

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 428 663**

51 Int. Cl.:

G08G 1/04 (2006.01)

G08G 1/042 (2006.01)

G01V 11/00 (2006.01)

G08G 1/017 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.08.2010 E 10765812 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2013 EP 2485069**

54 Título: **Método y aparato para detectar continuamente la presencia de vehículos con un sensor óptico y un sensor magnético**

30 Prioridad:

28.09.2009 ES 200901970

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

08.11.2013

73 Titular/es:

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
(100.0%)
C/ Jordi Girona 31
08034 Barcelona, ES**

72 Inventor/es:

**PALLÀS ARENY, RAMON;
CASAS PIEDRAFITA, JAIME ÓSCAR y
SIFUENTES DE LA HOYA, ERNESTO**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÀ, Mireia

ES 2 428 663 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para detectar continuamente la presencia de vehículos con un sensor óptico y un sensor magnético.

La presente invención se refiere a un método y un aparato para conocer si en una zona determinada hay algún vehículo presente, más particularmente a un método que se basa en un sensor de iluminación y un sensor magnético dispuestos en el suelo de dicha zona.

Objeto

El objeto de la presente invención es desarrollar un método para detectar continuamente si en una zona predeterminada hay un vehículo presente, empleando para ello un sensor óptico pasivo que detecte la sombra producida por el vehículo, y un sensor magnético que confirme si dicha sombra es debida a un vehículo que está sobre el sensor, o puede que sea debida a otra causa que reduce la iluminación. Un segundo objeto de la presente invención es desarrollar un aparato que ofrezca una señal de salida que indique si en una zona predeterminada hay o no un vehículo, y que tenga un consumo de energía suficientemente pequeño para poder funcionar con una pila.

Antecedentes de la invención

Saber si hay un vehículo en una zona predeterminada es una necesidad común en la gestión de aparcamientos, pasos a nivel, salidas de emergencia, control de accesos, zonas de seguridad, y otras aplicaciones donde se deban tomar decisiones a partir de la presencia o ausencia de un vehículo en una zona concreta. En zonas cubiertas con algún tipo de techo, la presencia de un vehículo en una zona concreta se puede conocer mediante uno o más sensores colgados del techo o de una estructura sujeta a éste, y situados directamente sobre la zona que se desea vigilar. Una forma habitual de hacerlo es mediante sensores basados en algún tipo de radiación, por ejemplo ultrasonidos o radiación infrarroja, porque el tiempo de tránsito entre un emisor y un receptor depende de si la radiación enviada por el emisor se refleja en el suelo o en otro objeto más cercano, como puede ser la cubierta de un vehículo. Una solución alternativa, que no exige tener un sensor por cada zona específica que se desee vigilar, es poner una o más cámaras de televisión enfocadas hacia el área de interés. Mediante algoritmos de análisis de imágenes se puede conocer la cantidad de vehículos que hay en el área cubierta por las cámaras. Esta solución es técnicamente más compleja por cuanto hay que poder detectar vehículos que queden parcial o totalmente ocultos detrás de otros, y exige disponer de un soporte para montar la cámara o cámaras. En un edificio, este soporte se puede anclar en una pared o en el techo, pero en las zonas sin techo hay que poner algún tipo de poste.

Una alternativa más económica que las cámaras puede ser colocar detectores en el suelo de cada parcela que se desee vigilar. Para la detección se puede adaptar alguno de los métodos basados en la emisión y recepción de algún tipo de radiación que normalmente se aplican desde el techo. Pero es más simple basar la detección en un sistema pasivo que capte la alteración que la presencia de un vehículo produzca en alguna condición previa del entorno. Además, el consumo de energía de los detectores pasivos será inferior porque no hace falta crear dicha condición preexistente, a diferencia de los detectores basados en la emisión y recepción de radiación (radiofrecuencia, óptica, mecánica-ultrasonidos) que deben generar la radiación que emiten. En áreas de aparcamiento grandes, y en general donde no haya una infraestructura que permita un suministro inmediato de energía eléctrica a cada parcela vigilada, la posibilidad de alimentar cada detector con baterías reduce los costes de instalación. En estos casos, otra cualidad importante del detector es que su consumo de energía sea lo menor posible.

Una magnitud física que se puede medir en el suelo y que cambia al pasar un vehículo es la tensión mecánica en un elemento sobre el cual pase la rueda. Así, el documento WO/1996/01461 de Antonio Hernando Grande y col. describe un dispositivo para detectar vehículos estacionados que se basa en detectar la tensión mecánica que produce la rueda del vehículo a su paso sobre un hilo que tiene un extremo fijo en un soporte metálico y cuyo otro extremo está sujeto a un soporte semicircular donde se encuentra pegada una cinta de material magnético amorfo. Esta cinta constituye el núcleo de un arrollamiento que recoge la fuerza electromotriz inducida al paso de la rueda sobre el hilo. Se aprecia que, igual como sucede con los sensores piezoeléctricos, tubos neumáticos y espiras inductivas, que detectan un cambio transitorio breve debido al paso del vehículo, este sensor tiene que estar continuamente en estado activo, con el consiguiente consumo de energía, y no puede detectar vehículos estacionados. Además, un vehículo que, por ejemplo, pase sobre el sensor cuando va hacia otra plaza de aparcamiento, dará una señal al pasar sobre el sensor de cada plaza, pero acabará estacionado en una plaza concreta, con lo cual el recuento de detecciones es mayor que el número de vehículos estacionados.

Otra magnitud física que queda alterada con el paso de un vehículo, e incluso con su mera presencia, es el campo magnético, porque el abundante material ferromagnético en los vehículos provoca una anomalía del campo magnético terrestre que perdura mientras el vehículo esté presente. Dicha anomalía se puede detectar por ejemplo mediante sensores magnetorresistivos (basados en el efecto magnetorresistivo, anisótropo-AMR o gigante-GMR) y por ello este método se ha aplicado mucho para detectar el paso de vehículos y un poco menos para detectar su presencia [véanse por ejemplo: M. J. Caruso, L. S. Withanawasam, "Vehicle Detection and Compass Applications

using AMR Magnetic Sensors” <http://www.ssec.honeywell.com/magnetic/datasheets/amr.pdf>; P. Ripka, “Magnetic sensors for traffic control,” *Proceedings of the International Symposium on Measurement and Control in Robotics (ISMCR 99)*, Tokio, vol. 10, pp. 241–246, 1999; G. Rouse, H. French, H. Sasaki “A solid-state vehicle detector for roadway applications,” *IEEE Proceedings on Vehicle Navigation and Information Systems Conference*, Seattle, USA, pp. 11-16, July 1995; S. V. Marshall, “Vehicle Detection Using a Magnetic Field Sensor,” *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 27, no. 2, pp. 65-68, May 1978; R. Lao, D. Czajkowski, “Magnetoresistors for Automobile Detection and Traffic Control,” *Sensors*, pp. 70-73, April 1996]. Para detectar un vehículo basta con medir la anomalía magnética en la dirección de la componente predominante del campo magnético terrestre, que cambia de unos a otros puntos de la Tierra, según la latitud, aunque también se puede detectar un vehículo midiendo en otras direcciones.

Un problema común a todas estas aplicaciones basadas en magnetorresistores es que el consumo de energía de estos sensores es relativamente alto porque su resistencia eléctrica es del orden de 1 k Ω a 5 k Ω , y por lo tanto si se les alimenta de forma continua pueden agotar una pila en un tiempo muy breve. Si hay más de un sensor, por ejemplo en nodos sensores que incluyen un sensor magnético para detectar vehículos y varios sensores específicos para conocer las condiciones ambientales (temperatura, lluvia, hielo, etc.), y el sistema no tiene ninguna conexión mediante hilos, por ejemplo tal como describe el documento US20060202863A1 de Robert Kavalier, el problema del consumo de energía es aún más grave. Además, los refinamientos en magnetómetros basados en magnetorresistores aplicados a la detección de vehículos, utilizan un convertidor analógico-digital como medio para obtener una señal digital correspondiente a la anomalía magnética medida, y dicho convertidor exige un acondicionamiento de la salida del sensor magnético, que se realiza mediante amplificadores, tal como se describe por ejemplo en los documentos US5491475 de Gordon F. Rouse y William M. Volna, y US6546344 de James A. Rodrian y Donald R. Janke. Estos circuitos de acondicionamiento de señal con amplificadores, filtros, etc., conllevan un consumo de energía adicional.

Un sistema obvio para reducir el consumo de energía es alimentar el detector de forma intermitente en intervalos de tiempo predeterminados. Pero si se quiere tener una detección de presencia o ausencia fiable, dichos intervalos deben ser suficientemente breves, y en consecuencia el ahorro de energía dependerá mucho del régimen de ocupación de la zona. El documento US200201090856 de Charles K. Howard describe una solución para evitar que el sensor magnético tenga que estar funcionando continuamente. Consiste en emplear un sensor de vibración que detecte la vibración del suelo producida por un vehículo y que active el sensor magnético cuando hay una vibración y lo desactive cuando no ha habido vibración durante un tiempo. La eficacia de esta solución depende por una parte del consumo del sensor de vibración, que deberá estar activo continuamente si se desea una detección continua, y del conocimiento de la señal de vibración que pueda ser considerada como indicador de la presencia de un vehículo en la zona de interés. Pero, en cualquier caso, el sensor de vibración no puede detectar la presencia de un vehículo parado. Los sensores de vibración citados en el documento US200201090856 son un micrófono electret EM9765-422, cuyo consumo es de 0,5 mA cuando está alimentado a 4,5 V, y un acelerómetro ADXL202, cuyo consumo típico cuando se alimenta a 5 V es de 0,6 mA. A estos consumos hay que añadirles los consumos de los componentes necesarios para acondicionar la señal de salida del sensor de vibración que se utilice, del controlador al que comunican sus señales, y de la fuente de alimentación que alimenta al conjunto.

El documento WO-2006/063079A2 divulga un conjunto detector para detectar la presencia de un vehículo, incluyendo un microprocesador y un sensor magnético pasivo que, en una forma de realización, está acoplado a un sensor activo, como un sensor de ultrasonidos, un sensor de infrarrojos, un rádar, un láser, un sensor capacitivo o un sensor fotoeléctrico. El modo de funcionamiento de este conjunto detector consiste en que el microcontrolador activa periódicamente el sensor magnético para detectar la presencia de un vehículo y, cuando el vehículo ha sido detectado por dicho sensor magnético, el sensor activo es activado para conformar dicha presencia. No se especifica la posición desde la cual se realiza la detección.

El análisis de la información disponible hasta ahora, evidencia que no hay ningún método para detectar continuamente y de forma fiable la presencia de un vehículo en una zona determinada, y que en ausencia de vehículos tenga un consumo de energía inferior a unos 30 microvatios (10 microamperios con una alimentación de 3 V). Hemos encontrado que colocando en el suelo un sensor óptico que al detectar una iluminación baja ponga en funcionamiento un sensor magnético en el mismo punto, para verificar si la reducción de la iluminación se debe a una anomalía magnética, permite una detección fiable y continua de la presencia de vehículos y con un consumo de energía mucho menor que el de un sensor magnético alimentado continuamente, o el de un sensor magnético activado cuando un sensor de vibración detecta una señal que indica que se acerca un vehículo.

Descripción de la invención

Hemos desarrollado un método y aparato nuevos para detectar si en una zona predeterminada hay algún vehículo presente, mediante un detector dispuesto en el suelo de la zona que se desea controlar, y que consiste en un sensor óptico pasivo que detecta la sombra producida por el vehículo y a partir de cuya información se controla la alimentación y la medida de un sensor magnetorresistivo que confirma si dicha sombra es debida a un vehículo que está sobre el sensor o, por el contrario, la iluminación se ha reducido por otra causa. El detector puede ser fijo o portátil, inalámbrico o conectado mediante cables, y puede funcionar independientemente o como parte de una red

de sensores.

El aparato desarrollado se basa en un controlador digital al cual están conectados un sensor óptico pasivo y un sensor magnético, mediante las interfaces electrónicas correspondientes, un circuito de comunicación (transceptor o módem) y un sistema de alimentación que suministra corriente al controlador y al transceptor/módem, pero que no está conectado a ninguno de los dos sensores, a diferencia por ejemplo de la invención descrita en el documento US200201090856, donde los sensores están conectados a la fuente de alimentación mediante circuitos que permitan activar a los sensores intermitentemente. En nuestra invención, tanto el controlador como el transceptor/módem están normalmente en un estado de espera, en el que su consumo es muy bajo, y el circuito de interfaz para el sensor óptico y el circuito de interfaz para el sensor magnético están conectados a distintos terminales de salida del controlador, el cual puede disponer que cada uno de dichos terminales tenga un nivel de tensión alto ("1" digital) o bajo ("0" digital), en términos de los niveles de tensión lógicos de la tecnología microelectrónica en que esté fabricado el controlador, o hacer que un terminal esté en un estado de alta impedancia (HZ). Mediante estas conexiones se logra alimentar al sensor óptico y al sensor magnético desde el controlador, sin necesidad de conectar cada sensor a una fuente de alimentación. Esta alimentación de los sensores desde el controlador será posible siempre y cuando el diseño de los circuitos de interfaz de cada sensor asegure que los puertos del controlador podrán suministrar la corriente necesaria, que además interesa que sea muy pequeña o que fluya durante un tiempo muy breve.

El circuito de interfaz para el sensor óptico tiene una salida conectada a dos terminales de entrada del controlador digital: uno de estos terminales (EA) está conectado a un convertidor analógico-digital, y el otro (EI) corresponde a una entrada que se puede habilitar para que interrumpa al controlador cuando en ella haya una transición entre los dos niveles de tensión correspondientes a los estados lógicos "1" y "0". El circuito de interfaz para el sensor magnético está conectado a uno o más terminales de entrada del controlador, según convenga para poder medir el valor del campo magnético en la zona donde esté emplazado el sensor. El sensor magnético, que mide el campo magnético B según un eje, puede estar dispuesto para medir en la dirección de la componente predominante del campo magnético de la Tierra, de acuerdo con la latitud de la ubicación del sensor, o según otra dirección en la cual la componente del campo magnético terrestre sea también grande. La cadencia de las operaciones que realiza el controlador viene determinada por la frecuencia de una señal de reloj que se puede elegir de entre varias disponibles en función de la información aportada por los sensores, según se describe a continuación.

Cuando el aparato se pone en marcha, queda en un estado de espera en el que el sensor óptico se alimenta desde el controlador y drena muy poca corriente gracias al diseño de su circuito de interfaz; en cambio, el circuito de interfaz del sensor magnético, y por ende el sensor magnético, no recibe ninguna tensión de alimentación. El controlador funciona en un modo que no requiere ninguna señal de reloj, y del que sólo puede salir cuando hay una interrupción externa. Cuando la iluminación que detecta el sensor óptico es inferior a un valor predefinido Emin, la tensión de salida de su circuito de interfaz cambia suficientemente para que el controlador interprete dicho cambio en su entrada EI como una petición de que deje el estado de espera y proceda a medir el campo magnético. Para ello, el controlador pasa a funcionar con un reloj rápido, activa al sensor magnético, mide la salida o salidas de su circuito de interfaz y a partir de ellas calcula el valor del campo magnético Bm. Luego, el controlador compara este valor Bm con un valor de referencia Bref obtenido al medir en ausencia de vehículos, y si el cambio es mayor que un valor predeterminado Bv, se considera que hay un vehículo encima y se genera una señal que indique "presencia" (plaza ocupada). El campo magnético se puede seguir midiendo cada T1 segundos para comprobar si la diferencia entre el valor medido Bm y el valor de referencia Bref sigue siendo mayor que Bv. Cuando la diferencia entre Bm y Bref es menor que Bv, se considera que el vehículo ha salido, y en consecuencia se genera una señal de "ausencia" (plaza libre), se deja de alimentar al circuito del sensor magnético, y se vuelve al estado de espera. El tiempo T1 se puede elegir según la tasa de ocupación y de entrada y salida de vehículos en la zona. Para zonas con alta ocupación y escasa movilidad, por ejemplo, T1 puede ser más largo.

Si inmediatamente después de que el sensor óptico detecte una baja iluminación, la diferencia entre el valor del campo magnético medido Bm y el valor del campo magnético de referencia Bref es inferior al valor Bv, no se emite señal de presencia de vehículo (plaza ocupada) y se entra en una rutina diferente de aquella seguida cuando se ha detectado un cambio mayor que Bv. Se considera que la sombra no es fruto de la presencia de un vehículo sobre el sensor sino que se debe a otras causas (ha oscurecido y no hay luz artificial, hay un objeto sobre el sensor, un coche cercano proyecta una sombra densa, etc.). En esta otra rutina, cada T2 segundos mide el valor de la iluminación, a partir de la señal conectada a su entrada EA, y el valor del campo magnético tal como se ha medido antes. Si en alguna de estas mediciones periódicas la diferencia entre el valor Bm del campo magnético medido y el valor de referencia Bref es mayor que Bv, se genera una señal de "presencia" y se sigue midiendo hasta que o bien la diferencia es menor que Bv, o bien la iluminación medida es mayor que Emin. En ambos casos se genera una señal de "ausencia" y se pasa al estado de espera. Si en algún momento la diferencia entre Bm y Bref es mayor que Bv cuando la iluminación es mayor que Emin, se genera una señal de alarma, tanto si previamente ha habido alguna detección de presencia como si no la ha habido.

De la exposición anterior se deduce que el sensor óptico siempre está activado: mientras no hay ningún vehículo sobre el detector, el sensor de iluminación está activado continuamente para poder detectar una reducción brusca de la iluminación; si hay vehículo, el sensor de iluminación sigue activo para poder detectar la salida del vehículo, y

5 el sensor magnético comprueba periódicamente que el vehículo sigue presente. Cuando se duda sobre la presencia de un vehículo porque el sensor de iluminación detecta oscuridad pero el sensor magnético no detecta una anomalía magnética, el sensor óptico está activado continuamente, para detectar si desaparece la causa que provoca la oscuridad, mientras que el valor de la iluminación y el campo magnético se miden periódicamente. Cuando la iluminación es alta pero el sensor de campo magnético detecta una anomalía magnética significativa, se emite una alarma.

10 Para reducir el consumo de energía, cuando el controlador digital cambia de estado elige la frecuencia de reloj más adecuada para las tareas que deberá realizar en ese nuevo estado. Así, por ejemplo, en estado de espera de una interrupción en EI, todos los osciladores de reloj están parados; en los intervalos entre las mediciones de B, se elige un reloj de baja frecuencia, mientras que para la medición de B y la comunicación de señales se elige un reloj de alta frecuencia. También para reducir el consumo de energía, los circuitos de interfaz del sensor óptico y del sensor magnético no incluyen ningún componente electrónico activo. Si el detector no se va a usar durante una temporada, se puede dejar el transceptor o módem en estado de espera, y se pueden deshabilitar todos los periféricos internos del controlador, osciladores, convertidor analógico-digital, etc., e incluso se puede desactivar el sensor óptico porque no está directamente conectado a la fuente de alimentación del detector sino a un terminal del controlador, cuya tensión se puede programar.

20 El valor de referencia B_{ref} se obtiene midiendo el campo magnético en la ubicación que tendrá el sensor, en ausencia de vehículos y de objetos ferromagnéticos próximos. La medición se puede hacer con un magnetómetro o con el propio sensor magnético del aparato, en cuyo caso se puede ir actualizando periódicamente. Esta actualización debe realizarse en ausencia de vehículos.

25 **Breve descripción de los dibujos**

Se describe a continuación una realización preferente de la invención de acuerdo con las figuras que acompañan, en las cuales:

30 La figura 1 presenta el esquema de bloques del detector continuo de presencia de vehículos.

La figura 2 presenta una realización preferente de la invención.

35 La figura 3 presenta los resultados de dos experimentos sobre el cambio en la iluminación que recibe el sensor óptico dispuesto en el suelo, al aire libre durante el día.

La figura 4 presenta los resultados de dos experimentos sobre el cambio en la iluminación que recibe el sensor óptico dispuesto en el suelo, al aire libre durante la noche, en un aparcamiento iluminado.

40 La figura 5 presenta los resultados de tres experimentos con tres modelos de vehículos distintos cuando entran y salen de una plaza de aparcamiento al aire libre y el detector está en el centro de la plaza.

Descripción de una realización preferente

45 La figura 1 muestra un sensor óptico pasivo (101) y un sensor magnético (102) conectados a un microcontrolador (103) que a su vez está conectado a un transceptor inalámbrico (104). El microcontrolador incluye un convertidor analógico-digital. La fuente de alimentación (105) está conectada al microcontrolador y al transceptor, pero no a los sensores ni a sus circuitos de interfaz. Dichos sensores y circuitos de interfaz sólo son alimentados, cuando es necesario, por el propio microcontrolador.

50 Para obtener una mayor eficiencia energética, y así aumentar la autonomía del aparato cuando se alimenta con baterías, hay que utilizar sensores cuyas interfaces electrónicas sean de muy bajo consumo, un controlador digital y un transceptor cuyos consumos en estado de baja actividad sea muy pequeño, elegir una tensión de alimentación pequeña (3 V por ejemplo) y gestionarla para que en cada momento sólo estén alimentados los elementos que deben estar necesariamente activos. La figura 2 muestra una realización preferente del aparato en la que el sensor óptico pasivo es un sensor de luz resistivo (LDR, *Light Dependent Resistor*), y su circuito de interfaz es un divisor de tensión donde el resistor R_s se elige de un valor elevado para que cuando la LDR esté iluminada, y por lo tanto su resistencia tenga un valor bajo, el consumo de corriente sea muy pequeño. Con $R_s = 920 \text{ k}\Omega$, por ejemplo, si el microcontrolador está alimentado a 3 V, la corriente en la LDR a la luz del día es del orden de 3 microamperios. La salida del divisor de tensión está conectada a una entrada analógica (P2.0 actúa como EA) del microcontrolador y a una entrada de interrupciones externas (P2.1 actúa como EI). La tensión aplicada al divisor de tensión es la de la salida P2.2 del microcontrolador. Una LDR que cumple las condiciones necesarias es la NORPS-12 fabricada por Silonex, de Montreal (Quebec, Canadá), y un microcontrolador adecuado puede ser el MSP430F2274 fabricado por Texas Instruments, de Dallas (Texas, Estados Unidos), que tiene un convertidor analógico-digital integrado y cinco modos de funcionamiento de bajo consumo, uno de los cuales (el LPM4) tiene un consumo de sólo 0,1 microamperios.

El sensor magnético es un puente de magnetorresistores y su circuito de interfaz es un condensador C y un resistor Rp, tal como describen E. Sifuentes, O. Casas, F. Reverter y R. Pallàs Areny en Direct interface circuit to linearise resistive sensor bridges, *Sensors and Actuators A*, Vol. 147 (2008), 210-215. En esta interfaz, el puente tiene un nodo de entrada y tres nodos de salida; el nodo de entrada está conectado a un puerto de salida del microcontrolador (el P1.1 en la figura 2) y a un condensador C cuyo otro terminal está conectado a masa, mientras que cada salida está conectada a una entrada distinta del microcontrolador (P2.3, P3.7 y P3.6); el proceso de medición consiste en cargar (sucesivas veces) el condensador C mediante la tensión de la salida (P1.1) del controlador, puesta a nivel alto, y descargar luego dicho condensador a través del puente de resistencias, utilizando cada vez un camino distinto, que queda determinado configurando dos puertos diferentes del microcontrolador como entradas en estado de alta impedancia y el tercer puerto como salida con nivel 0. Un sensor magnético adecuado es el AAH002 de NVE Corporation de Eden Prairie (Minnesota, Estados Unidos). Eligiendo C de 1 microfaradio y Rp de 120 Ω , se obtienen tiempos de medida del orden de milisegundos, que son suficientes para detectar vehículos estacionados o que se muevan lentamente.

En esta realización preferente, el transceptor es inalámbrico, por lo cual está conectado a una antena. Un transceptor que tiene un estado de espera de bajo consumo (1 microamperio) es el ETRX2 de Telegesis, de High Wycombe (Bucks HP10 9QQ, Reino Unido). La fuente de alimentación consta de una pila y de un regulador de tensión de 3 V. Un regulador de tensión de bajo consumo y salida de 3 V es el TS9011 de Taiwan Semiconductor Company. Una pila adecuada puede ser la TL-5135 de Tadiran Batteries, de Kiryat Ekron (Israel), u otra de alta capacidad y pequeño volumen.

Para obtener una buena detección de presencia o ausencia de un vehículo en una zona concreta, hay que conocer por una parte el nivel de iluminación en el suelo, en la posición del sensor, cuando hay un vehículo encima suyo y para distintas condiciones de iluminación del entorno: luz natural o artificial, y por otra la dirección predominante del campo magnético de la Tierra en dicha zona, u otra dirección donde la componente del campo magnético sea importante, y la anomalía magnética que produce un vehículo aparcado sobre el aparato. En términos generales, hacia el Ecuador predominará la componente horizontal y hacia los Polos predominará la componente vertical, y para una latitud de 45°, ambas componentes serán similares.

La figura 3 presenta los resultados de dos experimentos sobre el cambio en la iluminación que recibe el sensor óptico dispuesto en el suelo, al aire libre y en un día claro (27 de febrero de 2009, 12.30 h), cuando había un vehículo sobre él. En uno de los experimentos el sensor óptico estaba al descubierto y en el otro estaba protegido con una cubierta de plástico transparente, que serán la condición de utilización normal. En ambos experimentos, la iluminación se reduce en un factor del orden de 1000, con lo cual la detección es segura. La presencia de una cubierta protectora reduce la iluminación sólo en un factor del orden de 5, con lo cual el ensuciamiento de la cubierta no provocará necesariamente un fallo. Pero nunca hay garantía de que la reducción de la iluminación haya sido causada por un vehículo, y de ahí el interés de medir la anomalía magnética.

La figura 4 muestra dos experimentos durante la noche, en la misma zona que los experimentos de la figura 3, que estaba iluminada artificialmente según la práctica común en aparcamientos al aire libre, y que estaba alejada de la luminaria. El nivel de iluminación en ausencia de vehículo sobre el sensor es muy bajo, por lo que puede convenir que el valor de iluminación mínimo Emin a partir del cual se active el sensor magnético se vaya adaptando a la iluminación ambiente, medida por ejemplo a través del convertidor analógico-digital del microcontrolador. Pero, en cualquier caso, el experimento muestra que cuando hay un vehículo la iluminación se sigue reduciendo mucho, por un factor del orden de 40. No obstante, incluso la sombra de una persona que pasa cerca del sensor puede reducir la iluminación tanto como lo hace un vehículo, según muestran los cambios transitorios breves indicados con "B" en la figura 4, y de aquí el interés de la detección de la anomalía magnética.

La figura 5 muestra tres experimentos en los que se ha medido la anomalía magnética en la dirección vertical (en Castelldefels, Barcelona, España) mediante el sensor magnético de la figura 2 dispuesto en el centro de la zona controlada, cuando un vehículo de dos ejes entraba en la zona, permanecía en ella unos 10 segundos y la abandonaba. Cada experimento se realizó con un vehículo distinto. Se observa que la anomalía magnética es distinta para cada modelo de vehículo, pero el patrón del cambio es similar: hay dos picos grandes que corresponden a los dos ejes (y al motor, que estará sobre uno de ellos) y un cambio menor que corresponde a la zona central del vehículo. Además, se aprecia que el patrón de variación es distinto al que se obtiene con sensores magnéticos alejados del vehículo, que tal como muestran por ejemplo Moon Ho Kang et. en Experimental study of a vehicle detector with an AMR sensor, *Sensors and Actuators A*, 118 (2005), pp. 278-284, consiste en una sola transición, unipolar o bipolar según la dirección en la que se mida la anomalía magnética. La ubicación del sensor magnético en el suelo de la zona que se desea controlar permite, pues, apreciar más detalles de la anomalía magnética que un sensor magnético más alejado. El resultado de estos experimentos permite seleccionar un valor de anomalía Bv = 5 microteslas para poder detectar siempre un vehículo. No obstante, un objeto ferromagnético mucho más pequeño pero mucho más próximo al sensor, puede producir también una anomalía magnética de valor similar. De ahí el interés adicional de mantener siempre activado el sensor de iluminación, porque un objeto pequeño cercano al sensor sólo reducirá la iluminación cuando esté justo encima del detector. Por otra parte, dado que la anomalía magnética de un vehículo raramente excederá de 50 microteslas, se puede programar el microcontrolador para que ante tal eventualidad no considere que haya vehículo presente alguno.

Sumario

5 En esta Patente de Invención se describen un método y un aparato para detectar vehículos mediante un sensor de
iluminación y un sensor magnético instalados en el suelo de la zona donde se desea conocer la presencia o
ausencia de un vehículo, y conectados a un controlador digital. Cuando el sensor de iluminación detecta que hay
sombra, se activa un sensor magnetorresistivo que mide el campo magnético, y si su variación respecto a cuando no
hay vehículo supera un cierto umbral predefinido, el controlador considera que hay un vehículo sobre el detector y lo
10 comunica mediante un transceptor, que puede ser inalámbrico. Si la variación de campo magnético no supera el
umbral predefinido, se considera que la causa de la sombra no es un vehículo y el sensor magnético mide
periódicamente hasta que o bien se detecte una variación suficientemente grande, o bien aumente la iluminación. Si
la iluminación es alta y la variación del campo magnético supera el umbral predefinido, se da una señal de alarma.
Los dos sensores sólo están conectados al controlador, no a ninguna fuente de alimentación, y sus conexiones son
15 mediante circuitos de interfaz que no incluyen ningún componente activo, lo cual reduce la corriente consumida
cuando los sensores están activados. El sensor de iluminación está en un circuito de alta impedancia que drena
menos de 3 microamperios, con lo cual puede estar activado continuamente sin afectar apenas al consumo del
detector.

20 Una vez descrita suficientemente la invención, así como una realización preferente, sólo debe añadirse que es
posible modificar su constitución y los materiales empleados sin apartarse de su alcance, definido en las siguientes
reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para la detección continua de la presencia de un vehículo estático en una zona predeterminada, caracterizado porque se realiza desde el suelo y utiliza un doble principio de medida basado en un sensor óptico pasivo y en un sensor de campo magnético, donde:
- dicho sensor óptico pasivo y dicho sensor de campo magnético están conectados a un controlador digital, desde el cual son activados y alimentados;
 - 10 - en un estado de espera, dicho controlador digital permanece en un estado de bajo consumo y alimenta dicho sensor óptico pasivo, mientras que dicho sensor de campo magnético no recibe ninguna alimentación;
 - en dicho estado de espera, dicho sensor óptico pasivo detecta el nivel de iluminación y, cuando dicho nivel de iluminación detectado es inferior a un valor predefinido, despierta a dicho controlador digital de su estado de bajo consumo y este último activa y alimenta a dicho sensor de campo magnético para que confirme la presencia de un vehículo mediante la detección y la cuantificación de una anomalía magnética en una dirección en la cual el campo magnético de la Tierra es grande de acuerdo con la latitud de la zona donde se usa.
 - 15
- 20 2. Método según la reivindicación 1, donde:
- en dicho estado de espera, dicho controlador digital funciona en un modo que no requiere ninguna señal de reloj y del cual sale cuando recibe una interrupción externa desde dicho sensor óptico pasivo cuando el nivel de iluminación detectado es inferior al valor predefinido;
 - 25 - al recibir dicha interrupción externa, dicho controlador digital pasa a funcionar con un reloj, activa y alimenta a dicho sensor de campo magnético, obtiene de dicho sensor de campo magnético un valor del campo magnético y deduce un cambio en el campo magnético con respecto a un valor de referencia del campo magnético obtenido en ausencia de vehículo;
 - 30 - si el cambio en el campo magnético es mayor que un valor predeterminado, el controlador digital genera una señal que indica la presencia de un vehículo y obtiene periódicamente de dicho sensor de campo magnético nuevos valores del campo magnético;
 - 35 - cuando, después de haber generado dicha señal que indica la presencia de un vehículo, el cambio en el campo magnético se torna inferior al valor predeterminado, dicho controlador digital genera una señal de ausencia de vehículo y vuelve a dicho estado de espera.
- 40 3. Método según la reivindicación 2, donde:
- si inmediatamente después de que dicho controlador digital haya recibido dicha interrupción externa, porque el nivel de iluminación detectado por dicho sensor óptico pasivo es inferior al valor predefinido, el cambio en el campo magnético es inferior al valor predeterminado, dicho controlador digital obtiene periódicamente un valor del nivel de iluminación detectado por dicho sensor óptico pasivo y un valor del campo magnético proporcionado por dicho sensor de campo magnético;
 - 45 - si el cambio en el campo magnético es superior al valor predeterminado, el controlador digital genera una señal que indica la presencia de un vehículo y sigue obteniendo periódicamente un valor del nivel de iluminación detectado por dicho sensor óptico pasivo y un valor del campo magnético proporcionado por dicho sensor de campo magnético;
 - 50 - si el cambio en el campo magnético es inferior al valor predeterminado, o el nivel de iluminación detectado no es inferior al valor predefinido, dicho controlador digital genera una señal que indica la ausencia de un vehículo y vuelve a dicho estado de espera;
 - 55 - en todo momento, si el cambio en el campo magnético es mayor que el valor predeterminado y el nivel de iluminación detectado no es inferior al valor predefinido, el controlador digital genera una señal de alarma.
- 60 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde los modos de funcionamiento y la frecuencia de reloj de dicho controlador digital cambian de forma dinámica en función de las señales obtenidas de dicho sensor óptico pasivo y dicho sensor de campo magnético.
- 65 5. Aparato adaptado para realizar el método según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende un controlador digital, un sensor óptico pasivo para detectar un nivel de iluminación y un sensor de campo magnético para detectar y cuantificar una anomalía magnética en una dirección en la cual el campo magnético de la Tierra es grande de acuerdo con la latitud de la zona donde se usa, dicho sensor óptico pasivo y dicho sensor de campo

magnético siendo activados y alimentados desde dicho controlador digital, y porque dicho controlador digital está configurado para realizar las acciones siguientes:

- 5
- en un estado de espera, permanecer en un estado de bajo consumo y alimentar dicho sensor óptico pasivo, sin suministrar ninguna alimentación a dicho sensor de campo magnético;
- 10
- en dicho estado de espera, ser despertado de su estado de bajo consumo por dicho sensor óptico pasivo cuando este último detecta un nivel de iluminación inferior a un valor predefinido, y activar y alimentar a dicho sensor de campo magnético para que confirme la presencia de un vehículo mediante la detección y la cuantificación de una anomalía magnética en una dirección en la cual el campo magnético de la Tierra es grande de acuerdo con la latitud de la zona donde se usa.

6. Aparato según la reivindicación 5, donde dicho controlador digital está configurado para realizar además las acciones siguientes:

- 15
- en dicho estado de espera, funcionar en un modo que no requiere ninguna señal de reloj y salir de éste cuando recibe una interrupción externa desde dicho sensor óptico pasivo cuando el nivel de iluminación detectado es inferior al valor predeterminado;
- 20
- al recibir dicha interrupción externa, pasar a funcionar con un reloj, activar y alimentar a dicho sensor de campo magnético, obtener de dicho sensor de campo magnético un valor del campo magnético y deducir un cambio en el campo magnético con respecto a un valor de referencia del campo magnético obtenido en ausencia de vehículo;
- 25
- si el cambio en el campo magnético es mayor que un valor predeterminado, generar una señal que indica la presencia de un vehículo y obtener periódicamente de dicho sensor de campo magnético nuevos valores del campo magnético;
- 30
- cuando, después de haber generado dicha señal que indica la presencia de un vehículo, el cambio en el campo magnético se torna inferior al valor predeterminado, generar una señal de ausencia de vehículo y volver a dicho estado de espera.

7. Aparato según la reivindicación 6, donde dicho controlador digital está configurado para realizar además las acciones siguientes:

- 35
- si inmediatamente después de haber recibido dicha interrupción externa, porque el nivel de iluminación detectado por dicho sensor óptico pasivo es inferior al valor predefinido, el cambio en el campo magnético es inferior al valor predeterminado, obtener periódicamente un valor del nivel de iluminación detectado por dicho sensor óptico pasivo y un valor del campo magnético proporcionado por dicho sensor de campo magnético;
- 40
- si el cambio en el campo magnético es superior al valor predeterminado, generar una señal que indica la presencia de un vehículo y seguir obteniendo periódicamente un valor del nivel de iluminación detectado por dicho sensor óptico pasivo y un valor del campo magnético proporcionado por dicho sensor de campo magnético;
- 45
- si el cambio en el campo magnético es inferior al valor predeterminado, o el nivel de iluminación detectado no es inferior al valor predefinido, generar una señal que indica la ausencia de un vehículo y volver a dicho estado de espera;
- 50
- en todo momento, si el cambio en el campo magnético es mayor que el valor predeterminado y el nivel de iluminación detectado no es inferior al valor predefinido, generar una señal de alarma.

8. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde dicho controlador digital está configurado de manera que cambia de forma dinámica sus modos de funcionamiento y la frecuencia de reloj en función de las señales obtenidas de dicho sensor óptico pasivo y dicho sensor de campo magnético.

9. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, donde dicho sensor óptico pasivo es un sensor de iluminación resistivo LDR (*Light-Dependent Resistor*) y dicho sensor de campo magnético es un puente de magnetorresistencias.

10. Aparato según la reivindicación 9, donde el circuito de interfaz para dicho sensor de iluminación resistivo LDR es un divisor de tensión alimentado desde una salida de dicho controlador digital, a la vez que la salida de dicho divisor de tensión se conecta directa y simultáneamente a una entrada de interrupciones externas y a la entrada de un convertidor analógico-digital del mismo controlador digital.

11. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 10, donde dicho sensor de campo magnético se conecta

directamente a puertos digitales de entrada y salida de dicho controlador digital, sin que ningún componente electrónico activo medie entre dicho sensor de campo magnético y dicho controlador digital.

Figura 1

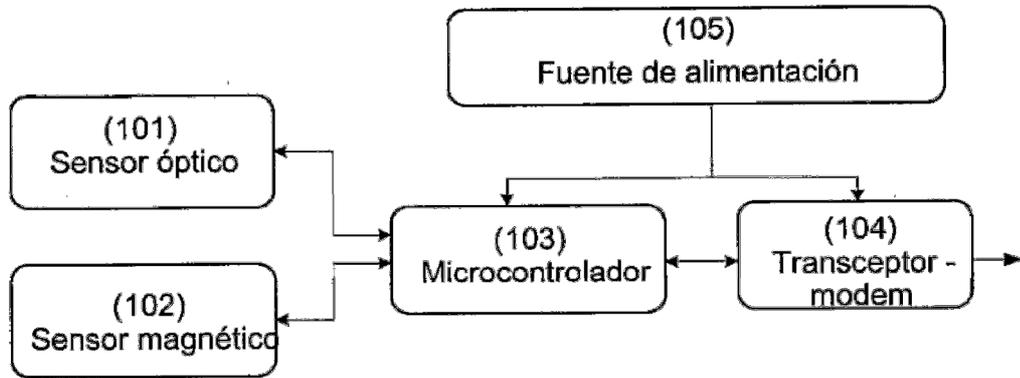


Figura 2

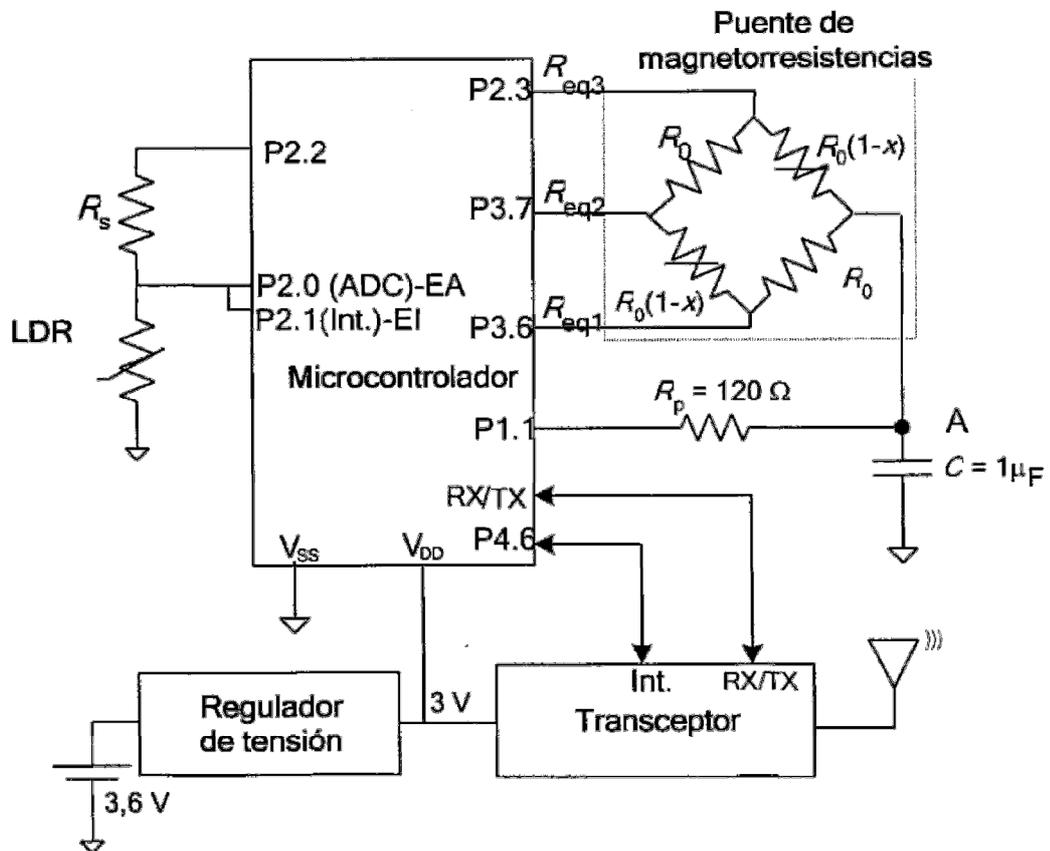


Figura 3

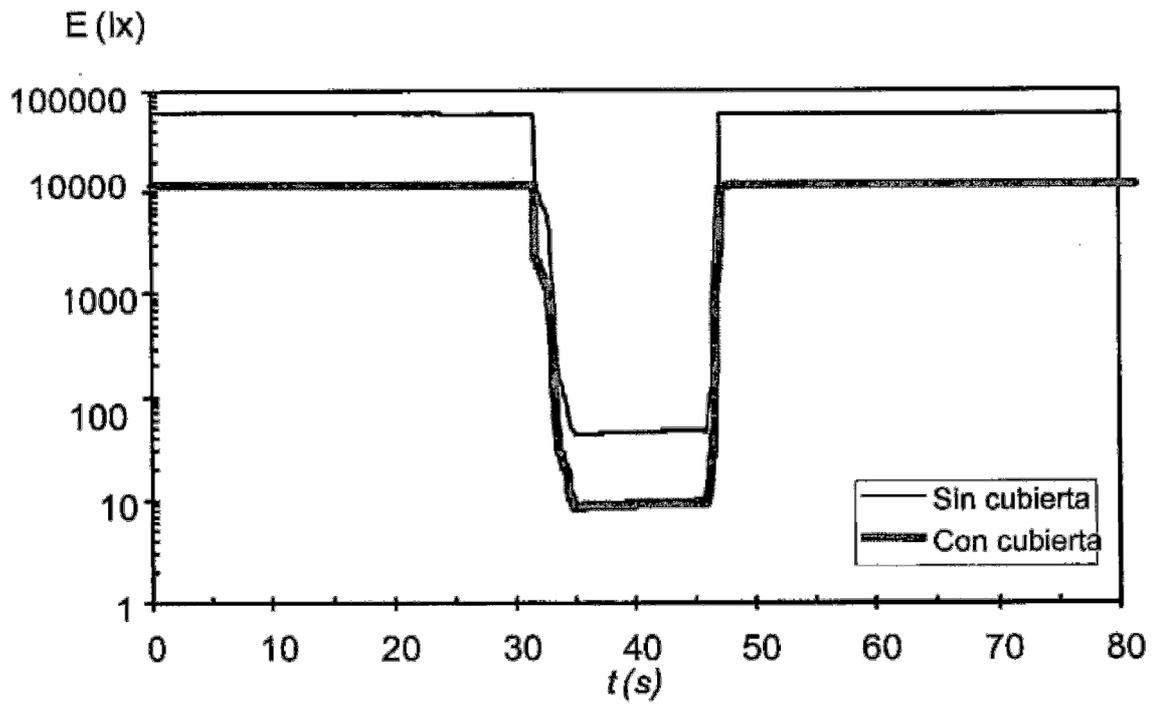
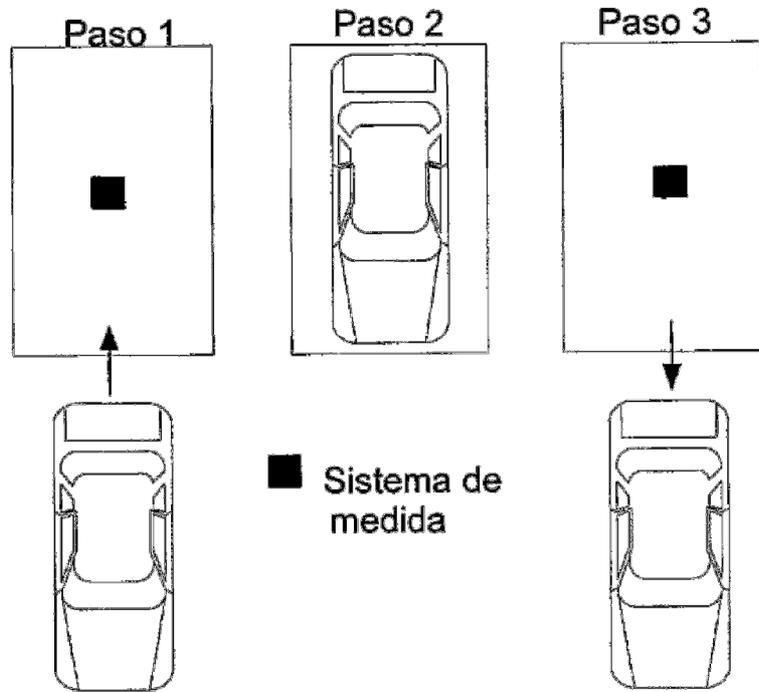
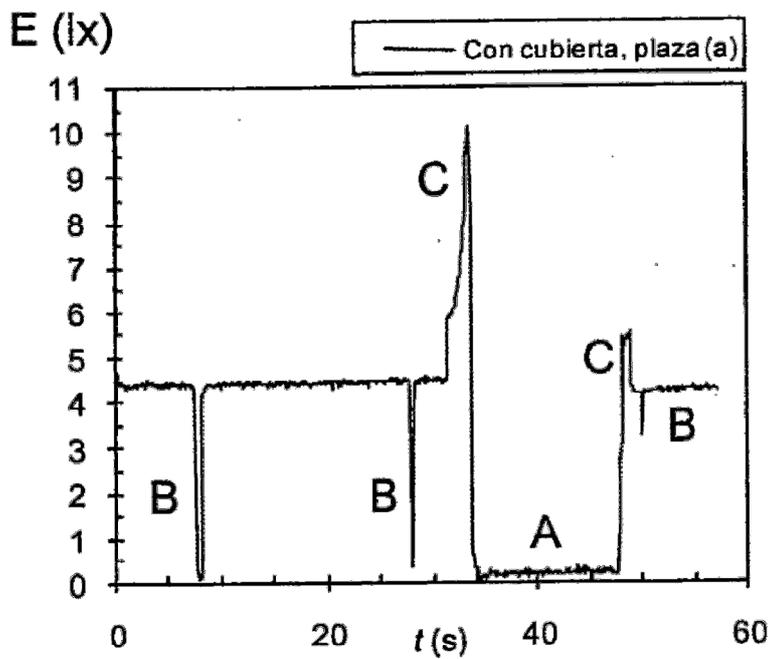
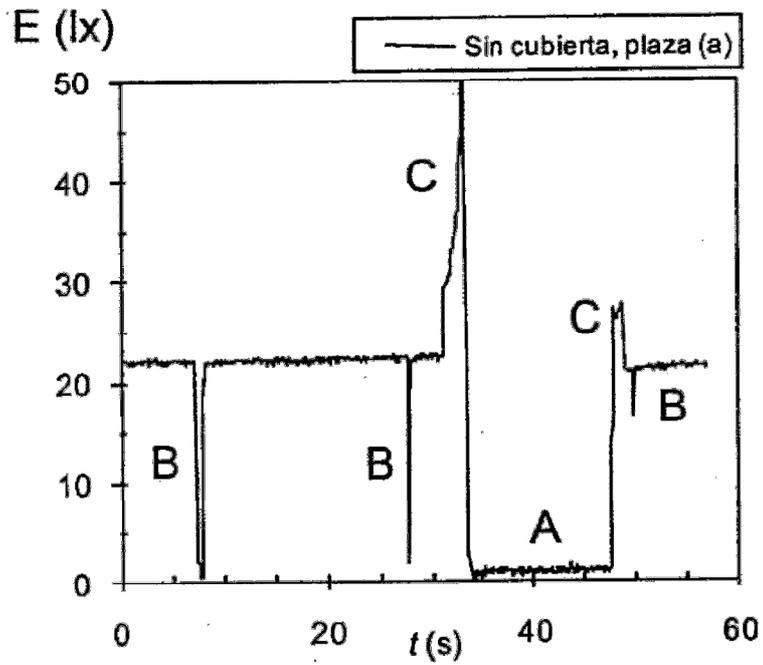
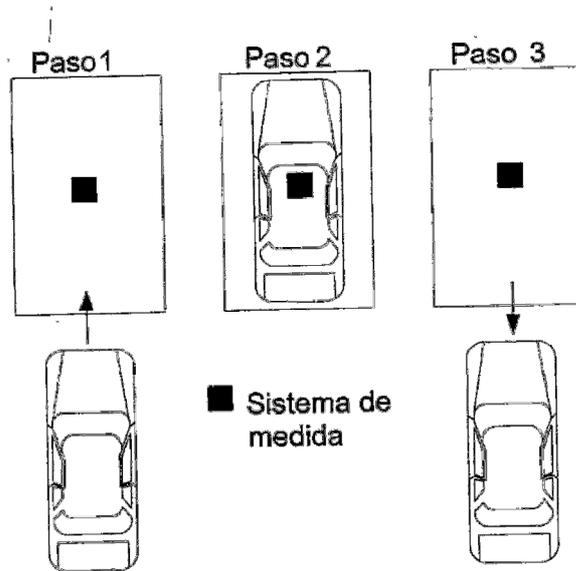


Figura 4



(A) Sombra del vehículo. (B) Sombra de una persona. (C) Luz del vehículo

Figura 5



ΔB_z (μT)

