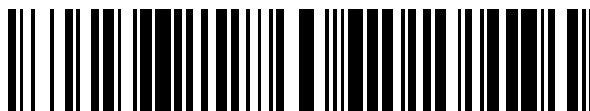


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 765 629**

51 Int. Cl.:

A01K 15/00 (2006.01)

G08B 23/00 (2006.01)

A01K 27/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.07.2009 PCT/AU2009/000943**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.01.2010 WO10009509**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.07.2009 E 09799867 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2019 EP 2312940**

54 Título: **Un dispositivo de control, y método, para controlar la ubicación de un animal**

30 Prioridad:

25.07.2008 AU 2008903820

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

10.06.2020

73 Titular/es:

**COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL
RESEARCH ORGANISATION (100.0%)
Limestone Avenue
Campbell, Australian Capital Territory 2612, AU**

72 Inventor/es:

**LEE, CAROLINE;
REED, MATTHEW;
WARK, TIM;
CROSSMAN, CHRISTOPHER y
VALENCIA, PHILIP**

74 Agente/Representante:

**INGENIAS CREACIONES, SIGNOS E
INVENCIONES, SLP**

ES 2 765 629 T3

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

DESCRIPCIÓN

Un dispositivo de control, y método, para controlar la ubicación de un animal

5 Campo técnico

La presente invención proporciona un dispositivo de control, y método, para controlar la ubicación de un animal. La presente invención se refiere particularmente al vallado virtual de un animal o un rebaño de animales.

10 Antecedentes de la técnica

Controles de vallado convencionales para controlar ganado están perdiendo popularidad debido esencialmente al coste de instalación y mantenimiento, postes y tensores junto con a menudo cientos de kilómetros de alambre de espino (o eléctrico). Inundaciones repentinas, más frecuentes con el cambio de condiciones climáticas, a menudo arrasas grandes secciones de vallado. Además, las vallas convencionales están fijas espacialmente, lo que limita una gestión flexible dinámica de rebaños de animales o tierra.

El vallado virtual es una tecnología más reciente diseñada para superar las desventajas del vallado convencional. Se están probando dispositivos de vallado virtual en diversas formas que incluyen dispositivos de dogal de collar, que incorporan receptores de GPS para localizar la posición de un animal junto con un dispositivo de emisión de estímulos para distribuir un estímulo al animal cuando está en proximidad de una línea de valla virtual. Sin embargo, muchos de tales dispositivos no tienen en cuenta el comportamiento o bienestar del animal. Ciertos de tales dispositivos pueden tener el efecto opuesto pretendido, de conducir a un animal a un área vallada virtualmente.

Dispositivos de control de localización de animales de la técnica anterior y métodos se conocen de los documentos: US20060011145-A1, US20050000469-A1, US20050034683-A1, WO2006007643-A1, US6232880-B1 y US20020046713-A1.

Cualquier descripción de documentos, actos, materiales, dispositivos, artículos o similar que se ha incluido en la presente memoria descriptiva es solamente para el propósito de proporcionar un contexto para la presente invención. No tiene que tomarse como una admisión que cualquiera o todos de estos objetos forman parte de la base de técnica anterior o eran conocimiento general común en el campo pertinente a la presente invención como existía antes de la fecha de prioridad de cada reivindicación de esta solicitud.

A lo largo de esta memoria descriptiva la palabra "comprender", o variaciones tales como "comprende" o "que comprende", se entenderán que implica la inclusión de un elemento indicado, elemento integrante o etapa, o grupo de elementos, elementos integrantes o etapas, pero no la exclusión de cualquier otro elemento, elemento integrante o etapa, o grupo de elementos, elementos integrantes o etapas.

40 Sumario de la invención

La presente invención proporciona un dispositivo de control para controlar la ubicación de un animal, de acuerdo con la reivindicación 1.

Un estímulo no aversivo se define como un estímulo que no se percibe de forma negativa por el animal. Es un estímulo que no es en sí ni doloroso, incómodo, estresante, desagradable, nocivo o cualquier otro atributo que provoca que el animal quiera evitarlo.

Puede proporcionarse un medio de detección de dirección de desplazamiento adicional para detectar, o refinar, la dirección de desplazamiento del animal y proporcionando una correspondiente señal de desplazamiento. El medio de detección de dirección de desplazamiento adicional puede comprender al menos un sensor de magnetismo terrestre, una brújula magnética, un receptor GPS adicional, una brújula electrónica, u otro sensor adecuado para detectar la dirección de desplazamiento del animal.

El objetivo puede ser un objetivo estático tal como, pero no limitado a un punto, una o más líneas, que tal una o más líneas pueden disponerse para formar una valla virtual fija. Opcionalmente el objetivo puede ser un objetivo dinámico, tal como, pero sin limitación una valla virtual cuyos límites se desplazan gradualmente para acomodar tierras de pastoreo rotacionales u otros propósitos. El objetivo dinámico puede ser un animal. El objetivo puede ser uno o más umbrales.

En una realización se determina la velocidad del animal en relación con el objetivo diferenciando datos de posición. Pueden utilizarse mediciones de Doppler derivadas de fase de portadora o mediciones de Doppler generadas por receptor. Opcionalmente, o además, el dispositivo de control puede comprender adicionalmente un acelerómetro, y/o un giroscopio, acoplado comunicativamente al procesador para detectar pequeños cambios en la velocidad del animal.

En una realización de este tipo el procesador puede ser operable para recibir señales de acelerómetro y proporcionar datos de posición actualizados para el dispositivo de control, para ajustar retardo o error del GPS para determinar con

más precisión la posición del animal.

5 El acelerómetro puede ser uno de un número de tipos de acelerómetro aceptables. Tales tipos incluyen, sin limitación, piezoeléctrico, capacitancia, equilibrio nulo, extensómetro, resonancia, piezorresistivo e inducción magnética. El acelerómetro puede tener múltiples ejes. En una realización que incluye un giroscopio, el giroscopio puede ser un giroscopio basado en MEMS. Se apreciará que tanto un acelerómetro como un sensor giroscópico inercial pueden incorporarse en un único sensor.

10 El dispositivo de control puede comprender adicionalmente un sensor de inclinación implementado mediante un sensor de inclinación de acelerómetro de dos ejes y/o un giroscopio de 3 ejes. El sensor de inclinación puede usarse adicionalmente para aumentar la precisión del dispositivo de control en determinar la dirección de desplazamiento del animal.

15 El dispositivo de control puede comprender adicionalmente una unidad de memoria para almacenar parámetros de comparación espacial y temporal, incluyendo tales parámetros información de objetivo que comprende:

20 datos de coordenadas representativos del objetivo,
un límite superior e inferior del intervalo de velocidad predeterminado en relación con el objetivo,
un límite superior e inferior de la orientación predeterminada del animal en relación con el objetivo,
una duración máxima de aplicación del estímulo no aversivo, y
una duración máxima de aplicación del estímulo.

25 El límite superior del intervalo de velocidad predeterminado se establece preferentemente a justo por debajo de la velocidad a la que el animal se considera que está en un estado de angustia. El límite inferior del intervalo de velocidad predeterminado se dicta preferentemente por la velocidad a la que el animal se considera que está pastando.

30 La unidad de memoria puede proporcionarse en forma de uno o más de una tarjeta de memoria, procesador o placa, u otra forma de almacenamiento de datos. Información de objetivo puede introducirse manualmente en la memoria por medio de, pero sin limitación, distribución de interfaz por cable o distribución de interfaz inalámbrica.

En una realización el dispositivo de control comprende además un transceptor en comunicación con el procesador y la unidad de memoria para recibir remotamente información de objetivo.

35 El procesador y memoria pueden combinarse en una única unidad, tal como un dispositivo informático portátil.

40 Datos variables que comprenden uno o más de la posición y velocidad a la que el animal se está moviendo en relación con el objetivo, la dirección de desplazamiento del animal en relación con el objetivo, la extensión de aplicación de un estímulo aversivo y no aversivo aplicado al animal como una función de tiempo, pueden procesarse a una frecuencia deseada y almacenarse en memoria.

En una realización en la que el dispositivo de control comprende un transceptor, datos variables pueden transmitirse inalámbricamente a una estación base.

45 La unidad de estímulos puede comprender una unidad de estímulos no aversivos y una unidad de estímulos aversivos separada. Preferentemente la unidad de estímulos no aversivos administra un estímulo no aversivo que comprende un tono que es audible para el animal. El tono puede o no ser audible para un humano. Opcionalmente, o además, la unidad de estímulos no aversivos puede administrar un estímulo vibratorio. Preferentemente la unidad de estímulos aversivos administra un estímulo eléctrico. La intensidad de cada estímulo que puede aplicarse a un animal es preferentemente variable.

50 La unidad de estímulos aversivos puede comprender dos o más electrodos para contacto eléctrico con la piel del animal.

55 En una realización en la que el procesador y memoria se combinan en una única unidad, tal como un dispositivo informático portátil, la unidad puede comprender un generador de sonido y la unidad de estímulos no aversivos puede comprender una unidad de amplificador y altavoz.

60 Preferentemente el dispositivo de control incluye adicionalmente una fuente de alimentación para alimentar el procesador. La fuente de alimentación puede ser en forma de un conjunto de baterías reemplazables. Opcionalmente la fuente de alimentación puede ser en forma de una batería recargable, recargable mediante medios solares, preferentemente células solares flexibles, o recargable usando la energía eléctrica potencial generada por el movimiento del animal. Puede usarse una batería piezoeléctrica, implantada de una manera apropiada que permitiría que un músculo grande actúe sobre el elemento piezoeléctrico, convirtiendo de este modo la energía mecánica en energía eléctrica para proporcionar una recarga a la batería. Opcionalmente puede acoplarse un generador a una o más articulaciones del animal para convertir la energía asociada con el movimiento de la articulación o articulaciones en correspondiente energía eléctrica.

El procesador puede ser en forma de un FPGA.

5 El dispositivo de control puede comprender adicionalmente un receptor DGPS acoplado con el procesador para recibir señales de GPS diferenciales.

10 El dispositivo de control puede comprender adicionalmente un dispositivo de medición de ángulo de la cabeza acoplado con el procesador para medir el ángulo de la cabeza del animal en relación con una posición de referencia y/u orientación.

El dispositivo de control se adapta preferentemente para ajustarse a un animal. El dispositivo de control puede usarse externamente por un animal y montado en, o incorporado en, un collar o marca de oreja u otro artículo para la cabeza. Opcionalmente el dispositivo de control puede implantarse en el animal.

15 En una realización, la aplicación del estímulo aversivo al animal puede seguir inmediatamente a la eliminación del estímulo no aversivo.

20 En una realización, el procesador puede ser adicionalmente programable de tal forma que con la condición de que ha transcurrido un tiempo predeterminado, se genera la señal que es indicativa de eliminar primero el estímulo no aversivo seguido por la aplicación de un estímulo aversivo al animal. El estímulo aversivo se aplica preferentemente durante una duración establecida.

25 El procesador ejecuta preferentemente software para determinar cuándo aplicar un estímulo no aversivo, cuándo eliminar el estímulo no aversivo y cuándo seguir la eliminación del estímulo no aversivo con un estímulo aversivo. El software puede ser ejecutable adicionalmente para determinar a qué intensidad aplicar el estímulo.

La presente invención adicionalmente proporciona un método para controlar la ubicación de un animal, de acuerdo con la reivindicación 9.

30 El método puede comprender adicionalmente generar una señal representativa de aplicación de un estímulo no aversivo. Aplicar un estímulo no aversivo al animal puede comprender emitir un tono audible.

35 El método puede comprender adicionalmente generar una señal representativa de eliminación de la aplicación del estímulo no aversivo.

El método puede comprender adicionalmente generar una señal representativa de eliminar primero el estímulo no aversivo y segundo aplicar un estímulo aversivo al animal. Aplicar un estímulo aversivo al animal puede comprender aplicar un estímulo eléctrico.

40 El método puede comprender adicionalmente recibir información de posición representativa de la posición de un animal.

45 El método puede comprender adicionalmente recibir información de dirección de desplazamiento representativa de la orientación del animal para determinar la orientación del animal basándose en la información de dirección de desplazamiento recibida.

50 El método puede comprender adicionalmente determinar la posición del animal en relación con un objetivo basándose en la información de posición recibida y determinar la velocidad del animal en relación con el objetivo. El método puede comprender adicionalmente diferenciar información de posición para obtener la velocidad del animal.

El método puede comprender adicionalmente recibir datos de acelerómetro y procesar los datos de acelerómetro e información de posición para refinar la información de posición.

55 El método puede comprender adicionalmente almacenar parámetros que incluyen uno o más de: información de objetivo que comprende datos de coordenadas representativas del objetivo, límites superior e inferior del intervalo de velocidad predeterminado, límites superior e inferior de la orientación predeterminada del animal en relación con el objetivo, una duración máxima de aplicación del estímulo no aversivo y una duración máxima de aplicación del estímulo.

60 El método puede comprender adicionalmente recibir inalámbricamente parámetros de comparación que incluyen uno o más de: información de objetivo que comprende datos de coordenadas representativas del objetivo, límites superior e inferior del intervalo de velocidad predeterminado, límites superior e inferior de la orientación predeterminada del animal en relación con el objetivo, una duración máxima de aplicación del estímulo no aversivo y una duración máxima de aplicación del estímulo.

65 El método puede comprender adicionalmente transmitir inalámbricamente datos variables que comprenden uno o más

de la posición y velocidad a la que el animal se está moviendo en relación con el objetivo, la dirección de desplazamiento del animal en relación con el objetivo, la extensión de aplicación de un estímulo aversivo y no aversivo aplicado al animal como una función de tiempo, pueden procesarse a una frecuencia de menos de 2 Hz o aproximadamente 2 Hz y almacenados en memoria.

5 El método puede comprender adicionalmente ejecutar software para determinar cuándo aplicar un estímulo no aversivo, cuándo eliminar el estímulo no aversivo y cuándo seguir la eliminación del estímulo no aversivo con un estímulo aversivo. El método puede comprender adicionalmente ejecutar software para determinar a qué intensidad aplicar el estímulo.

10 La presente divulgación proporciona adicionalmente un programa de software para controlar la ubicación de un animal, en el que el programa de software es ejecutable por un procesador que opera para determinar de forma continua la posición, velocidad y una dirección de desplazamiento de un animal en relación con un objetivo, comprendiendo el programa de software:

15 código para aplicar un estímulo no aversivo si la posición del animal en relación con un objetivo es menor que una distancia predeterminada y la velocidad del animal en relación con el objetivo está dentro de un intervalo predeterminado y la dirección de desplazamiento del animal está dentro de una orientación predeterminada en relación con el objetivo; y

20 código para eliminar selectivamente el estímulo no aversivo cuando o bien la velocidad del animal en relación con el objetivo está fuera del intervalo predeterminado, o bien la dirección de desplazamiento del animal está fuera de la orientación predeterminada o bien la dirección de desplazamiento del animal cambia por más de una cantidad predeterminada, de lo contrario eliminar primero el estímulo no aversivo y segundo aplicar un estímulo aversivo al animal.

25 **Breve descripción de los dibujos**

Se describirá ahora un ejemplo de la invención con referencia los dibujos adjuntos, en los que:

30 La Figura 1 es un diagrama de bloques de los componentes de un dispositivo de control para el vallado virtual de un animal; y
La Figura 2 es un diagrama de flujo que muestra las etapas realizadas en una implementación particular.

35 **Mejores modos de la invención**

Haciendo referencia primero a la Figura 1, se ilustra un diagrama esquemático de los componentes de un dispositivo de control 10. Los componentes del dispositivo de control 10 se montan de forma segura a un collar (no mostrado) para ser llevado por un animal.

40 El dispositivo de control 10 incluye un receptor GPS 20 para recibir señales de GPS desde satélites GPS (no mostrados) que transmiten continuamente señales de datos. Se proporciona un dispositivo informático portátil 22 que tiene un procesador de 206 MHz 24 que procesa las señales de GPS recibidas para proporcionar información de ubicación representativa de la ubicación del animal, 64 MB de RAM y una memoria de 128 MB 26 adicional. Todos los datos se procesan y escriben en la memoria 26 a una frecuencia de 2 Hz. La memoria 26 almacena una estructura de
45 datos que contiene una diversidad de parámetros que incluyen las coordenadas representativas de un objetivo. En este ejemplo el objetivo es una valla virtual estática definida por un polígono de cuatro lados. Las coordenadas (latitud y longitud) del polígono se almacenan en la estructura de datos.

50 Mientras que las coordenadas de valla virtual pueden introducirse y/o modificarse a través de la interfaz de usuario (no mostrada) del dispositivo informático portátil, más preferentemente las coordenadas de la valla virtual se transmiten inalámbricamente desde una estación base (o central). Para efectuar tal comunicación bidireccional con una estación base se proporciona un transceptor de RF digital 28 que comunica con la estación base usando comunicación de datos en serie. El transceptor 28 recibe las coordenadas de valla virtual y cualesquiera otros datos almacenados en la estructura de datos de la memoria 26 del dispositivo informático portátil. La carga remota de coordenadas de vallado
55 virtual desde una estación base es preferible para el pastoreo rotacional de animales en grandes estaciones. También es preferible poder descargar datos remotamente a una estación base de modo que un gestor de estación puede supervisar la posición real de animales y habilitar la reunión remota.

60 El procesador 24 calcula y determina la posición del animal en relación con la valla virtual basándose en las señales de GPS recibidas y datos almacenados en la memoria 26. El procesador 24 adicionalmente calcula y determina la velocidad de movimiento del animal basándose en el diferencial de información de ubicación.

65 Un medio de detección de dirección de desplazamiento en forma del receptor de GPS 20 proporciona señales representativas de la dirección de desplazamiento (orientación) del animal. Datos emitidos desde el receptor de GPS 20 se reciben por el procesador 24 que determina la dirección de desplazamiento del animal en relación con las coordenadas de valla virtual almacenadas en la memoria 26. Se proporciona adicionalmente una brújula electrónica

(no mostrada), tal como la brújula electrónica de dos ejes de Honeywell modelo HMC6352. Los datos obtenidos a partir de la brújula electrónica mejoran la determinación de la dirección de desplazamiento. La brújula electrónica puede ser del tipo compensada por inclinación y resistente a interferencia magnética, de modo que normalmente proporciona una buena dirección de desplazamiento.

5 Una unidad de estímulos 34 se fija de forma segura al collar que incluye una unidad de estimulación eléctrica 36 y una combinación de amplificador de audio y altavoz 38. El dispositivo informático portátil 22 comunica con la combinación de amplificador de audio y altavoz 38 a través de un generador de sonidos 32. El procesador 24 ordena al generador de sonidos que genere tonos audibles para su emisión y amplificación por el amplificador de audio 34. La unidad de estimulación eléctrica 36 es en forma de un par de electrodos accionados por resorte en el collar para administrar una descarga eléctrica al animal. El dispositivo de control 10 distribuye el estímulo apropiado bajo el control programado del procesador 24 en respuesta a actividad detectada desde el receptor de GPS 20.

15 Pueden usarse comunicación en serie adicional e interfaces analógicas/digitales 40 para conectar diferentes tipos de sensores externos o dispositivos de comunicación adicionales tal como un medidor de mordidas y/o podómetro y/o un dispositivo de medición de ángulo de la cabeza, por ejemplo, un inclinómetro electrónico. Ángulos de cabeza pueden ser indicativos de ciertos tipos de comportamiento tal como búsqueda de alimento, en el que la cabeza del animal está inclinada hacia el suelo. El ángulo de la cabeza se mide en relación con una posición de referencia que corresponde a la cabeza estando a nivel con la espina dorsal del animal mientras mira hacia delante, mientras que un ángulo de cabeza inclinado hacia abajo se indica negativo, un ángulo de cabeza inclinado hacia arriba positivo, un ángulo de cabeza inclinado a la izquierda negativo y un ángulo de cabeza inclinado a la derecha positivo.

20 El procesador 24 se alimenta a través de una batería principal 42. Pueden proporcionarse adicionalmente baterías de respaldo (no mostradas).

25 Experimentación examinó la capacidad del ganado para asociar una señal no aversiva como un estímulo de condicionamiento con un estímulo aversivo pero no nocivo en forma de una descarga eléctrica (estímulo no condicionado o reforzador). Estudios iniciales examinaron si el acceso de ganado a la ubicación puede controlarse mediante la aplicación de un estímulo condicionado.

30 ***Experimentos de aplicación manual de estímulos***

35 El primer estudio se efectuó para identificar una señal de audio efectiva como un estímulo no aversivo. La señal de audio era un tono polifónico constante (con una frecuencia media de aproximadamente 784 Hz) y la intensidad de descarga se estableció a 600 V a 250 mW. Los estímulos se distribuyeron por control remoto a collares GPS en cinco terneros para evitar acceso a una zona de exclusión rodeando a un comedero. Se administró una señal de audio cuando el animal entró en la zona de exclusión, seguido de una única aplicación de una descarga eléctrica durante un máximo de tres segundos si el animal continuó procediendo. Había un aumento en la proporción de terneros que respondían favorablemente a la señal de audio volviendo, retrocediendo o deteniéndose en la tercera o cuarta sesiones (73 %) en comparación con la primera o segunda sesiones (44 %). Esto indicó que el ganado asoció la señal de audio con la descarga eléctrica y aprendió a evitar el comedero.

45 En este primer estudio, se usó el atrayente de alimentación para garantizar suficientes intentos de animales para cruzar la zona de exclusión en un tiempo mínimo. Sin embargo el uso de la señal visual introduce incertidumbre en cuanto a si los terneros asociaron la descarga eléctrica con la señal de audio o con la ubicación.

50 El principal estudio examinó si la ubicación del ganado puede controlarse mediante un estímulo condicionado de audio la presencia de una señal visual. Esto es importante ya que los estímulos necesitan aplicarse en respuesta al comportamiento del animal en lugar de simplemente su ubicación. En este estudio había tres configuraciones de vallado distintas. El experimento se efectuó durante un periodo de tres semanas usando 22 terneros y cada semana tenía una configuración de valla diferente. El propósito de las primeras dos semanas del experimento era observar el proceso de aprendizaje a través del cual los terneros aprendían la asociación entre un estímulo condicionado de audio y un reforzador de descarga eléctrica. En la semana 3, se probó el efecto de prescindir del estímulo condicionado. Los terneros se asignaron aleatoriamente en dos grupos de tratamiento (n=11 por tratamiento). Los animales en grupo de tratamiento 1 recibieron una señal de audio y una descarga eléctrica al entrar en la zona de exclusión, como en las primeras dos semanas. Los animales en grupo de tratamiento 2 no recibieron ninguna señal de audio y únicamente una descarga eléctrica al entrar en la zona de exclusión.

60 La Tabla 1 ilustra que hubo una diferencia en los comportamientos mostrados en respuesta tanto al estímulo de audio y de descarga entre las semanas 1 y 2, con más terneros volviendo en respuesta a la señal de audio en la semana 2 que en la semana 1.

Tabla 1: recuentos de respuestas de comportamiento.

Recuento de respuestas	Audio		Descarga	
	Semana 1	Semana 2	Semana 1	Semana 2
Alejarse	7	24	93	35
Retroceder	0	0	16	16
Detenerse	37	24	0	0
Continuar hacia delante	117	61	10	11
Acercamientos totales a zona de exclusión	161	109	119	62

5 Cuando la valla virtual se movió en la semana 2, el 80 % de animales ignoraron la primera señal de audio, pero la proporción que no respondió al segundo audio cayó al 46 %, indicando que los animales habían aprendido a evitar la descarga eléctrica respondiendo a la señal de audio sola para permanecer dentro del límite de la valla virtual. En la semana 3, los terneros recibieron significativamente menos descargas cuando se usó un estímulo condicionado. Los terneros en el grupo de tratamiento de únicamente descarga recibieron significativamente más descargar ($t = 4,2$, grados de libertad = 12,1, $P < 0,01$, d de Cohen = 1,82), pero no hubo diferencia en el número total de estímulos recibidos ($t=0,46$, grados de libertad=17,7 d de Cohen=0,21). No hubo diferencias entre tratamientos en puntuaciones para efectividad de la valla, adecuación del estímulo y respuestas adversas. Este estudio demostró que el uso apropiado de una señal de audio es un estímulo condicionado efectivo para vallado virtual de ganado. Los detalles completos de los experimentos, cuyos los resultados se incorporan en este documento por referencia se describen en Lee, Caroline et. al *Associative learning by cattle to enable effective and ethical virtual fences*, *Applied Animal Behaviour Science* 119 (2009) 15-22.

15 **Estudio y metodología de algoritmo automatizado**

20 El método de vallado virtual de acuerdo con esta realización de la invención requirió que el ganado aprendiera una asociación entre un estímulo de audio no aversivo (un estímulo de condicionamiento) y un estímulo de descarga eléctrica aversivo (un estímulo con condicionado o reforzador), de forma que pudieran exhibir el comportamiento deseado de permanecer dentro del límite virtual en respuesta a solo el estímulo de audio.

25 El experimento usó cinco terneros Hereford de 18 meses que fueron entrenados para responder a una señal de audio para evitar recibir una descarga eléctrica. Los animales fueron equipados con collares ficticios durante dos semanas antes de la demostración para que se familiarizaran con los mismos y evitar que los animales asociaran los collares con las señales. El ganado no tuvo alimentación suplementaria durante las doce horas previas a la prueba y, por la mañana, se movieron a un patio de tratamiento para eliminar los collares ficticios y equipar los collares que contenían un dispositivo de control 10. Un prado experimental rectangular de las mismas dimensiones que el estudio manual, se sembró con avena, frondosa y verde. No había ninguna indicación de la zona de exclusión que se ubicó en un extremo del prado y definió por un polígono de cuatro lados con un área de 16x30 metros.

30 El dispositivo ilustrado en la Figura 1 se programa de una manera de tal forma que se accede al estado de comportamiento del animal para determinar cuándo debería aplicarse y eliminarse un estímulo no aversivo y si y cuándo debería aplicarse y eliminarse un estímulo aversivo. La Figura 2 se refiere a la secuencia de etapas programables ejecutables.

Los parámetros establecidos se introdujeron en la estructura de datos de memoria. Los parámetros establecidos incluyeron:

- 40
- las coordenadas (latitud y longitud) que definen la zona de exclusión (ZE),
 - una velocidad mínima $v_{\text{mín}} = 20 \text{ cms}^{-1}$,
 - una velocidad máxima $v_{\text{máx}} = 200 \text{ cms}^{-1}$ definida como una velocidad más allá de la cual el animal se considera que está en un estado de angustia,
 - $\theta_{\text{mín}} = -90^\circ$ definido como el límite inferior de la orientación predeterminada del animal en relación con el objetivo,
 - 45 • $\theta_{\text{máx}} = +90^\circ$ definido como el límite superior de la orientación predeterminada del animal en relación con el objetivo,
 - $\Delta\theta = 45^\circ$ definido como la cantidad predeterminada de cambio en la orientación del animal en relación con el objetivo,
 - $t_{\text{audio máx}} = 2,5$ segundos, definido como la duración máxima del estímulo de audio, y
 - $t_{\text{eléctrico máx}} = 1$ segundo, definido como la duración máxima de aplicación del estímulo eléctrico.

50 En el experimento, se introdujo a los animales en el prado a las 7 am y permanecieron hasta las 5 pm. Los animales se grabaron en video. Datos incluyendo la posición GPS de cada animal, la velocidad $v(t)$ a la que se movía el animal y la dirección de desplazamiento del animal en relación con la valla virtual, la extensión de aplicación de las señales de audio y estímulos de descarga eléctrica aplicados a cada animal como una función de tiempo, se procesaron todos

a una frecuencia de 2 Hz y almacenaron en la estructura de datos de la memoria para todo el periodo. Tras terminar la demostración, se retiraron los collares y los animales se devolvieron a su prado inicial como un grupo.

5 Con referencia a la Figura 2, se aplicó un estímulo de audio, teniendo una duración máxima de 2,5 segundos, si y únicamente si se cumplían las siguientes cuatro condiciones:

1. La distancia entre el animal y la valla virtual es ≤ 0 cm (una distancia negativa haciendo referencia a la presencia del animal dentro de la zona de exclusión) Y;
2. La velocidad a la que el animal se está moviendo $v(t) > v_{\min} Y$;
- 10 3. La velocidad a la que el animal se está moviendo $v(t) < v_{\max} Y$;
4. La dirección de desplazamiento del animal apunta a la zona de exclusión $\theta_i \in [\theta_{\min}, \theta_{\max}]$

El audio cesó antes de $t_{\text{audio máx}}$ si el animal respondió mediante uno cualquiera de los siguiente:

- 15 5. El animal reduce su velocidad de tal forma que $v(t) < v_{\min} O$;
6. El animal aumenta su velocidad más allá de la velocidad de huida $v(t) > v_{\max} O$;
7. El animal cambia su dirección de modo que su dirección de desplazamiento apunta fuera de la zona de exclusión es decir $\theta_i < \theta_{\min} O \theta_i > \theta_{\max} O$;
- 20 8. El animal cambia su dirección de desplazamiento desde la lectura de dirección de desplazamiento anterior por una cantidad mayor o igual a $\Delta\theta$.

Si el animal no respondió a la aplicación del estímulo de audio, resultando en la aplicación del audio durante la duración máxima de 2,5 segundos, a continuación se retiró la aplicación del estímulo de audio y el animal recibió una descarga eléctrica (600 V, 250 mW) durante una duración de un segundo.

25 El algoritmo a continuación volvió a la prueba original (puntos 1-4) para determinar si debería aplicarse de nuevo una señal de audio.

30 Para tener en cuenta el comportamiento de pastoreo, en el que el ganado se mueve lentamente en la zona de exclusión y responde solo al audio en numerosas ocasiones y, por lo tanto, evita recibir una descarga eléctrica, se incluyó un criterio adicional en el algoritmo. El criterio era que si un animal había recibido dos estímulos de audio y aún permanecía en la zona de exclusión, a continuación en el siguiente movimiento hacia delante, recibiría una señal de audio de 0,5 segundos seguida inmediatamente por una descarga eléctrica. Únicamente cuando el animal se movió fuera de la zona de exclusión volvería la duración de audio máxima al valor de 2,5 segundos.

35 Debería apreciarse que los parámetros que definen la zona de exclusión, y que se almacenan en memoria, pueden programarse para cambiar con el tiempo. Opcionalmente, o además, los parámetros que definen la zona de exclusión pueden moverse en respuesta a parámetros de animales, tal como la posición de un animal.

40 Si un animal exhibe una respuesta de huida o bien al estímulo de audio o bien al estímulo de descarga, a continuación cesa inmediatamente la señal. Si el animal intenta moverse adicionalmente en la ZE a continuación el algoritmo se reestablecerá para administrar estímulos como se describe anteriormente. El animal es improbable que continúe moviéndose adicionalmente en la ZE si el resto de números de ganado se contienen por detrás del límite de valla virtual y más probablemente se reunirán con el resto del grupo.

45 **Resultados**

El algoritmo fue altamente efectivo con todos cinco animales permaneciendo dentro del límite de valla virtual durante las 10 horas de duración del ensayo. La mayoría de animales respondieron volviéndose en respuesta a la solo señal de audio, sin embargo, en ocasiones algún ganado probó el límite de valla y recibió estímulos de audio y descarga.

50 Se apreciará por los expertos en la materia que pueden hacerse numerosas variaciones y/o modificaciones a la invención como se muestra en la realización específicas sin alejarse del alcance de la invención como se describe ampliamente. Por ejemplo, la memoria 26 puede incluir archivos de sonidos almacenados en un formato adecuado, tal como formato WAV. El procesador 24 puede seleccionar un archivo de sonidos apropiado para amplificación.

Las presentes realizaciones deben considerarse, por lo tanto, a todos los respectos como ilustrativas y no restrictivas. Un experto en la materia entenderá que el seguimiento de orientación conseguido por el receptor de GPS o brújula electrónica puede realizarse montando una cámara de video en el animal. Además, el dispositivo de control puede recibir señales de GPS diferenciales de una fuente apropiada para mejorar la exactitud y precisión del sistema GPS. Cuando el objetivo toma la forma de una valla virtual, el objetivo puede ser una línea recta tradicional o un contorno curvado, para seguir, por ejemplo, el contorno de una orilla de río. Aún adicionalmente la valla virtual puede tomar la forma de un polígono. Puede usarse una valla virtual estática para imponer un área de pastoreo designada para un rebaño de animales. Opcionalmente puede crearse una valla virtual dinámica desplazando gradualmente las coordenadas de la valla. Los resultados de esto incluyen el pastoreo rotacional o en franjas de un rebaño de animales.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de control (10) para controlar la ubicación de un animal, comprendiendo el dispositivo de control:
- 5 un receptor GPS (20) para recibir señales de GPS;
un procesador (24) acoplado comunicativamente al receptor de GPS y operable para determinar continuamente la posición, velocidad y dirección de desplazamiento del animal en relación con un objetivo;
una unidad de estímulos (34) para aplicación selectiva de un estímulo al animal en respuesta a señales recibidas desde el procesador;
- 10 **caracterizado por que:**
el procesador (24) se programa de tal forma que:
- 15 (a) si se determina que la posición del animal en relación con el objetivo es menor que una distancia predeterminada y la velocidad del animal en relación con el objetivo está dentro de un intervalo predeterminado y la dirección de desplazamiento del animal está dentro de una orientación predeterminada en relación con el objetivo, a continuación se genera una señal indicativa de aplicación de un estímulo no aversivo al animal;
(b) cuando se determina que (i) la velocidad del animal en relación con el objetivo está fuera del intervalo predeterminado, o (ii) la dirección de desplazamiento del animal cambia para estar fuera de la orientación predeterminada o la dirección de desplazamiento del animal cambia por más de una cantidad predeterminada,
20 se genera una señal indicativa de eliminación del estímulo no aversivo; y
(c) si ni (b)(i) ni (b)(ii) se aplican, se genera una señal indicativa de eliminar primero el estímulo no aversivo seguido por la aplicación de un estímulo aversivo al animal.
2. El dispositivo de control de acuerdo con la reivindicación 1 en el que el procesador (24) se programa de tal forma
25 que la aplicación de un estímulo aversivo al animal sigue inmediatamente a una eliminación del estímulo no aversivo.
3. El dispositivo de control de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 comprendiendo además un medio de detección de dirección de desplazamiento para detectar o refinar la dirección de desplazamiento del animal y proporcionar una correspondiente señal de desplazamiento, opcionalmente en el que el medio de detección de dirección de desplazamiento es uno de un sensor de magnetismo terrestre, una brújula magnética, un receptor GPS adicional y un
30 brújula electrónica, opcionalmente comprendiendo además un sensor de inclinación acoplado comunicativamente al procesador, en el que el sensor de inclinación es operable para aumentar la precisión del dispositivo de control en determinar la dirección de desplazamiento del animal.
- 35 4. El dispositivo de control de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo además uno o ambos de:
- 40 una unidad de memoria (26) para almacenar parámetros de comparación espacial y temporal, incluyendo tales parámetros información de objetivo que comprende:
- datos de coordenadas representativos del objetivo,
un límite superior e inferior del intervalo de velocidad predeterminado en relación con el objetivo,
un límite superior e inferior de la orientación predeterminada del animal en relación con el objetivo,
una duración máxima de aplicación del estímulo no aversivo, y
45 una duración máxima de aplicación del estímulo; y
- un transceptor (28) en comunicación con el procesador y la unidad de memoria para recibir información de objetivo remotamente.
- 50 5. El dispositivo de control de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de estímulos (34) comprende una unidad de estímulos no aversivos (38) y una unidad de estímulos aversivos (36) separada.
6. El dispositivo de control de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la unidad de estímulos no aversivos (38)
55 administra un estímulo no aversivo que comprende uno o ambos de:
- un tono que es audible para el animal; y
un estímulo vibratorio.
- 60 7. El dispositivo de control de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 y 6, en el que la unidad de estímulos aversivos (36) administra un estímulo aversivo que comprende un estímulo eléctrico; y opcionalmente en el que la unidad de estímulos aversivos (36) incluye dos o más electrodos para contacto eléctrico con la piel del animal.
8. El dispositivo de control de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el dispositivo
65 de control comprende además uno o ambos de:

una fuente de alimentación recargable para alimentar los componentes del dispositivo de control, en el que la fuente de alimentación es recargable usando la energía eléctrica potencial generada por el movimiento del animal;

y

5 un dispositivo de medición de ángulo de cabeza acoplado con el procesador para medir el ángulo de la cabeza del animal en relación con una posición de referencia y/u orientación.

9. Un método para controlar la ubicación de un animal, comprendiendo el método:

10 determinar una posición, velocidad y una dirección de desplazamiento de un animal, en relación con un objetivo; **caracterizado por:**

15 aplicar un estímulo no aversivo si la posición del animal en relación con el objetivo es menor que una distancia predeterminada y la velocidad del animal en relación con el objetivo está dentro de un intervalo predeterminado y la dirección de desplazamiento del animal está dentro de una orientación predeterminada en relación con el objetivo;

eliminar selectivamente el estímulo no aversivo cuando o bien (i) la velocidad del animal en relación con el objetivo está fuera del intervalo predeterminado, o bien (ii) la dirección de desplazamiento del animal cambia para estar fuera de la orientación predeterminada o la dirección de desplazamiento del animal cambia por más de una cantidad predeterminada; y

20 eliminar primero el estímulo no aversivo y a continuación aplicar un estímulo aversivo al animal cuando no se aplica ninguno de (i) o (ii).

10. El método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la etapa de aplicación del estímulo aversivo al animal sigue inmediatamente a una eliminación del estímulo no aversivo.

25 11. El método de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, comprendiendo además generar una señal representativa de aplicación de un estímulo no aversivo, opcionalmente en el que aplicar un estímulo no aversivo comprende emitir un tono que es audible para el animal.

30 12. El método de acuerdo con la reivindicación 10, comprendiendo además generar una señal representativa de eliminar en primer lugar el estímulo no aversivo y aplicar en segundo lugar un estímulo aversivo al animal.

35 13. El método de acuerdo con la reivindicación 10 o 12, en el que la etapa de aplicación de un estímulo aversivo al animal comprende aplicar un estímulo eléctrico.

40 14. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, comprendiendo además la etapa de recepción de datos de posición y datos de dirección de desplazamiento respectivamente representativos de la posición y orientación del animal, opcionalmente comprendiendo además diferenciar datos de posición para obtener la velocidad del animal en relación con el objetivo, opcionalmente comprendiendo además recibir datos de acelerómetro y procesar los datos de acelerómetro y datos de posición para refinar la información de posición.

15. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, comprendiendo además recibir inalámbricamente parámetros de comparación espacial y temporal que comprenden:

45 datos de coordenadas representativos del objetivo,
un límite superior e inferior del intervalo de velocidad predeterminado en relación con el objetivo,
un límite superior e inferior de la orientación predeterminada del animal en relación con el objetivo,
una duración máxima de aplicación del estímulo no aversivo, y
una duración máxima de aplicación del estímulo; y

50 opcionalmente comprendiendo además determinar a qué intensidad aplicar el estímulo no aversivo.

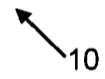
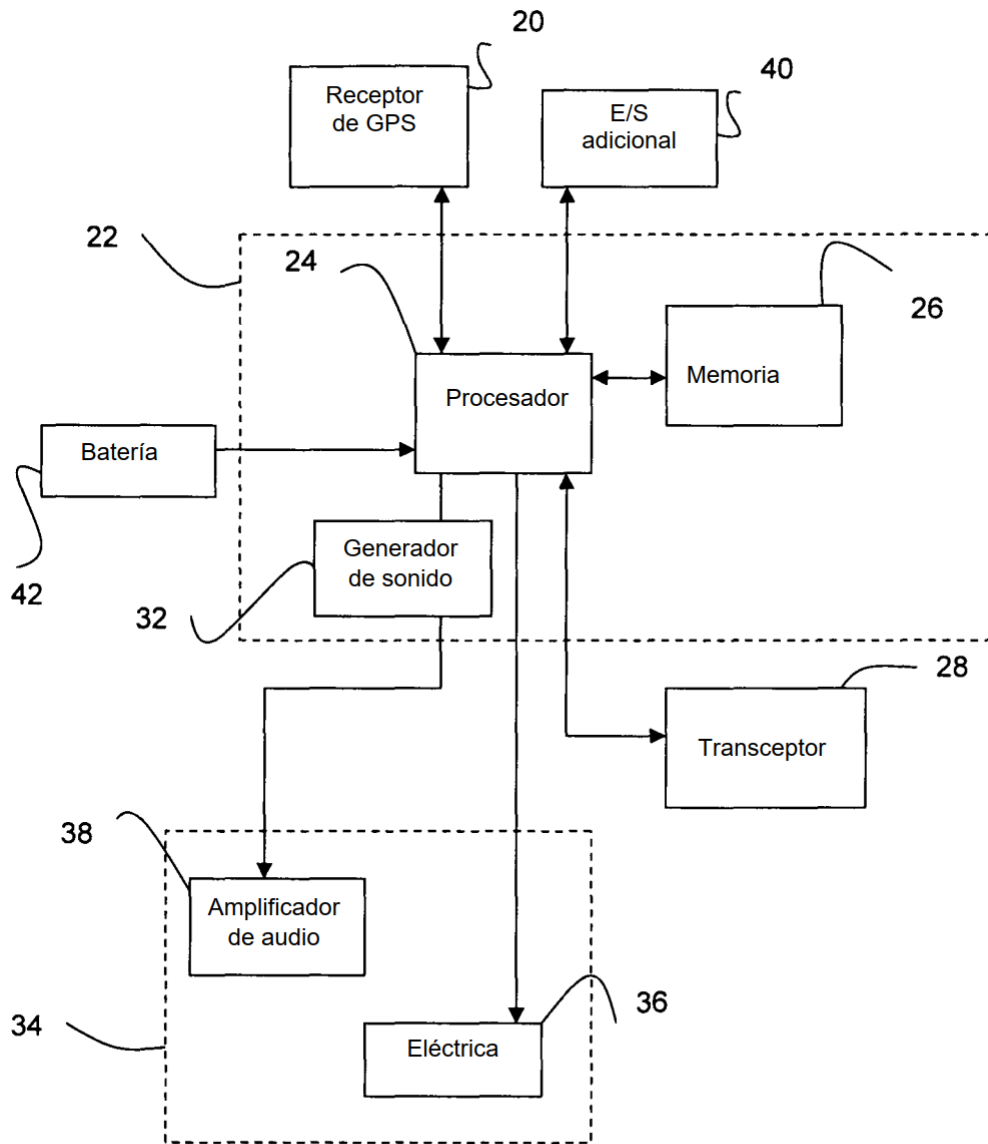


Fig. 1

Parámetros establecidos: tiempo = 0, n = 0

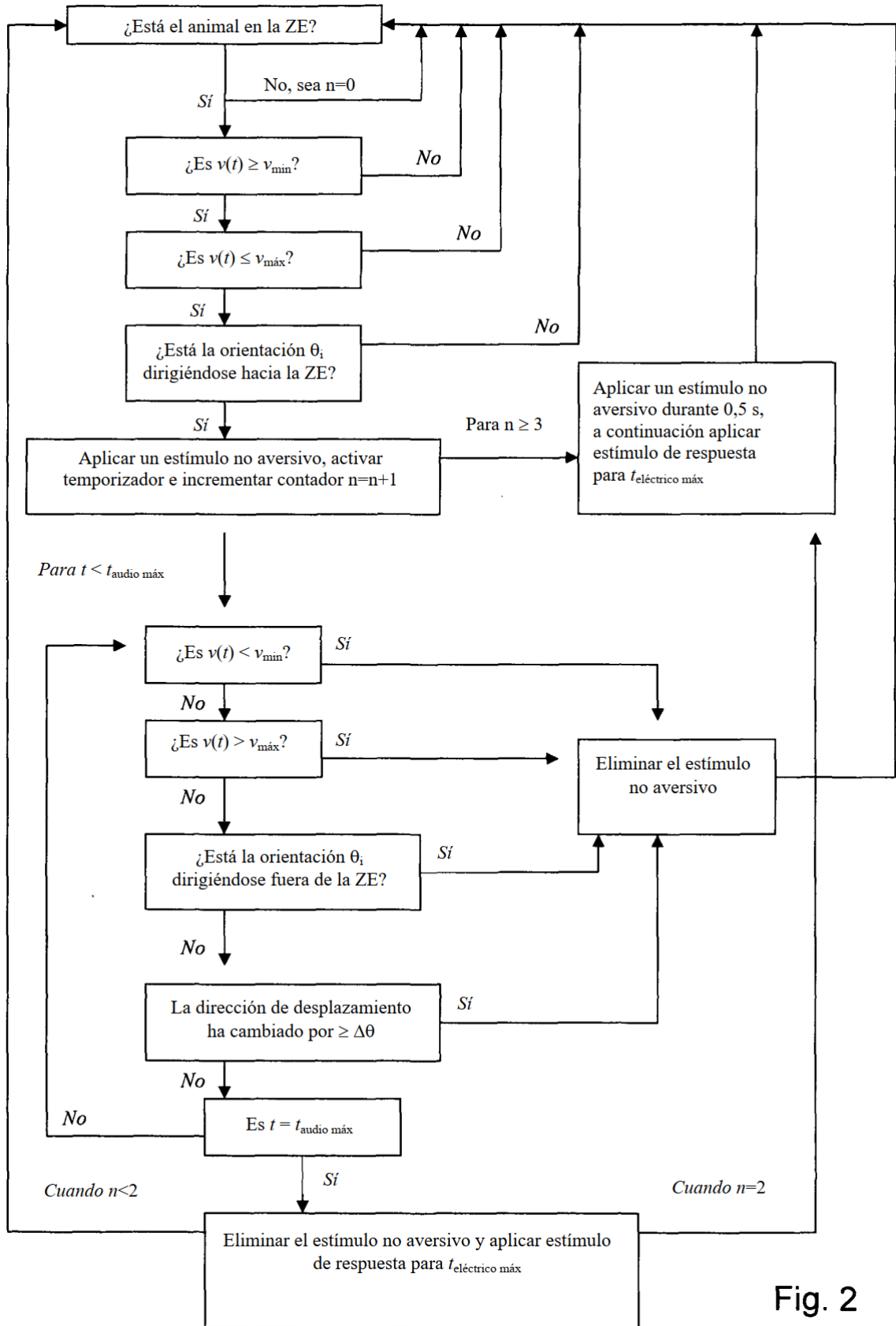


Fig. 2