales mínimos acoplado a análisis discriminatorio (PLS-DA). Con ello, el sistema es capaz de pronosticar si hay contaminación por petróleo o no.

En caso de existir contaminación, se activa un tercer modelo semicuantitativo, que pronostica el porcentaje de petróleo en rangos de concentraciones predeterminados que se
15 encuentra presente en la matriz analizada. Este modelo es parte de una red neuronal multicapa que comprende un nodo de entrada, una capa oculta y una capa de salida. Donde el nodo de entrada recibe la información obtenida hasta el momento y procesada mediante el SVM y el PLS-DA. La capa oculta procesa la información mediante una función de compilación y un algoritmo de optimización del descenso de gradiente estocástico (Adam);
20 y el nodo de salida refleja el pronóstico del porcentaje de petróleo presente en la matriz analizada.

Todo el sistema está instalado en un servidor en la nube que se conecta a un dispositivo portátil que recibe la data del aparato de espectrometría. Esto permite la detección *in situ*, de manera instantánea, de los contaminantes.

25 **Mejor manera conocida de ejecutar la invención**

Para la puesta en práctica de la invención, se debe posicionar el dispositivo de espectroscopía infrarroja portátil en un punto del suelo libre de vegetación, manteniendo una distancia de 15 cm entre el sensor y la superficie. El proceso de ejecución sigue estos pasos:

- 30 1. Se activa el láser de cascada cuántica para adquirir el espectro infrarrojo durante un periodo de 5 segundos.
2. Los datos recolectados se transmiten a un servidor en la nube donde se aplica una normalización de vectores para corregir distorsiones por luz y distancia.
3. El sistema reduce la dimensionalidad de los datos a 4 componentes clave mediante
35 análisis de componentes principales.

- 5 4. Un primer modelo de soporte de vectores clasifica el tipo de suelo analizado.
5. Un segundo modelo (PLS-DA) determina la presencia de hidrocarburos.
6. En caso positivo, una red neuronal multicapa con optimización Adam estima el porcentaje de concentración de petróleo, entregando el resultado instantáneamente al operador en campo.

10

Aplicación Industrial

La invención es susceptible de aplicación industrial en el sector de la remediación ambiental, la exploración petrolera y la supervisión de ductos, pudiendo ser fabricada y utilizada de manera repetitiva para la caracterización química de suelos contaminados o la

15 identificación de depósitos de hidrocarburos con resultados consistentes.