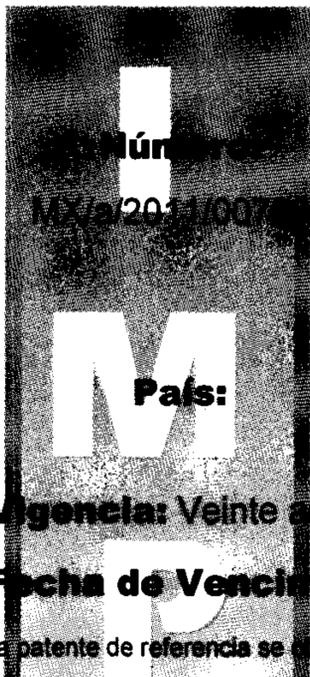




## TÍTULO DE PATENTE NO. 331096

**Titular(es):** UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO  
**Domicilio:** Lascuráin de Retana No. 5, 36000, Guanajuato, Guanajuato, MÉXICO  
**Denominación:** SISTEMA Y DISPOSITIVO DE MONITOREO PARA LA PREDICCIÓN DE FALLAS EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS.  
**Clasificación:** Int.Cl.8: G01R31/02  
**Inventor(es):** ADRIAN GONZALEZ PARADA; RAFAEL GUZMAN CABRERA; ALEJANDRO CASTAÑEDA MIRANDA

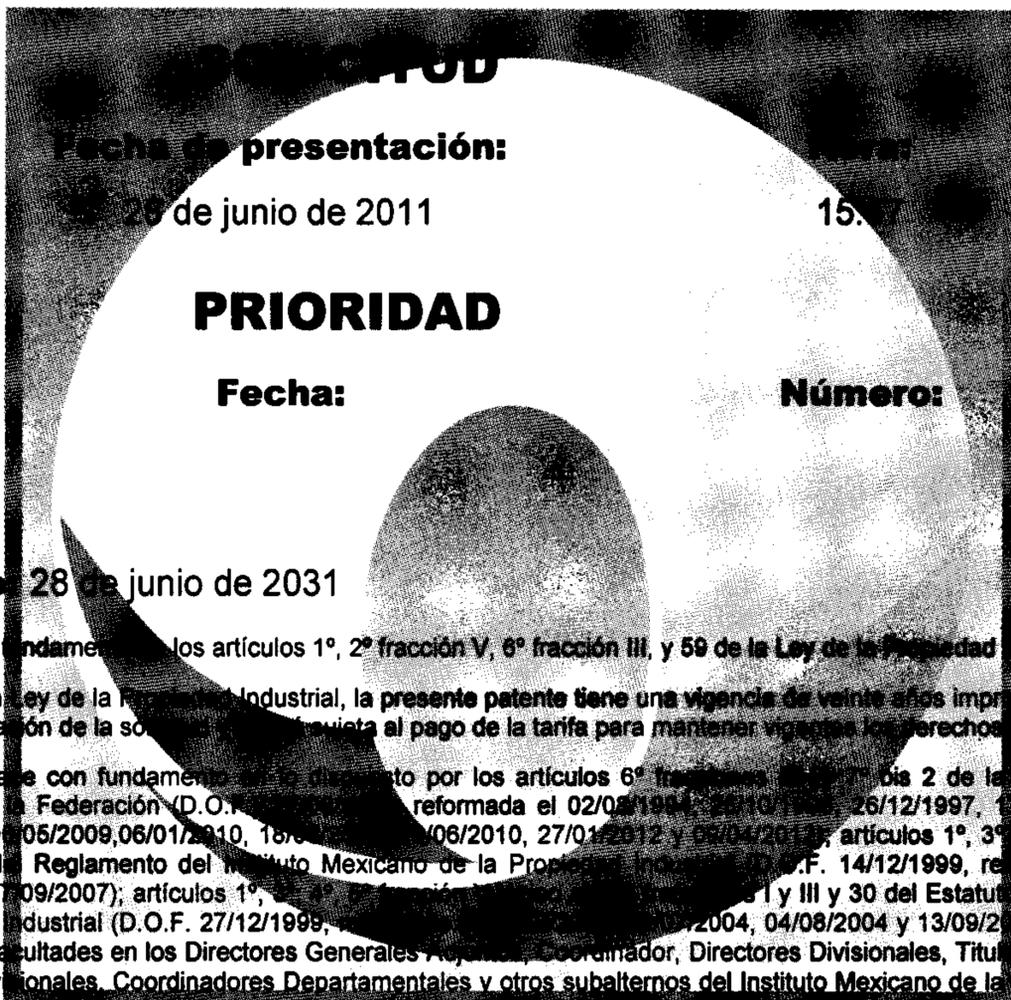


**Número:**  
MX/2011/007013

**País:**

**Vigencia:** Veinte años

**Fecha de Vencimiento:** 28 de junio de 2031



La patente de referencia se otorga con fundamento en los artículos 1º, 2º fracción V, 6º fracción III, y 59 de la Ley de la Propiedad Industrial.

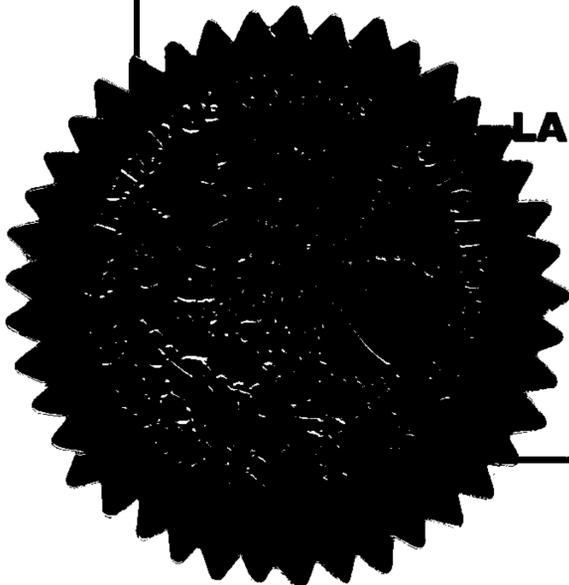
De conformidad con el artículo 23 de la Ley de la Propiedad Industrial, la presente patente tiene una vigencia de veinte años improrrogables, contada a partir de la fecha de presentación de la solicitud, sujeta al pago de la tarifa para mantener vigentes los derechos.

Quien suscribe el presente título lo hace con fundamento en lo dispuesto por los artículos 6º fracciones I y II, 7º bis 2 de la Ley de la Propiedad Industrial (Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) reformada el 02/05/1994, 26/10/1995, 26/12/1997, 07/05/1999, 26/01/2004, 16/06/2005, 25/01/2006, 05/05/2009, 06/01/2010, 18/01/2010, 06/06/2010, 27/01/2012 y 05/04/2013); artículos 1º, 3º fracción V inciso a), 4º y 12º fracciones I y III del Reglamento del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 14/12/1999, reformado el 01/07/2002, 15/07/2004, 28/07/2004 y 10/09/2007); artículos 1º, 2º fracción I, 3º fracción I y III y 30 del Estatuto Orgánico del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 27/12/1999, reformado el 04/02/2000, 04/08/2004 y 13/09/2007); 1º, 3º y 12º inciso a) del Acuerdo que delega facultades en los Directores Generales Regionales, Coordinador, Directores Divisionales, Titulares de las Oficinas Regionales, Subdirectores Divisionales, Coordinadores Departamentales y otros subalternos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (D.O.F. 15/12/1999, reformado el 04/02/2000, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007).

**Fecha de expedición:** 23 de junio de 2015

**LA DIRECTORA DIVISIONAL DE PATENTES**

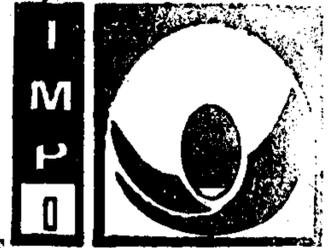
**NAHANNY CANAL REYES**



331096  
23/6/15

1

Sistema y Dispositivo de Monitoreo para la predicción de Fallas en las Instalaciones  
Eléctricas Subterráneas



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

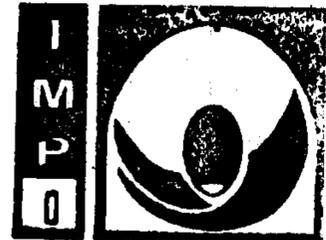
DESCRIPCIÓN

OBJETO DE LA INVENCION

5 El objeto de la invención es un sistema de monitoreo y los dispositivos que lo comprenden para la predicción y/o detección temprana de fallas en las instalaciones eléctricas subterráneas de cables de energía, con el objeto de detectar las fallas incipientes en una instalación eléctrica subterránea que se pueden presentar y por medio de dispositivos electrónicos acoplados a la instalación, realizar un diagnóstico y anticipar las fallas antes de  
10 que estas sean catastróficas y pongan en peligro a la instalación eléctrica subterránea y a los usuarios.

Es un sistema de detección no intrusivo, que puede ser utilizado tanto en instalaciones nuevas como en las ya existentes, sin hacer cambios mayores en la instalación, comprendiendo un sensor tipo inductivo, está compuesto por un dispositivo sensor para el  
15 monitoreo de las condiciones de la instalación eléctrica, un dispositivo para el acondicionamiento y tratamiento de la señal, un dispositivo de transmisión inalámbrico para el envío de los datos a una concentrador maestro, que a su vez es transmitida a una estación maestra, en donde se encuentra una computadora personal, que cuenta con un software para la interpretación de los datos y manejo de la información.

## ANTECEDENTES



**Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial**

Las instalaciones eléctricas subterráneas están comprendidas por cables de energía para media y alta tensión, su instalación se realiza de dos maneras, las cuales pueden ser directamente enterrados en el suelo o colocados en ductos preparados especialmente para contenerlos, estos cables tienen longitudes finitas, por lo que se tienen que colocar accesorios como empalmes especiales para lograr longitudes más grandes, estos empalmes están colocados en registros subterráneos. En los lugares en donde se tiene el final de la línea se instalan accesorios como terminales para hacer una transición efectiva entre la sección subterránea y los usuarios.

Hoy en día la localización de fallas en cables subterráneos es un objetivo ya ampliamente dominado, ya que existen los equipos e instrumentos necesarios para llevar a cabo esta actividad, sin embargo en la actualidad la tendencia mundial se enfoca al análisis anticipado del comportamiento y operación de la instalación con el fin de evitar las fallas catastróficas, como es el caso de las instalaciones eléctricas subterráneas en el centro de la Cd. de México, mediante la aplicación de técnicas de diagnóstico basadas principalmente en la medición de descargas parciales y ensayos a tensión reducida en baja frecuencia, aunando al estudio analítico de especímenes en pre y post siniestros, por medio de técnicas de microscopía con rayos X y reconstrucción digital en 3D, lo cual brindará la suficiente información para anticipar una posible falla, todo esto se realiza con la instalación fuera de línea.

En un sistema eléctrico subterráneo para media y alta tensión, se encuentran localizados principalmente tres puntos de falla característicos: el aislamiento del conductor, las uniones o empalmes y las terminales, en donde se ha detectado que en más del 90% de los puntos



de falla en una instalación, se generan en principio descargas parciales (DP) mucho antes de convertirse en una falla real, por lo que la actividad de las DP en el sistema, es un indicador importante que permite calcular el nivel de degradación en equipos e instalaciones de media y alta tensión.

- 5 Este problema se ha intentado resolver de diferentes maneras; como en la patente US 3,524,133, y la patente US 3,657,650, en ambas se plantea un dispositivo para el monitoreo de la corriente y la tensión en las terminales de un cable de energía subterráneo, como medio de monitoreo, este sistema es del tipo intrusivo, ya que hay que hacer modificaciones en la instalación del cable. En la patente US 4,321,643, se plantea un dispositivo para el
- 10 monitoreo de la corriente de retorno por tierra en un sistema eléctrico subterráneo con el fin de verificar el comportamiento de la corriente de tierra y el efecto en un sistema de distribución eléctrica, este dispositivo está aplicado en un sistema de baja tensión, el cual no es aplicable al desarrollo de esta invención. En la patente US 5,583,492, se propone un sistema para el monitoreo y seguimiento del comportamiento ambiental de un registro
- 15 subterráneo, como son temperatura, humedad y nivel de oxígeno, con el fin de evitar accidentes a los operarios durante las visitas al registro por mantenimiento, se propone adicionalmente un sistema de transmisión de los datos obtenidos por medio de sensores, los cuales son enviados a un antena por medio de un radio transmisor, este sistema es de corto alcance ya que únicamente se puede hacer la detección en la vecindad del registro de visita.
- 20 Existen varios artículos técnicos que abordan esta problemática, en el artículo On-line partial discharge detection in cables de N.H. Ahmed IEEE Transactions on Electrical Insulation Vol 5 No. 2 April 1998, 181-188, se mencionan diferentes métodos de detección en línea pero enfocados a métodos electro-acústicos, los cuales difieren del método

empleado y el artículo "Comparison of On-line partial discharge detection methods for HV cables joints" Y. Tian, et all; IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation",

se mencionan los diferentes métodos que existen sobre la detección incipiente de fallas en empalmes de cables de energía, la cual esta enfocada al análisis de sensores capacitivos, de emisión acústica y de radio frecuencia, de manera intrusiva sobre el empalme.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, se propone el desarrollo de un sistema de detección, que permita el monitoreo y supervisión remota del comportamiento de una instalación eléctrica subterránea, caracterizado por tener un sensor no intrusivo que se puede colocar tanto en instalaciones nuevas como en las ya existentes sin hacer modificaciones a las mismas. Por medio de este sistema se puede monitorear las variaciones de carga, las variaciones de tensión eléctrica y las posibles interferencias que se presentan en una instalación antes de que se presente la falla por medio de un monitoreo remoto.

Este sistema está constituido por medio de tres secciones principales, el sistema de detección y monitoreo, el sistema de transmisión de datos inalámbrico de las variables detectadas y el sistema de adquisición, análisis e interpretación de la información.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Figura 1. Vista esquemática general del sistema de monitoreo propuesto.

Figura 2. Vista esquemática del dispositivo de detección no intrusivo y el sistema de transmisión de datos inalámbrico.

Figura 3 Diagrama de bloques y el arreglo de los componentes del sistema de detección no intrusivo.



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

Figura 4. Diagrama de bloques de los componentes del sistema de transmisión inalámbrica.

Figura 5. Vista esquemática del concentrador maestro inalámbrico.

Figura 6. Vista esquemática de la estación maestra y la computadora personal.

Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de recepción y manejo de información de los datos.

5 Figura 8. Vista que muestra los resultados del proceso de la información.

### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Esta invención está enfocada al diseño de un sistema de detección y predicción de fallas no intrusivo en sistemas eléctricos de distribución subterránea de 5 kV a 230 kV y sus  
10 dispositivos que lo conforman.

En la figura 1 se muestra un sistema de distribución eléctrica subterránea, compuesto por un cable de energía subterránea (1), terminales (2) para el acoplamiento eléctrico con líneas de distribución de energía eléctricas aéreas ó conexión con los usuarios y empalmes (3) para la conexión de diferentes longitudes de cables de energía. En la figura 1 se muestra la  
15 invención, que consiste en un sistema que se caracteriza por los sensores inductivos con un transmisor inalámbrico remoto (4) para la detección y monitoreo de las fallas incipientes en la instalación eléctrica subterránea y por medio de un transmisor inalámbrico remoto, esta señal es enviada a un concentrador maestro (5), en este concentrador maestro se recopilan todas las señales de los diferentes dispositivos sensores (4) y a su vez, estas señales son  
20 enviadas inalámbricamente a una estación maestra (6) para su posterior análisis por medio de una computadora personal (7), en donde se procesa la información para que el operario del sistema pueda conocer el estado en que se encuentra, y en caso de haber una falla incipiente, esta es detectada y por medio de una señal de alarma, advirtiéndolo al operario de



esta condición. Este sistema de monitoreo y detección de fallas, está constituido de tres secciones principales, el dispositivo de detección y monitoreo (4), el sistema de transmisión inalámbrica (5) de las variables detectadas y el sistema de adquisición, análisis e interpretación de la información(6;7). La topología del sistema de comunicación que se implementa es una red de tipo ZigBee Mesh Networking, la característica principal es que todos sus miembros inalámbricos sirven como repetidores de información, buscando que llegue por cualquier camino al concentrador maestro (5), desarrollando una red interconectada donde todo elemento es un medio de comunicación hacia la estación maestra (6). El sistema busca establecer una comunicación confiable entre varias estaciones con una computadora personal (7) con un módulo maestro (5) a través de señales inalámbricas, cada estación se basa principalmente en el sistema de comunicación serie.

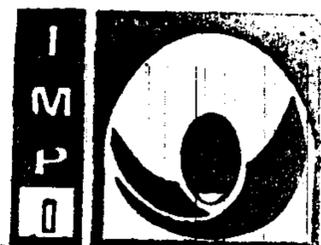
El monitoreo consiste en hacer llegar las señales provenientes de los dispositivos sensores (4) hasta la computadora (7) para su posterior análisis. Cada canal recibe una señal inalámbrica de un sensor (4), estos pueden ser hasta un número de 16 por módulo y se encuentran distribuidos en la instalación subterránea del sistema que se pretenda monitorear, se tiene un sistema de adquisición de datos de tipo multiplexado y se encuentra conectado a una computadora personal (7).

En la figura 2 se muestra el arreglo del dispositivo sensor no intrusivo del tipo inductivo (4), el cual se compone de un sensor inductivo (4a) y un sistema de acondicionamiento de señal y transmisión de datos (4b), que permite el monitoreo y supervisión de las condiciones de operación de una instalación eléctrica subterránea, caracterizado por ser del tipo no intrusivo que se puede colocar tanto en instalaciones nuevas como en las ya existentes sin hacer modificaciones en las mismas. Por medio de este sistema se pueden



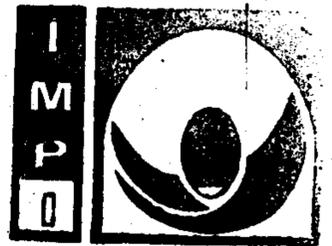
**Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial**

monitorear las variaciones de carga, las variaciones de tensión eléctrica y las posibles interferencias que se presentan en una instalación antes de que se presente la falla. El sistema de detección se encuentra basado en la respuesta a la detección de descargas parciales (DP); tal y como se muestra en la figura 1 en los empalmes (3) y terminales (2), lo cual es hecho por medio de un dispositivo sensor del tipo inductivo (4a), que nos permite detectar las variaciones en la corriente circulante por el conductor así como las DP presentes en el aislamiento del cable (1), empalmes (3) y/o terminales (2) de la instalación. El dispositivo sensor (4a), está conectado directamente a un sistema de acondicionamiento de la señal (4b) y realiza la transmisión inalámbrica al concentrador maestro (5). El sistema de detección (4) esta constituido preferentemente por la construcción de la bobina, que es el dispositivo sensor de corriente (4a) y la selección del circuito de acondicionamiento y tratamiento de la señal (4b), debido a la naturaleza de la aplicación, es preferible que el sensor se construya en una forma flexible, que contenga una discontinuidad que le permite abrirse para realizar mediciones del tipo no intrusivas y el diámetro del alambre magneto utilizado para la construcción del sensor, debe tener preferentemente un diámetro entre 36 awg al 28 awg, de tal manera que asegure la robustez de la bobina y la relación de sensibilidad. El ancho de banda debe permitir preferentemente que la bobina tenga un buen desempeño en baja y alta frecuencia. Las señales obtenidas mediante el dispositivo sensor inductivo (4a), son procesadas por medio de la segunda sección, de tal manera que por medio de un dispositivo inalámbrico (4b) faciliten el envío de la información y la operación en lugares donde las computadoras no pueden permanecer en el sitio, como son los diferentes registros y puntos de la instalación que se pretende monitorear.

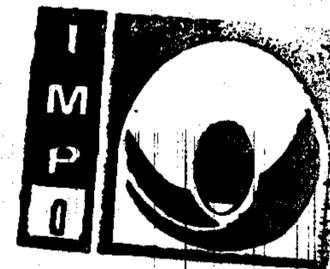


En la figura 3 se muestra un esquema eléctrico del sistema de acondicionamiento de la señal (4b), mostrado en la figura 2, este sistema cuenta con cuatro secciones, está formado preferentemente por una sección de adquisición de las variables del sistema (8), la sección de integración de la señal para su acondicionamiento (9), una sección de amplificación (10) para llevarla a valores adecuados para su análisis y una sección de corrección y filtrado de la señal (11), debe de tener preferentemente las siguientes características: ser de bajo ruido, tener un ancho de banda preferentemente mayor o igual a 25 MHz. Para el caso de la detección de DP, debe tener preferentemente la capacidad de manejar cargas capacitivas conectadas a su salida, esto debido al uso de cable coaxial para la conexión del circuito de acondicionamiento de la señal al sistema inalámbrico (4b), mostrado en la figura 2, preferentemente debe ser alimentado por baterías, para evitar el fenómeno de batido de frecuencias durante la medición de corriente eléctrica alterna, sin dejar de lado cualquier otra fuente de alimentación de energía eléctrica.

En la figura 4 se muestra el sistema de procesamiento y transmisión de la señal, que comprende los dispositivos de sensores inalámbricos (12a), que se encargan de medir por inducción electromagnética las fallas incipientes en la línea eléctrica subterránea, a su vez esta información es enviada por radiofrecuencia a 2.4 Ghz, por un protocolo serie para transmisión de datos a 250 kbps (12b), con conectividad de línea de vista hasta de 1.6 km., y usando un decodificador (13a) con topología malla basado en el modelo de referencia para la interconexión de sistemas abiertos(13b). Para la conectividad con los sensores se puede intercambiar de forma autónoma a una red tipo multidifusión (Multicast), donde cada canal o subcanal de comunicación, sea por un nodo central a o un nodo periférico, trabajando de manera bidireccional, compartiendo el ancho de banda disponible. La



conectividad con la computadora central está basado en la centralización de la red por una topología estrella, los eventos son enviados por varios protocolos de comunicación a partir del concentrador de datos (13). El cual contiene un control de monitoreo que se encarga de la adquisición remota de datos e identificaciones de fallas subterráneas, provenientes del módulo de sensores (12), para su envío al control de comunicaciones (14). El dispositivo intercambiador de protocolos y control de comunicación (13b), permite acomodar la información enviada por los sensores, replicándola hacia el sistema experto de diagnóstico y asistencia (SEDA), usando conectividad por Radiofrecuencia a 900 Mhz. (13f), se conecta a una distancia con punto de vista hasta 64 km. con una encriptación de 256 bits, y una potencia de transmisión preferentemente de 4 watts usando una antena de 6 dB, a una velocidad de transmisión de datos hasta de 115,200 bps., el modem receptor después de su codificador. Genera salidas con protocolo Serie, Wi-Fi, Satelital, BlueTooth y Ethernet, por otra parte, el intercambiador de protocolos genera alarmas (13c), que se envían como mensaje de texto (SMS), a través de la red celular (13e) en la modalidad cuatribanda, funcionando preferentemente dentro del rango de 824 – 849 MHz a 869 – 894 MHz, con 124 para celulares y de 1850 – 1910 MHz a 1930 – 1990 MHz, con 299 canales para computadora, sin descartar los siguientes rangos: de 890 – 915 MHz a 935 – 960 MHz con 124 canales para celulares y de 1710 – 1785 MHz a 1805 – 1880 MHz con 374 canales para computadoras. Esta comunicación se establece para dispositivos móviles personales (14a) o dispositivos remotos, por medio de mensajes de texto (SMS). Posee diferentes formas de comunicarse y de conectarse a cualquier dispositivo, máquina o proceso industrial. El intercambiador de protocolos (14b) del sistema experto de diagnóstico y asistencia (14), contiene un Multiplexor SGW1-MMP, con el que se conecta a diferentes maestros Modbus



con un mismo esclavo o viceversa. Además, puede compatibilizar diferentes velocidades del puerto serie y diferentes tipos de Modbus serie (ASCII o RTU, RS232 o RS485). Por otra parte, autocontiene la posibilidad de generar un dispositivo de puerto serie RS232 inalámbrico, utilizando la tecnología inalámbrica por RF, Wi-Fi, satelital y celular. El IPC del sistema permite empaquetar el protocolo DNP, en paquetes de datos TCP/IP dentro de una comunicación celular GSM/GPRS, de tal manera que cualquier equipamiento con dicho protocolo, puede conectarse en forma remota, a un costo muy bajo. Al utilizar los protocolos DNP y ModBus, que son protocolos industriales para comunicaciones entre equipos inteligentes (IED) y subestaciones de sistemas SCADA, que son ampliamente utilizados en el sector eléctrico. El módulo de Control de Monitoreo (15) está integrado por cuatro elementos: Sistema experto para diagnóstico de línea subterránea (15a), módulo de Gestión de Información (15c) y la base de datos global (15b).

El Sistema de Administrador de Información (14) contiene algoritmos de identificación de elementos característicos de línea y realiza el monitoreo de la línea eléctrica subterránea. El control de comunicaciones se encarga de priorizar las señales que se generan en la base de datos y se denomina Sistema de Gestión de Información (15c), que deben ser enviadas al módulo de Interfaz Grafica. El tráfico de información en un proceso normal se concentra en el control de monitoreo, en casos de emergencia también se envían señales de alarma (13c), debidas a incidentes en la línea de transmisión y/o en el control de monitoreo. En función del incidente que se presente, se puede activar una o más señales de alerta. En el módulo de sistema experto (15a), se realiza el diagnóstico del estado de la línea de transmisión y permite asistir al usuario, con la posibilidad de realizar las funciones de monitoreo remoto de fallas puntuales de forma manual o autónoma, permitiendo realizar una estimación de



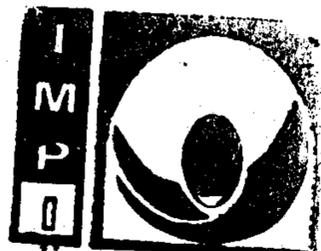
fallas y mantenimiento preventivo. Este sistema de transmisión inalámbrica facilita la operación remota y en línea de los re conectadores, mejorando considerablemente la logística de mantenimiento, permite una detección temprana de fallas de energía, los usuarios finales obtienen una mejor calidad de suministro con gasto de comunicación muy reducido y solo se paga por datos transferidos.

El intercambiador de protocolos y el intercambiador de comunicación conecta hasta 65,535 Maestros con 1 Esclavo ó conecta hasta 65,535 esclavos con 1 maestro, compatibiliza diferentes bytes por segundo (bps) de cada puerto y adecua diferentes tipos de protocolos de comunicación en Modbus (ASCII o RTU) de cada puerto, actúa como convertidor Modbus ASCII a Modbus RTU y viceversa.

En la figura 5 se muestra el arreglo del sistema del concentrador maestro (5), que se encuentra compuesto por una antena (5b) para la recepción de la señal preferentemente a 6 dB, proveniente de los sensores inductivos (4) y el concentrador maestro (5), mostrados en la figura 1, que convierte y acondiciona la señal preferentemente conforme a los descrito en la figura 3, para ser enviada posteriormente a la estación maestra (6) para su posterior análisis e interpretación.

En la figura 6, se muestra el arreglo del sistema de análisis e interpretación de la señal, el cual está compuesto por una estación maestra (6) que recibe y convierte la señal preferentemente como lo descrito en la figura 4 y se envía a una computadora personal (7) para su posterior análisis e interpretación.

En la figura 7 se muestra el diagrama de flujo del proceso de análisis e interpretación de las señales enviadas inalámbricamente a la estación maestra (6), mostrado en la figura 1, la implementación de este algoritmo computacional se basa preferentemente en lenguaje de



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

programación orientada a objetos para facilitar la interacción con el usuario. Se realiza preferentemente de acuerdo al siguiente proceso: existe un módulo de recepción de datos provenientes de la estación maestra (6), posteriormente son acondicionados para facilitar su procesamiento por medio de la computadora personal (7), de acuerdo a la figura 1, en donde son extraídas las características como; la frecuencia y amplitud para cada canal. Las señales de entrada son analizadas preferentemente utilizando la transformada rápida de Fourier, con la finalidad de detectar fallas incipientes en la línea eléctrica subterránea. El sistema automático de detección de fallas cuando es detectada una anomalía en el espectro de frecuencia formado preferentemente por los armónicos detectados en la señal que está analizando. Estos espectros son comparados automáticamente con los patrones almacenados en la base de datos y que corresponden a los espectros de fallas previamente caracterizadas. En caso de detección de fallas, se activaran señales de alarma en diferentes niveles preferentemente de acuerdo a lo descrito en la figura 4, por medio de SMS y envío de señales a cualquier equipo DM, sin descartar cualquier otro tipo de comunicación.

En la figura 8 se muestra la operación del software, así como la información que se puede obtener del mismo. Para llevar a cabo el análisis de estas señales se cuenta con un software, basado en programación orientada a objetos, por medio del cual se pretende alertar al operario de posibles anomalías que se presenten en la línea de transmisión. Este software se compone de varias ventanas y pantallas que facilitan la operación del mismo. El poder tomar acciones en función de los valores de las señales que se tengan en la interfaz es sin duda una de las principales ventajas de este tipo de sistemas.

Para llevar a cabo esta tarea se toma la señal de entrada, para cada canal (16), y se obtiene la información general, como son la frecuencia y amplitud (17). Además, se obtiene la



**Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial**

transformada rápida de Fourier, con la finalidad de obtener información como magnitud de pico y fase de los componentes armónicos de la señal (18).

El análisis de las señales que entran al equipo de computo se basa en los valores de la señal y en función de sus armónicos (19). El número de armónicos a analizar lo determina el usuario. La finalidad es el poder encontrar tendencias, asociaciones y patrones que nos permitan identificar una falla potencial (20). El software está basado en la visualización de diferentes formas de onda de las cuales se extraen diferentes mediciones que permitan detectar las anomalías en la transmisión. El principio de funcionamiento se basa preferentemente en el análisis de la señal, por medio de la transformada rápida de Fourier, para detectar los armónicos presentes en la señal. Este proceso se lleva a cabo para las fallas más comunes que se presentan en una línea de transmisión, como pueden ser fallas en los empalmes (3), en el cable (1) y en las terminales (2) mostrados en la figura 1. La idea es asociar cada tipo de falla con un patrón particular. Estos patrones se encuentran asociados con la magnitud de diferentes armónicos presentes en la señal. En la interfaz se pueden visualizar los primeros catorce armónicos por canal, sin embargo los demás armónicos son analizados, aunque su valor no es visualizado en la interfaz.

### EJEMPLOS

A manera de ejemplificar la operación del sistema, en la figura 8 se muestra la detección de una falla en un sistema de distribución de energía eléctrica subterránea (16), esta presenta un patrón característico para identificarla (17), se observa un incremento abrupto en la amplitud y una disminución en la frecuencia respecto a las condiciones de operación en estado estable (18). Al detectar una falla, se comparan las características eléctricas



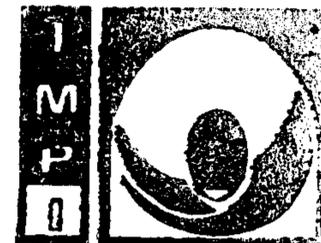
Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

identificadas (19) en la línea de transmisión subterránea con los patrones previamente identificados (20) y que se encuentran almacenados en una base de datos del equipo de cómputo. La comparación se lleva a cabo por medio del software desarrollado

Dentro de las características que identificar cada una de estas fallas en los sistemas de transmisión de energía eléctrica subterráneos, se tienen las siguientes:

- Fallas en el aislamiento del conductor.- Se presenta una disminución en la magnitud, acompañada de variaciones en las componentes armónicas presentes en la línea de transmisión
- Fallas en las terminales.- Se presenta un incremento abrupto en la amplitud del espectro transitorio y una disminución en la frecuencia de operación.
- Fallas en las uniones o empalmes.- Se presenta una disminución en la magnitud de la señal, debida a la diferencia de potencial generada entre las partes mal acopladas, facilitando las pérdidas y la baja eficiencia energética

Durante el proceso de la detección de fallas se lleva a cabo el monitoreo y detección de manera preventiva de las mismas, ya que una vez identificada una condición anómala de operación se activan señales de alerta. Las señales de alerta se presentan en tres niveles: visuales, auditivas y por medio de mensajes de texto a dispositivos móviles con la finalidad de que el operador este enterado del inicio de falla que se presenta en la línea de transmisión, indicando tanto el tipo de falla como el lugar donde se presenta para tomar las medidas necesarias.

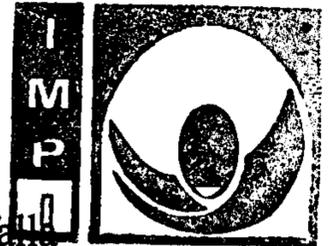


**Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial**

## REIVINDICACIONES

Habiendo descrito lo suficiente la invención declaro de mi propiedad lo contenido en las siguientes clausulas:

1. Un sistema para el monitoreo, detección y predicción de fallas en instalaciones eléctricas subterráneas para tensiones eléctricas entre 5 kV a 230 kV, que comprende un dispositivo sensor no intrusivo del tipo inductivo sin medio ferromagnético (4a) ubicado en los empalmes y las terminales de la instalación eléctrica, para la detección de las descargas parciales y las variaciones en la corriente circulante por el conductor; el sensor está conectado por medio de un cable coaxial a un sistema para el tratamiento y acondicionamiento de la señal (4b) en donde se hace la integración de la señal por medio de la transformada rápida de Fourier y posteriormente se hace una amplificación de los valores obtenidos y un filtrado de la señal para quitar el ruido proveniente de la medición de la corriente eléctrica alterna; la señal se transmite por radiofrecuencia a 2.4 GHz por un protocolo serie para transmisión de datos a 250 Kbps usando un decodificador con topología de malla; la señal es recibida por un concentrador maestro a través de una antena (5); el concentrador funciona como intercambiador de protocolos y replicador de señal y envía nuevamente la señal por radiofrecuencia a 900 MHz, con encriptación de 256 bits y potencia de 4 watts usando una antena de 6 dB para ser recibidos por una estación maestra (6) que convierte la señal a protocolo RS232 para enviarla a una computadora personal (7) en la cual se realiza un método para el análisis e interpretación de los datos colectados, que está basado en el análisis de los valores de la señal de entrada, en función de sus armónicos con la finalidad de poder



**Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial**

encontrar tendencias, asociaciones y patrones que permiten identificar una falla potencial y emitir una alarma.

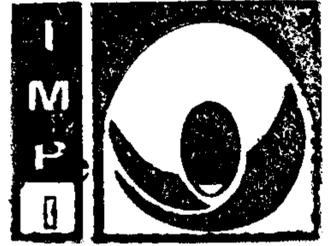
2. El sistema para el monitoreo, detección y predicción de fallas en instalaciones eléctricas subterráneas de la reivindicación 1, caracterizado porque el calibre del conductor para la construcción del sensor no intrusivo y si medio ferromagnético está entre 36 AWG y 28 AWG.
3. El sistema para el monitoreo, detección y predicción de fallas en instalaciones eléctricas subterráneas de la reivindicación 1, caracterizado porque el sistema para el tratamiento y acondicionamiento de la señal se opera por baterías para evitar el fenómeno de batido de frecuencias.
4. El sistema para el monitoreo, detección y predicción de fallas en instalaciones eléctricas subterráneas de la reivindicación 1, caracterizado porque la transmisión de la señal del sistema de tratamiento y acondicionamiento por radiofrecuencia a 2.4 GHz, es sustituida por una señal Wi-Fi, satelital o red celular.
5. El sistema para el monitoreo, detección y predicción de fallas en instalaciones eléctricas subterráneas de la reivindicación 1, caracterizado porque la estación maestra (6) que convierte la señal a protocolo RS232, puede hacerlo también por modbus que pueden ser ASCII, RTU o RS485 utilizando tecnología inalámbrica por radiofrecuencia ya sea Wi-Fi, satelital o celular.
6. El sistema para el monitoreo, detección y predicción de fallas en instalaciones eléctricas subterráneas de la reivindicación 1, caracterizado porque el método que realiza la computadora personal (7) consiste en:
  - a. Recibir los datos de la señal



- b. Acondicionar la señal
  - c. Extracción de características de la señal por medio de la transformada rápida de Fourier, las características extraídas son frecuencia, amplitud y armónicos detectados en la señal
  - 5 d. Comparación con patrones predefinidos de fallas almacenados en la computadora
  - e. En caso de falla se activan las alarmas, en caso contrario se regresa al paso “c” para la extracción de características.
7. El sistema para el monitoreo, detección y predicción de fallas en instalaciones eléctricas subterráneas de la reivindicación 1, caracterizado porque el sistema para el tratamiento y acondicionamiento de la señal es de bajo ruido, y tiene un ancho de banda mayor o igual a 25 MHz, con la capacidad de manejar cargas capacitivas conectadas a su salida.
- 10
8. El sistema para el monitoreo, detección y predicción de fallas en instalaciones eléctricas subterráneas de la reivindicación 1, caracterizado porque la comunicación inalámbrica entre el concentrador es capaz de conectar hasta 65,535 maestros con un esclavo o hasta 65,535 esclavos con un maestro.
- 15
9. El sistema para el monitoreo, detección y predicción de fallas en instalaciones eléctricas subterráneas de la reivindicación 1, caracterizado porque las alarmas que genera la computadora (7) se envían como mensaje de texto (SMS), a través de la red celular (GSM) en la modalidad cuatribanda, funcionando dentro del rango de 824 – 849 MHz a 869 – 894 MHz, con 124 para celulares y de 1850 – 1910 MHz a 1930 – 1990 MHz, con 299 canales para computadora, sin descartar los siguientes
- 20

rangos: de 890 – 915 MHz a 935 – 960 MHz con 124 canales para celulares

1710 – 1785 MHz a 1805 – 1880 MHz con 374 canales para computadoras.



**Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial**

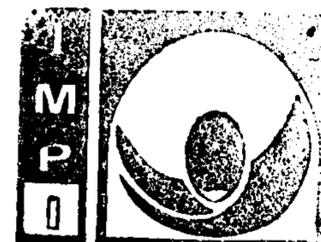


Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

## RESUMEN

El objeto de la invención es un sistema de monitoreo del comportamiento de la operación de una instalación de distribución de energía eléctrica subterránea, compuesto por un cable de energía eléctrica y los accesorios que la componen como son los empalmes y terminales, y los dispositivos empleados con el objetivo de poder realizar la detección temprana de fallas y por medio de dispositivos electrónicos acoplados a la instalación, se realiza un diagnóstico con la finalidad de anticipar la falla antes de que esta sea catastrófica y ponga en peligro a la instalación eléctrica subterránea y a los usuarios.

Es un sistema de detección no intrusivo, que puede ser utilizado tanto en instalaciones nuevas como en las ya existentes, sin hacer cambios mayores en la instalación, comprendiendo un sensor para el monitoreo del comportamiento de la instalación del tipo inductivo, un dispositivo para acondicionamiento de la señal para llevarla a un nivel de medición adecuado para que por medio de un dispositivo de transmisión inalámbrico los datos sean transmitidos a un concentrador maestro y de este a su vez sean transmitidos a una estación central compuesta por una computadora y un módulo maestro para la recepción de los datos de manera inalámbrica de los datos. Por medio de una metodología desarrollada para este fin se hace la interpretación de los datos y manejo de la información, para verificar que esta se encuentra dentro de los rangos de operación normal de la línea de transmisión subterránea, estos datos son comparados con los datos contenidos en una base de datos, permitiendo que sea identificado el tipo de falla que se está presentado y la ubicación de la misma dentro de la instalación, enviando la alarma de acuerdo al nivel de la falla detectada al operario para que este



**Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial**

11. Un sistema para el monitoreo y la predicción de fallas en las instalaciones eléctricas subterráneas para tensiones eléctricas entre 5 kV a 230 kV, según la reivindicación 1, caracterizado por tener un receptor maestro y una computadora personal para el análisis de los datos por medio de un método para el análisis e interpretación de los datos colectados, que está basado en el análisis de los valores de la señal de entrada, en función de sus armónicos y del número que se quiera analizar, con la finalidad de poder encontrar tendencias, asociaciones y patrones que nos permitan identificar una falla potencial.

1/8

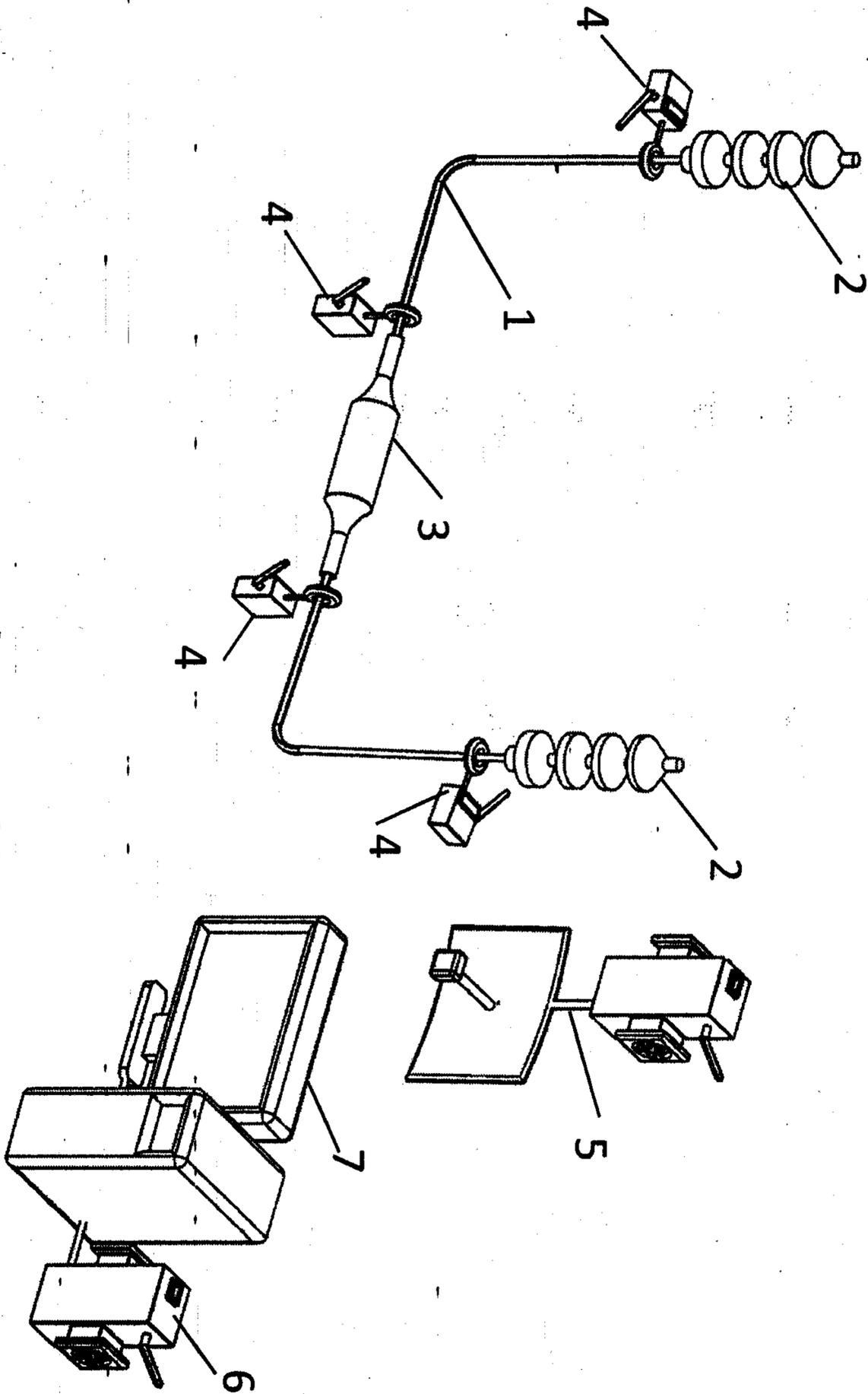


Figura 1

2/8

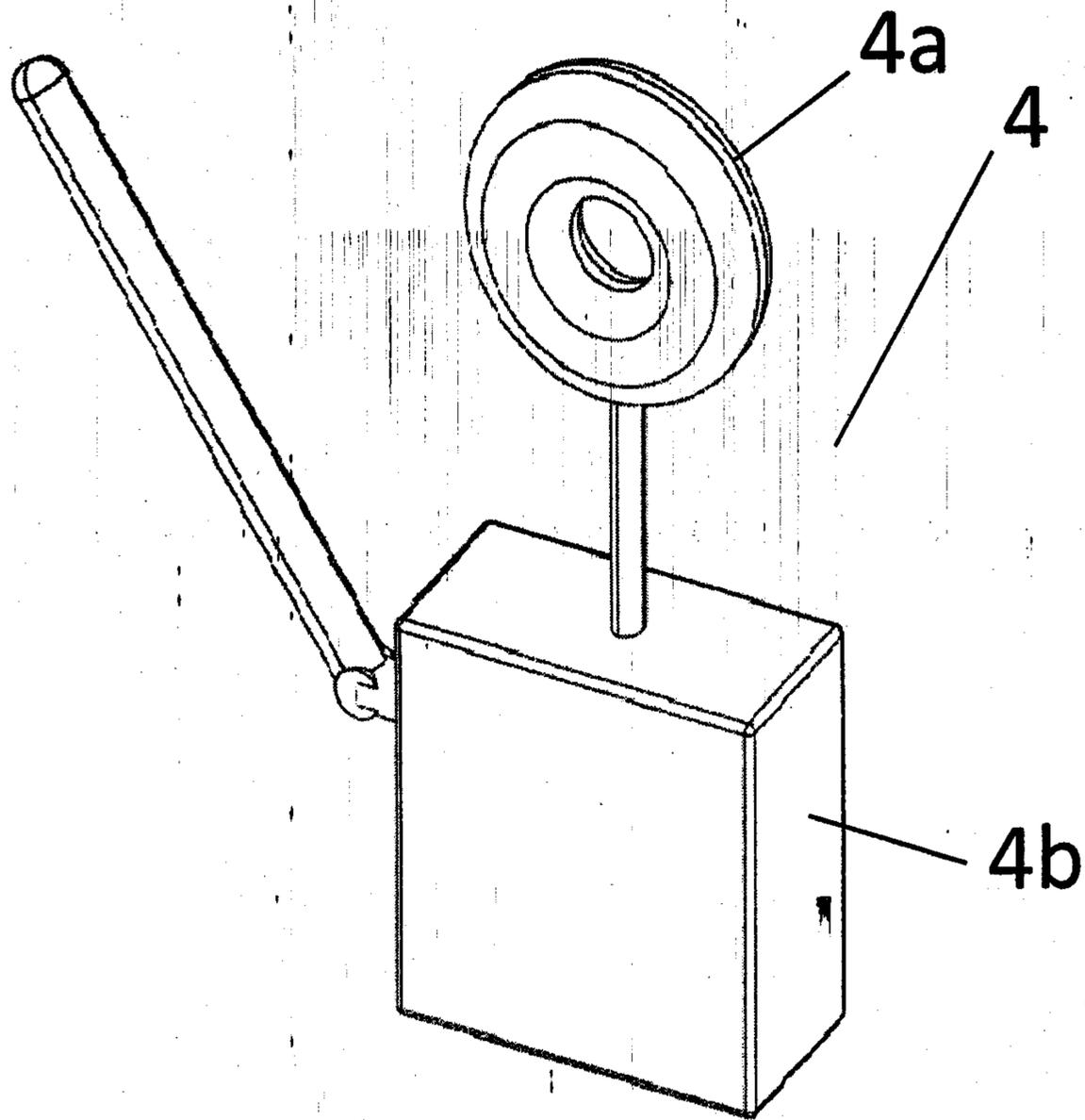


Figura 2



Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

3/8

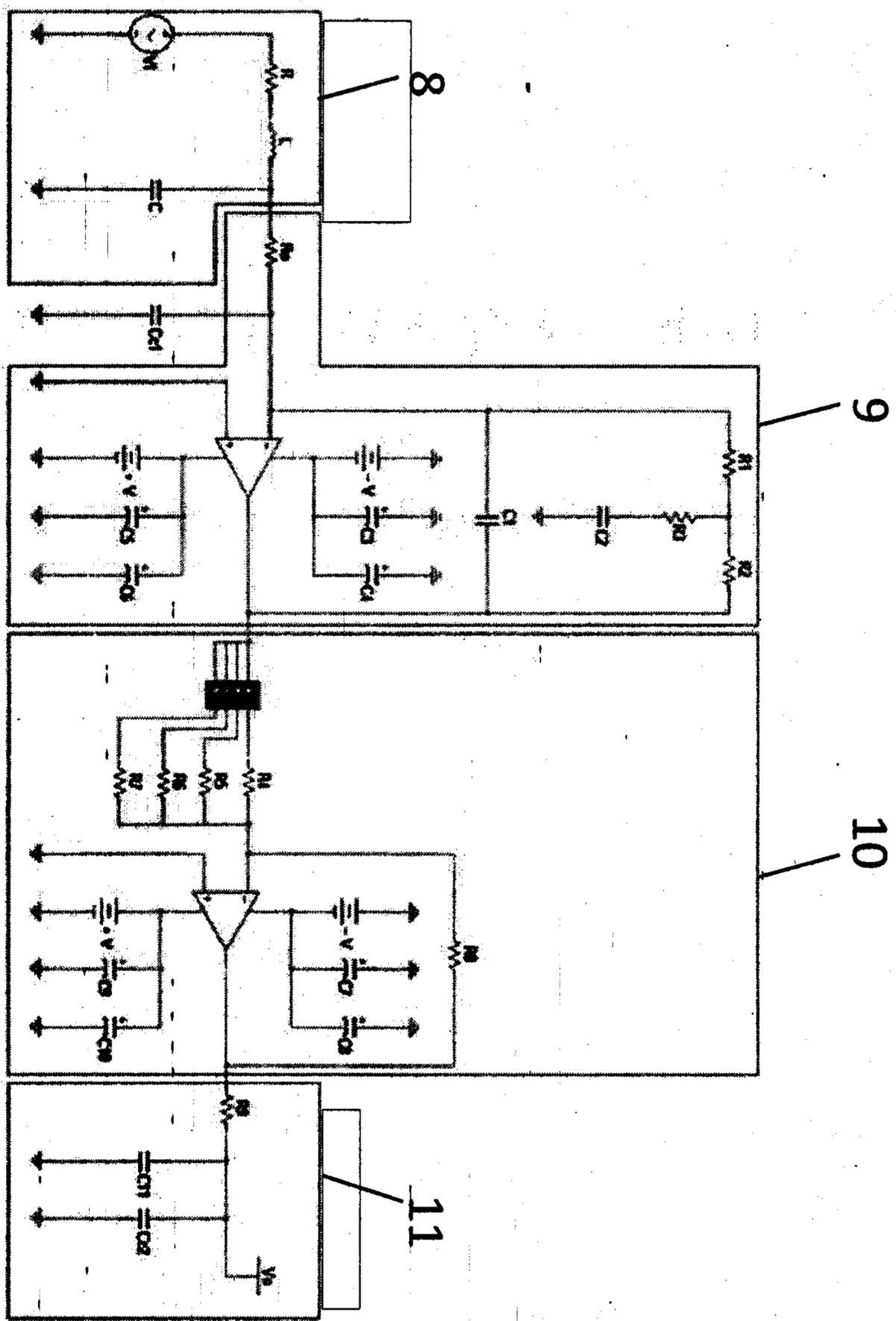


Figura 3

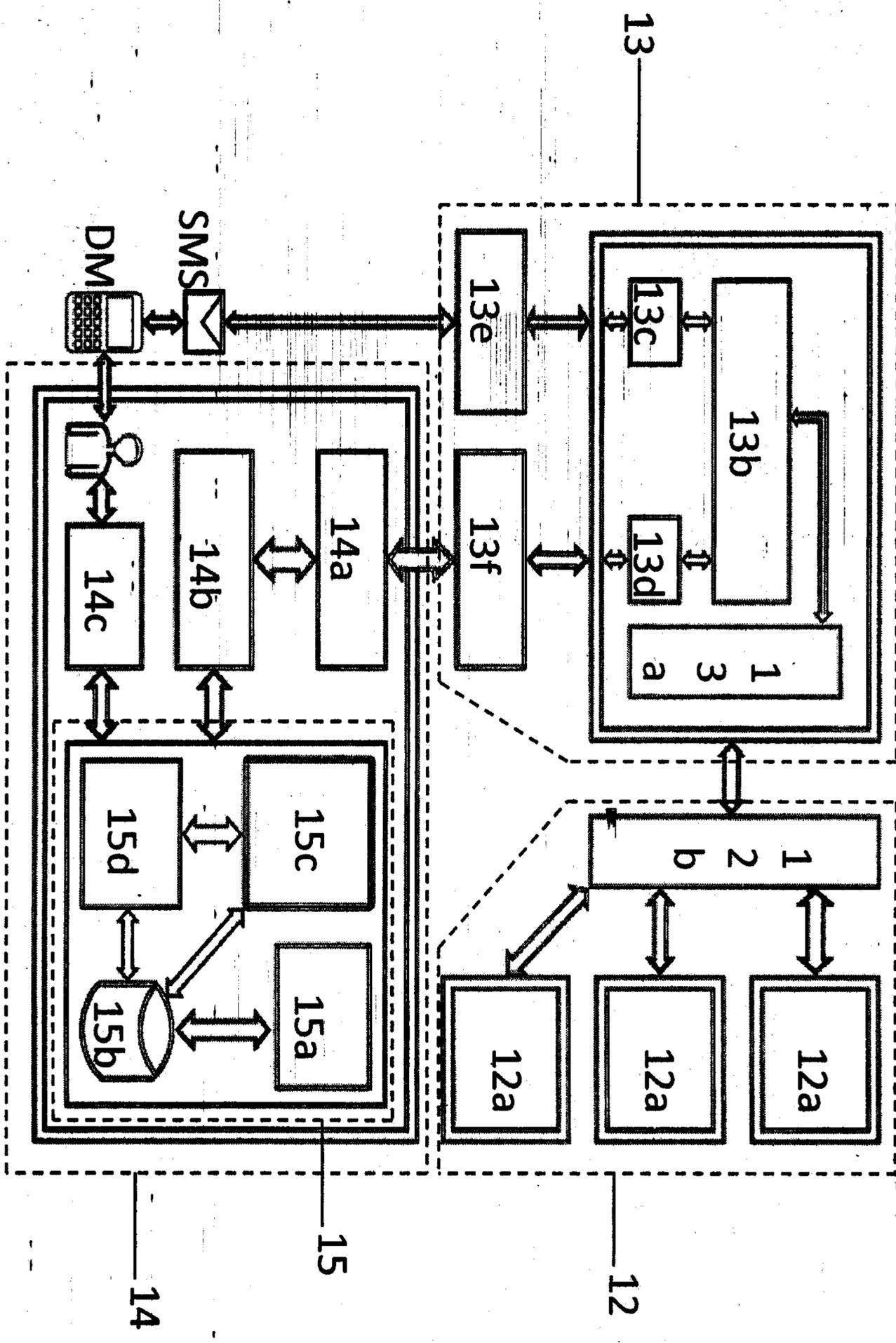
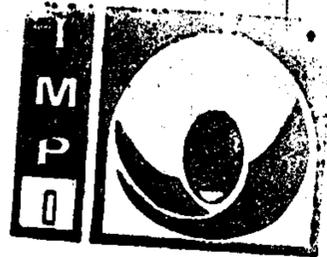


Figura 4



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

5/8

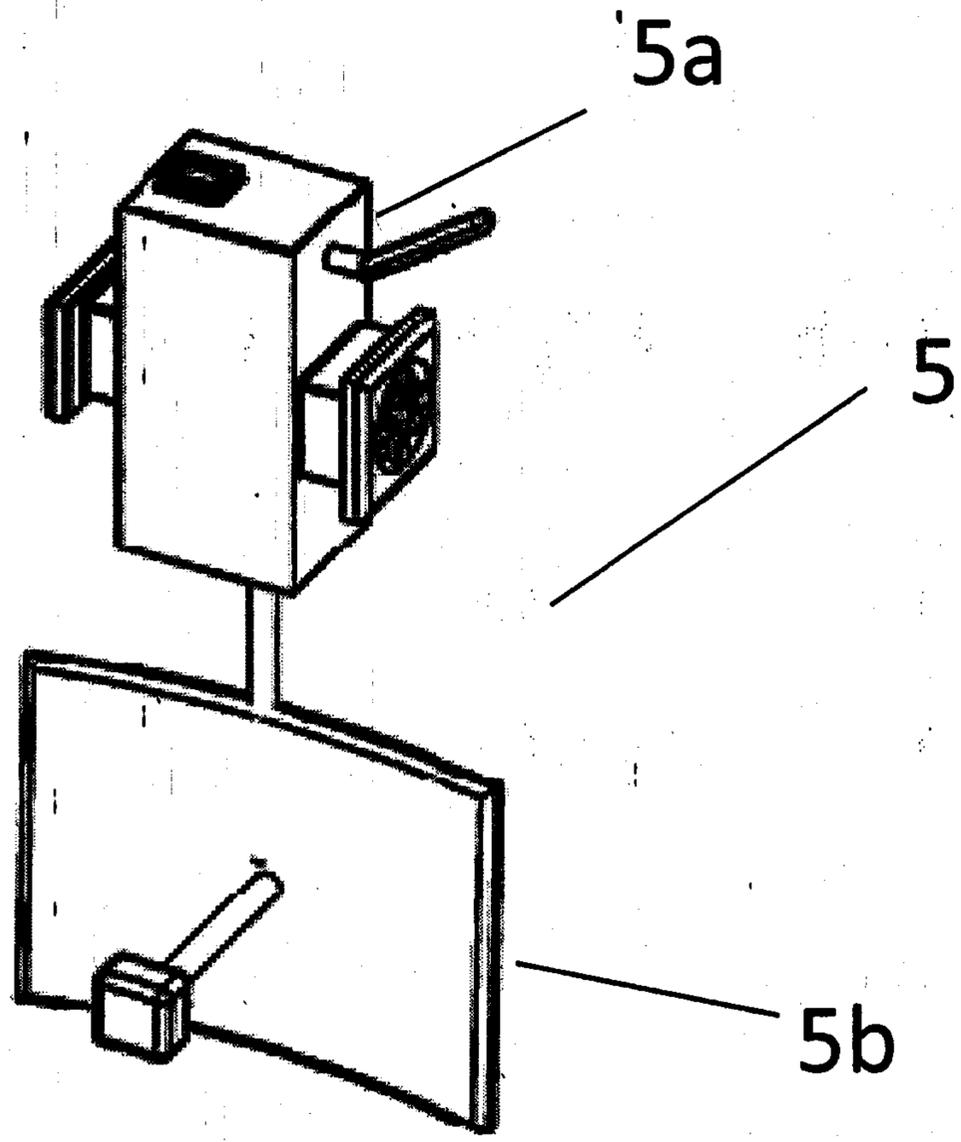


Figura 5

6/8

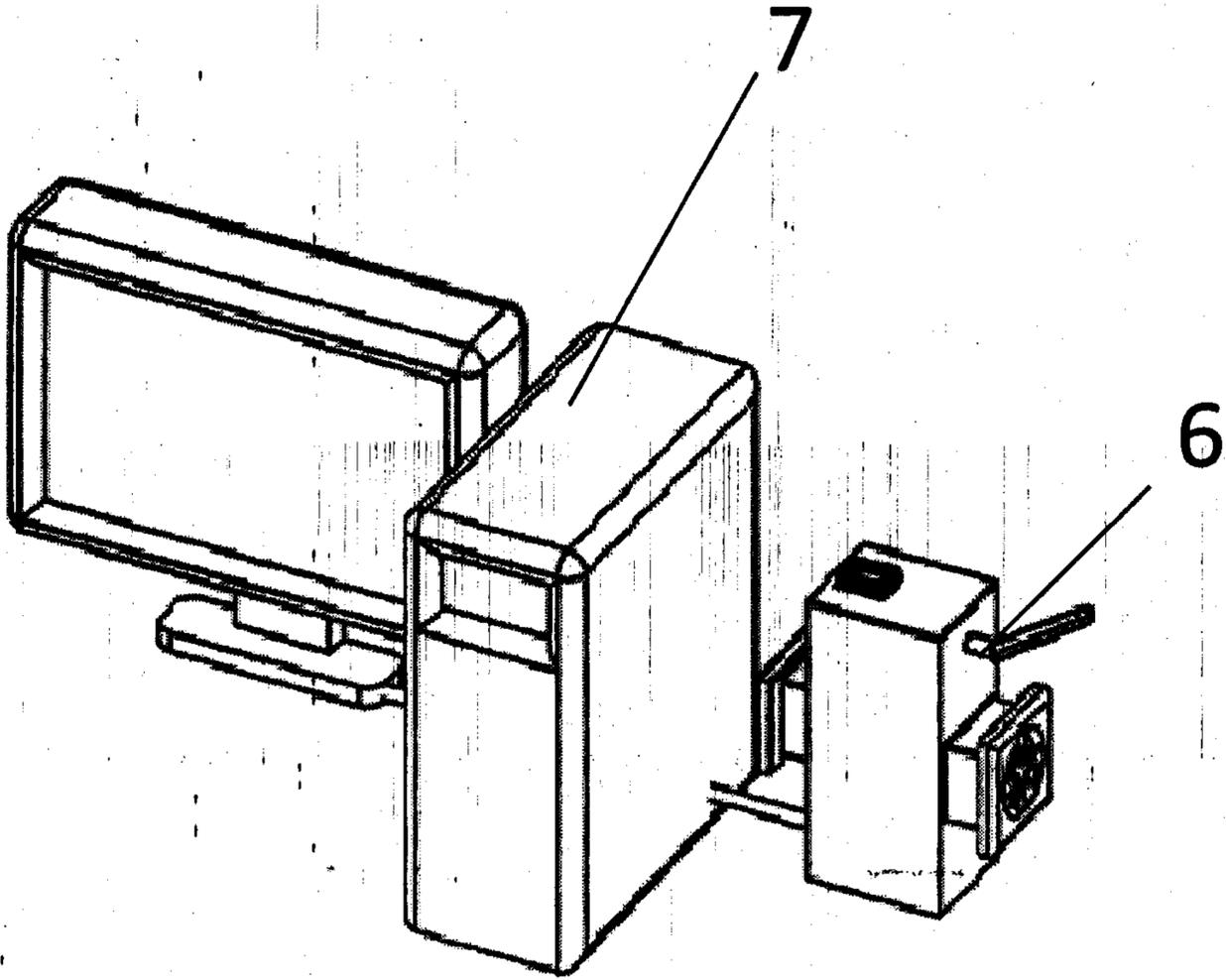


Figura 6



7/8

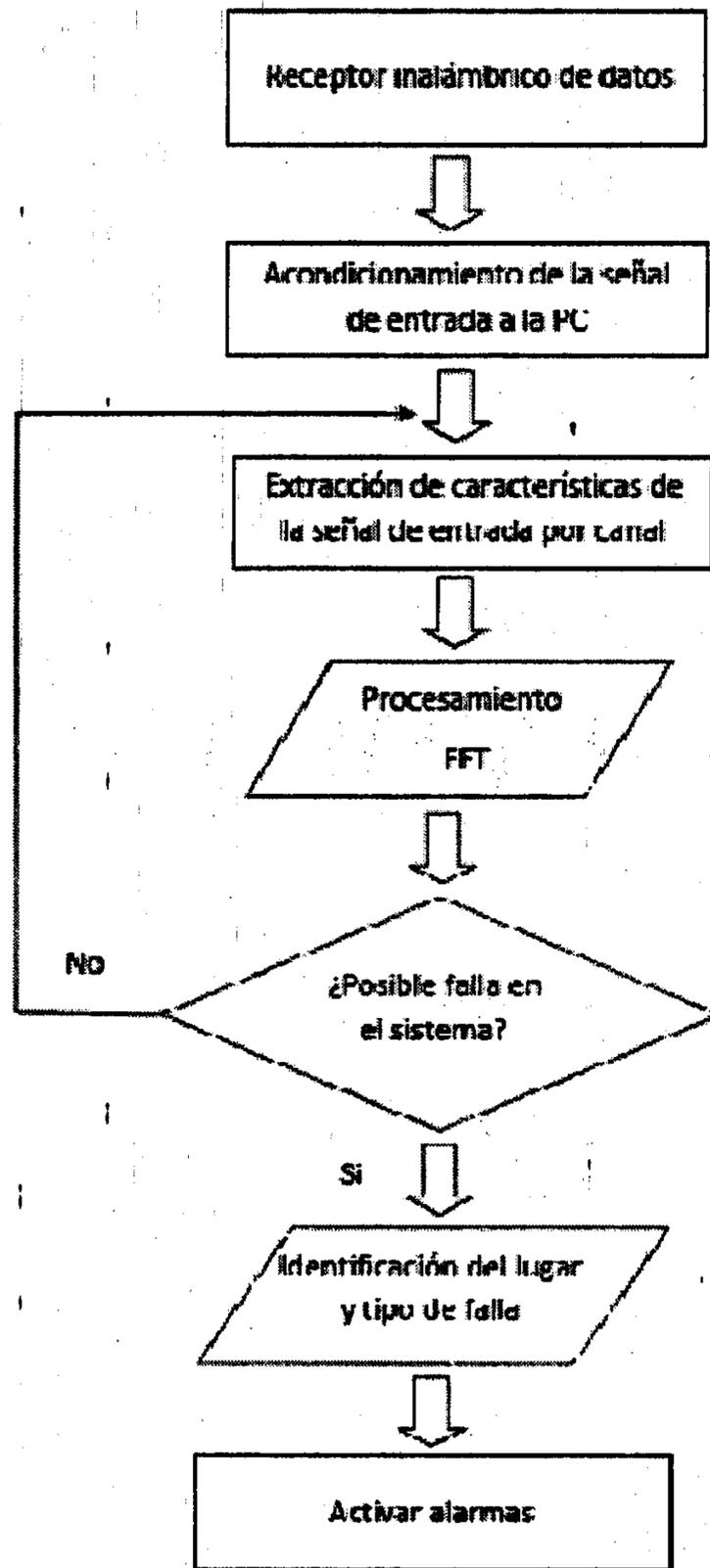


Figura 7

