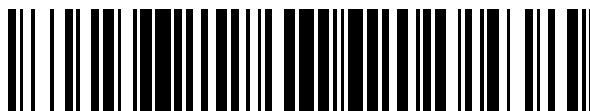


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 772**

51 Int. Cl.:

**G01S 17/93** (2006.01)

**G01S 7/486** (2006.01)

**G01S 17/10** (2006.01)

**G01S 7/487** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.04.2015** **E 15001260 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2019** **EP 3088916**

54 Título: **Método para procesar pulsos de eco de un sensor láser 3d activo para proporcionar mediciones de distancia**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**20.02.2020**

73 Titular/es:

**HENSOLDT SENSORS GMBH (100.0%)**  
**Willy-Messerschmitt-Straße 3**  
**82024 Taufkirchen, DE**

72 Inventor/es:

**KRAMPER, PATRICK y**  
**MÜNSTERER, THOMAS**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 743 772 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 para procesar pulsos de eco de un sensor láser 3d activo para proporcionar mediciones de distancia

La invención se refiere a métodos de procesamiento de pulsos de eco de un sensor láser 3D activo para proporcionar mediciones de distancia.

- 5 Los sensores 3D, en particular los sistemas lidar, radar y similares, se convierten cada vez más en la fuente principal de datos utilizados tanto para vehículos tripulados como no tripulados que operan en entornos exigentes. Proporcionan datos, por ejemplo, para sistemas de advertencia de obstáculos y para sistemas de ayuda al aterrizaje. Para los sistemas de operación, el entorno no es un laboratorio clínicamente bien definido, pero el procesamiento de datos debe hacer frente a todos los aspectos de un entorno natural o artificial en tiempo real. Cuando se utilizan sensores
- 10 3D para el apoyo activo de vehículos aéreos o vehículos terrestres autónomos, el procesamiento de los datos 3D medidos se convierte en una tarea central. La cantidad de datos generados por los sensores 3D puede ser tremenda. Por lo tanto, se debe encontrar una forma rápida, inteligente y eficiente de reducción de datos. Esta invención se refiere a la selección y reducción de datos en las primeras etapas en la evaluación de los datos del sensor (realizada en un analizador de pulso analógico como un subsistema del sensor 3D).
- 15 Particularmente para los sensores ópticos utilizados para la advertencia de obstáculos y como ayuda para el aterrizaje en entornos de visión degradada (DVE, por sus siglas en inglés) los requisitos de detección son diversos, a veces competitivos o incluso contradictorios. Principalmente, el sensor funcionará como un sistema de advertencia de obstáculos donde será muy sensible a las pequeñas señales proporcionadas por el eco de alambres delgados en el intervalo de decenas de metros a más de 1000 m. Para hacer esto, la radiación pasará a través de aire que podría estar oscurecido por la niebla, las nubes, el polvo, etc. Los ecos que se originan a partir de estos agentes oscurecedores no deben dañar el sensor e idealmente deben ser ignorados por el sensor 3D. Además, el sensor detectará el terreno en el mismo intervalo de distancia mencionado anteriormente. A medida que la intensidad reflejada hacia atrás disminuye con  $1/r^2$  o  $1/r^3$  para objetivos abultados y para objetivos de alambre, respectivamente, el receptor de señal tiene que hacer frente a intensidades de señal que abarcan varios órdenes de magnitud.
- 20 Actualmente hay dos enfoques en los sistemas de medición 3D comunes basados en la medición del tiempo de recorrido de fotones, es decir, contadores de tiempo de propagación. La primera técnica conocida es registrar la secuencia completa de intensidad retornada, digitalizarla y analizarla digitalmente en tiempo real. Esta evaluación requiere una potencia informática enorme debido a la gran cantidad de puntos de datos, por un lado, y la enorme dinámica de señal, por otro lado ([MUR13, ULL05a, ULL05b]).
- 25 Otro enfoque conocido es extraer puntos de tiempo discretos aplicando una condición de disparo en el tren de señal. La invención como se describe a continuación aplicará este enfoque particular.

30 En la figura 1 se muestra una representación esquemática de un sistema utilizado para llevar a cabo tal método. Un emisor 11 envía pulsos de radiación 15 (por ejemplo, pulsos de láser o radar). Parte de la intensidad es dispersada de vuelta o reflejada de vuelta por un objeto 16 (por ejemplo, tierra, alambres, agentes oscurecedores) y es recibida por un receptor 12. El tren de intensidad de señal o el tren de amplitud de señal (tren de señal corta) se investiga en un analizador de pulso 13 que produce una o una serie de distancias de medición que se preparan para el procesamiento 14 adicional.

35 La figura 2 muestra un ejemplo de un tren de señal 21 tal como lo recibe un receptor 12. El tren de señal incluye varios picos de señal evocados por la dispersión del pulso emitido por objetos en diferentes distancias. La intensidad de los pulsos de eco que retornan se compara con un umbral de disparo 41 (en lo sucesivo, también denominado nivel de disparo). Un pico que excede el umbral de disparo 41 se denomina pulso de eco (o eco para abreviar). El tiempo de dicho evento (en adelante denominado tiempo de disparo) se almacena y dicho evento se denomina evento de disparo 23. El tiempo de disparo de un eco y la distancia del objeto que dio lugar a este eco particular están conectados a través de la velocidad de la radiación electromagnética emitida por el sensor 3D que puede tomarse como constante.

40 Por lo tanto, el tiempo de disparo y la distancia al objeto son equivalentes y ambos pueden usarse para el eje horizontal del diagrama de la figura 2 (esto se aplica también a los diagramas de las figuras 3 a 6). Como se muestra en la figura 2, el nivel de disparo 41 puede depender del tiempo, es decir, disminuir con el tiempo, para compensar la disminución de la señal con la distancia. Como resultado, se suprimen en particular los eventos no deseados provocados por la niebla y la nieve. Esas señales son a menudo mucho más pequeñas que las señales de objetivos duros.

45 En el ejemplo de la figura 2, se usa el llamado disparo de flanco de subida, es decir, el tiempo de disparo se define por el tiempo en que la intensidad de la señal alcanza el nivel de disparo en el flanco de subida del pulso de eco. Existen muchos otros métodos de disparo bien conocidos para determinar un pulso de eco y obtener un tiempo de disparo a partir del mismo. Los métodos simples son comparadores y disparos Schmitt donde se compara el tren de señal con los umbrales de disparo y se registra el tiempo de cruce del umbral de flanco de subida o bajada. Los métodos más sofisticados son los disparos de ancho de pulso y los discriminadores de fracción constante [GED68].

50 Una condición de disparo generalmente contiene uno o más parámetros de disparo, como el umbral, el tiempo de subida, etc. La variedad de condiciones se puede ampliar combinando o poniendo en cascada métodos y parámetros de disparo. De esta manera, las condiciones de disparo pueden ajustar a los patrones esperados del tren de señales.

Se conocen medidas adicionales para descartar ecos no deseados y, por lo tanto, limitar el número de ecos a procesar. Pueden provenir del polvo, la niebla, etc., en las inmediaciones del sensor. Una técnica utilizada con frecuencia para evitar tales eventos de disparo no deseados es utilizar las llamadas puertas de alcance. Los ecos que llegan desde distancias más pequeñas que una distancia mínima (en adelante: la distancia de alcance cercano) se suprimen, creando así una zona ciega en la intermediación directa del sensor 3D.

Los ecos del tren de señales 21 que son recibidos desde fuera de dicha zona ciega y que están cumpliendo la condición de disparo (por ejemplo, que están por encima del umbral de disparo) están etiquetados intuitivamente 1.<sup>er</sup> pulso de eco, 2.<sup>o</sup> pulso de eco, 3.<sup>er</sup> pulso de eco, último pulso de eco, etc. según su rango en el orden cronológico en el que se reciben los pulsos de eco. Se ha notificado que se están procesando hasta 16 de estos pulsos de eco [TRI13]. Aquí, también, la potencia informática limita el número de pulsos de eco a procesar. El ancho de banda de la interfaz y la necesidad de procesamiento en tiempo real son factores muy limitantes, especialmente en aplicaciones aéreas. Cuando se investiga la correlación entre diferentes ecos, la potencia de procesamiento requerida aumenta tremendamente con el número de retornos procesadas. Como consecuencia, con frecuencia se utilizan dos ecos [SEI08]. Suelen ser un compromiso aceptable entre la necesidad de información de más de un pulso y el rendimiento informático disponible. La presente invención aplica este enfoque de dos ecos.

Un enfoque conocido de dos ecos [STE15] que explota el primer y segundo eco utiliza una llamada puerta de alcance delta: uno define una llamada zona ciega inmediatamente detrás (como se ve desde el sensor 3D) del objeto que causó el primer eco. Cualquier evento de disparo provocado por un eco de objetos dentro de la zona ciega (en el dominio temporal esto corresponde a un cierto intervalo de tiempo después de la llegada del primer eco), será ignorado. Por lo tanto, el segundo evento de disparo solo puede ser provocado por un eco que llega desde distancias detrás de la zona ciega.

Cuanto menos ecos se procesen, más crucial es elegir aquellos ecos que contienen la información más útil para procesamiento adicional. Para dos ecos, la selección de los ecos es una tarea central. Los ecos seleccionados producirán distancias de medición de objetos reales en lugar de artefactos. En el contexto de la advertencia de obstáculos en condiciones climáticas normales, el procesamiento del 1.<sup>er</sup> eco es inevitable. En la mayoría de los casos, contiene el eco de los obstáculos reales. Por lo tanto, para los sistemas de 2 ecos, la tarea restante de selección de ecos se limita a la selección del eco secundario restante. Comúnmente, se utiliza un 1.<sup>er</sup>/2.<sup>o</sup> esquema de eco o un 1.<sup>er</sup>/último esquema de eco. El segundo eco parece ser la mejor opción para la detección de obstáculos en la mayoría de las situaciones de DVE. Aquí, el primer eco podría ser un eco de un agente oscurecedor, por ejemplo, polvo, lluvia, niebla o nieve, y el segundo eco podría provenir de un obstáculo real. La detección de terreno es otra función clave. Es la tarea principal durante el despegue, aproximación y aterrizaje y, además, es una importante funcionalidad lateral en la advertencia de obstáculos. Para la detección de terreno, se debe preferir el último eco, ya que el terreno siempre provocará el último eco. Por lo tanto, en los sistemas convencionales de 2 ecos falta información importante. Incluso conmutación global entre 1.<sup>er</sup>/último y 1.<sup>er</sup>/2.<sup>o</sup> eco no va a superar el problema ya que los tres ecos son útiles en cada situación de vuelo en particular. Para el uso de un sensor como sistema de advertencia de obstáculos y ayuda de aterrizaje en situaciones de DVE, sería muy útil tener un último eco en el corto alcance y un segundo eco en el largo alcance de forma independiente para cada medición de disparo único, es decir, cada píxel. Este requisito parece ser contradictorio.

El documento EP 2634597 describe otro método conocido para producir una imagen de profundidad de un entorno mediante sensores tridimensionales activos ubicados en aeronaves, en el que no se toman en cuenta los ecos desde una zona ciega en una región corta de los sensores tridimensionales hasta el espaciado predefinido en los sensores tridimensionales. La imagen de profundidad en las regiones de sombra se genera y analiza para la detección de obstrucciones, y valores de no medición se proporcionan en las regiones de sombra.

Por lo tanto, el objetivo de la invención es proporcionar un método para procesar pulsos de eco mediante el cual se pueda cumplir el requisito mencionado anteriormente.

El objetivo anterior de la presente invención se logra mediante el método de acuerdo con la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas son objeto de reivindicaciones dependientes.

La presente invención proporciona un método para procesar pulsos de eco mediante un sensor 3D activo para proporcionar mediciones de distancia del entorno frente al sensor 3D, que comprende las siguientes etapas:

Definir una distancia de alcance cercano desde sensor 3D,

definir una última distancia de eco desde el sensor 3D mayor que la distancia predefinida de alcance cercano,

recibir pulsos de eco de la señal emitida por el sensor 3D activo y someter esa secuencia de pulsos de eco a una condición de disparo predefinida para que solo se tengan en cuenta aquellos pulsos de eco que cumplan la condición de disparo predefinida, y determinar los tiempos de disparo respectivos y distancias correspondientes,

suprimir pulsos de eco desde distancias más pequeñas que la distancia predefinida de alcance cercano,

de los pulsos de eco que cumplen la condición de disparo predefinida y se reciben desde distancias mayores que la

distancia de alcance cercano predefinida, determinando dos pulsos de eco particulares, designados primer pulso de eco y pulso de eco adaptativo, de acuerdo con el siguiente procedimiento:

determinar el pulso de eco que se recibió primero (en lo sucesivo denominado "primer pulso de eco"),

determinar otro pulso de eco (en lo sucesivo denominado "pulso de eco adaptativo") de la siguiente manera:

5 Si se producen uno o más pulsos de eco desde distancias mayores que la última distancia de eco predefinida, el uno de estos pulsos que se recibió primero se seleccionará como pulso de eco adaptativo.

Si no se reciben pulsos de eco desde distancias mayores que la última distancia de eco predefinida, entonces el último pulso de eco recibido se seleccionará como el primer pulso de eco.

10 utilizando los dos pulsos de eco así identificados (primer pulso de eco y pulso de eco adaptativo) para proporcionar mediciones de distancia en el entorno frente al sensor 3D.

Al usar el método de acuerdo con la invención, se seleccionan los dos ecos del tren de señales que son de mayor relevancia.

15 Se supera el inconveniente central de los sistemas de dos ecos conocidos: el pulso de eco adaptativo tiene las características de un último eco en el corto alcance y las características del segundo eco en el largo alcance. Comparte las ventajas del esquema del 1.<sup>er</sup>/2.<sup>o</sup> y el 1.<sup>er</sup>/último eco, pero no sus desventajas.

El método de acuerdo con la invención es aplicable para todos los tipos de dispositivos de medición 3D con mediciones de tiempo de propagación y el posterior análisis de pulso que dan como resultado dos valores discretos para distancias de eco.

20 El método según la invención satisface los requisitos para una amplia gama de aplicaciones de sensores 3D y situaciones operativas, especialmente para escáneres ópticos 3D. Se puede implementar completamente en el analizador de pulso analógico del sensor 3D. Las operaciones lógicas descritas, realizadas en el tren de señales, son fáciles de implementar en hardware o programa firme.

25 Otra ventaja del método de acuerdo con la invención es que el proceso de filtrado de acuerdo con la invención se realiza en una etapa temprana de la cadena de procesamiento completa donde es más efectivo. La invención reduce la información de cada medición 3D a valores de distancia discretos que contienen la información deseada y que se ven afectados por los artefactos lo menos posible.

Preferiblemente, la condición de disparo puede construirse de una manera que depende del tiempo para tener en cuenta que la intensidad y la forma de la señal recibida dependen mucho de la distancia y del origen de la señal.

30 Preferiblemente, la identificación del primer pulso de eco y del pulso de eco adaptativo se realiza aplicando diferentes condiciones de disparo en canales de proceso separados. Eso significa que la recepción y el registro de los tiempos de disparo de los pulsos de eco se realiza en paralelo en analizadores de pulso separados utilizando diferentes condiciones de disparo (por ejemplo, diferentes umbrales de disparo). Las diferentes condiciones de disparo pueden adaptarse a las condiciones de recepción típicas del primer eco y el eco adaptativo. Por ejemplo, cuando la condición de disparo se basa en un umbral de disparo, el umbral para determinar el primer eco generalmente será más alto que  
35 el umbral para la determinación del eco adaptativo. En una realización preferida, la condición de disparo en ambos canales puede depender del tiempo. Otra opción ventajosa es aplicar una condición de disparo que depende del tiempo solo para la determinación del primer eco y una condición de disparo constante para la determinación del eco adaptativo.

40 Es una ventaja importante que la evaluación descrita del primer eco adaptativo mediante el uso de diferentes condiciones de disparo permita una optimización independiente con respecto al propósito real de los dos ecos. Un caso especial importante es la detección del terreno en condiciones de caída de tensión parcial. Aquí, la intensidad reflejada por la nube de polvo puede ser fuerte y la intensidad transmitida puede estar muy atenuada incluso en distancias cortas. Por lo tanto, una condición de disparo estricta (por ejemplo, un nivel de disparo relativamente alto) solo es ventajosa con respecto a la supresión de eventos de disparo no deseados para un primer eco y un segundo  
45 eco, pero no para un último eco.

Además, el uso de dos condiciones de disparo independientes permite conclusiones cualitativas sobre la fuerza y la forma de la señal de eco. Por ejemplo, el hecho de que un eco haya cumplido ambas condiciones de disparo puede proporcionar información adicional útil. En los casos en los que solo hay un eco adaptativo, pero no hay un primer eco,  
50 o en los casos en que el tiempo de disparo del eco adaptativo se compara antes con el tiempo de disparo del primer eco, la información ya está inherentemente incluida en la información de distancia. En el caso importante, cuando el nivel de disparo para el eco adaptativo es inferior al del primer eco, el eco adaptativo debe ser un eco débil.

Los datos del sensor 3D en forma de primer eco y eco adaptativo pueden procesarse adicionalmente de acuerdo con técnicas bien conocidas. En particular, los datos 3D pueden fusionarse con datos de navegación para proporcionar datos 3D georeferenciados del entorno. Se pueden realizar operaciones de filtrado para eliminar el impacto adverso

del sol, las nubes, el polvo, la pasada corta, etc. en los datos 3D. Además, se puede realizar una clasificación de los objetos y se pueden generar advertencias y salidas de visualización y llevarlas a la atención del operador humano del vehículo.

La presente invención se describe con más detalle a continuación con referencias a varias figuras.

5 La figura 1 muestra un diagrama de bloques de un subsistema conocido de un sensor 3D como ya se describió anteriormente. Tal sistema también se puede usar para llevar a cabo el método de acuerdo con la invención;

La figura 2 ilustra la intensidad/amplitud de la señal de tren recibida frente a una condición de disparo que depende del tiempo (aquí: basada en un umbral de disparo predefinido) como se describió anteriormente;

La figura 3 ilustra la determinación del primer eco y el eco adaptativo de acuerdo con la invención.

10 La figura 4 ilustra la intensidad/amplitud de la señal del tren de la señal recibida frente a diferentes condiciones de disparo que dependen del tiempo (aquí: basada en los umbrales de disparo predefinidos) aplicado para la determinación del primer eco y el eco adaptativo;

La figura 5 ilustra la determinación del primer eco y el eco adaptativo mediante el uso de diferentes umbrales de disparo como el que se muestra en la figura 4;

15 La figura 6a/b muestra diagramas de flujo que implementan un método de ejemplo de la invención en tiempo real;

El método de ejemplo que aplica dos condiciones de disparo separadas,

El método de ejemplo que aplica solo una condición de disparo.

20 La figura 3 ilustra tres ejemplos concretos a), b), c) de cómo se determinan el primer eco y el eco adaptativo de acuerdo con la invención. En cada ejemplo, se registra una serie 71 de tiempos de disparo/distancias de eco 75 (cada uno indicado por un trazo vertical a lo largo de la línea de tiempo). Los tiempos de disparo finalmente seleccionados como pertenecientes al primer eco 73 y el eco adaptativo 77 se marcan adicionalmente con un pequeño círculo.

25 La línea vertical discontinua 30 a la izquierda marca el tiempo  $t = 0$ , que corresponde a la distancia  $d = 0$  de un objeto desde el sensor 3D. El número 31 designa la distancia de alcance cercano. Los eventos de disparo que corresponden a una distancia menor que la distancia de alcance cercano 31 generalmente se ignoran. La longitud de la distancia de alcance cercano suele ser de al menos 20 m, y puede aumentar al aumentar la velocidad del portador del sensor (por ejemplo, un helicóptero). Además, se define una última zona de eco 79 que es un área enfrente del sensor 3D que comienza en la distancia de alcance cercano 31 y termina en una distancia predefinida en adelante llamada la última distancia de eco 76 (esta última que esta preferiblemente en el intervalo de entre 100m y 250m). Todos los eventos de disparo más allá del final de la distancia de alcance 78 se ignoran.

30 Se puede definir una zona ciega 74 inmediatamente detrás del objeto que causó el primer eco (primera zona ciega de eco). Los ecos de esta zona se ignoran, en particular con el fin de evitar el doble disparo (es decir, tiempos de disparo idénticos o similares pero relacionados con el mismo objeto físico, como dos ramas del mismo árbol, o artefactos electrónicos, etc.). Cabe señalar que la introducción de la zona ciega proporciona ventajas específicas con respecto a la evitación del doble disparo como se acaba de explicar. Sin embargo, la zona ciega detrás del primer objeto no es obligatoria. Resultados aceptables del método de acuerdo con la invención ya se pueden lograr sin la aplicación de la zona ciega.

35 Al determinar el eco adaptativo 77, se deben considerar casos diferentes:

40 Si hay al menos un evento de disparo más allá de la última distancia de eco 76, entonces el primer eco más allá de la última distancia de eco se selecciona como eco adaptativo 77. De lo contrario, se utiliza el último eco del tren de señales 71. Si aparte del primer eco 73 no queda ningún evento de disparo para el eco adaptativo, entonces no se generará ningún valor para el eco adaptativo.

En el ejemplo a) existen ecos más allá de la última distancia de eco 76. Por lo tanto, el primer eco más allá de la última distancia de eco es el eco adaptativo 77.

45 En el ejemplo b) no se produjo el eco más allá de la última distancia de eco 76. En consecuencia, el último eco dentro de la última zona de eco 79 forma el eco adaptativo 77.

En el ejemplo c) no se genera eco adaptativo porque el único evento de disparo más allá de la distancia de alcance cercano 30 se encuentra en la zona ciega 74 inmediatamente después del primer eco.

50 En una realización ventajosa del método de acuerdo con la invención, se utilizan diferentes condiciones de disparo para la determinación del primer eco por un lado y el eco adaptativo por otro lado. La figura 4 muestra dos niveles de disparo ilustrativos para su uso en conexión con la presente invención. El nivel de disparo más alto 61 se usa para la determinación del primer eco y el nivel de disparo más bajo 62 se usa para la determinación del eco adaptativo.

- 5 Como se señaló anteriormente, la intensidad dispersada por los objetos depende en gran medida de su distancia al sensor. Por lo tanto, se aplican preferiblemente condiciones de disparo que dependen del tiempo como se muestra en la figura 4. La selección de condiciones de disparo que dependen del tiempo es de particular importancia para la determinación del primer eco porque se evita "desperdiciar" el primer eco en un artefacto. Por lo tanto, especialmente para distancias pequeñas, el nivel de disparo 61 es sustancialmente más alto que el nivel de disparo 62. Con respecto a la determinación del eco adaptativo (es decir, ecos secundarios que llegan de objetos más distantes), el nivel de disparo decreciente en el tiempo asegura que la sensibilidad del sensor 3D sigue siendo suficiente. Esto es de particular importancia en situaciones donde la señal está muy atenuada, por ejemplo en presencia de polvo.
- 10 En la figura 5a), b), c) respectivamente se muestran tres ejemplos de la determinación del primer eco y el eco adaptativo utilizando diferentes niveles de disparo. En cada ejemplo, se registraron dos series independientes 71,72 de tiempos de disparo/distancias de eco 75. La primera serie 71 se generó utilizando el nivel de disparo más alto 61 (figura 4) y la segunda serie 72 se generó utilizando el nivel de disparo 62 más bajo.
- 15 Las líneas verticales discontinuas tienen el mismo significado que el explicado con respecto a la figura 3. Los valores típicos para la distancia de alcance cercano 31 y las últimas distancias de eco 76 son los mismos que se mencionan en conexión con la figura 3, donde solo se usó un nivel de disparo.
- El primer eco 73 se determina en el primer canal de proceso 71 que contiene la serie de ecos mostrada en el tren de señales. El primer eco 73 es el eco de la serie 71 que ocurre primero después del punto en el tiempo que corresponde a la distancia de alcance cercano 31.
- 20 La selección del eco adaptativo 77 se basa en la serie de ecos incluidos en la serie de ecos 72. Nuevamente, los ecos que pertenecen a objetos a una distancia menor que la distancia de alcance cercano 31 generalmente se ignoran.
- De manera similar al método descrito en la figura 3, se puede definir una zona ciega 74 alrededor del objeto que causó el primer eco 73 (primera zona ciega de eco). Se extiende a un tiempo anterior al tiempo de disparo del primer eco para considerar también el caso en que el tiempo de disparo para un mismo evento es ligeramente anterior en la serie de eco 72 que en la serie de eco 71 debido a las condiciones de disparo diferentes. Los ecos de los objetos ubicados en esta zona se ignoran, en particular con el fin de evitar el disparo doble como se explica más anteriormente.
- 25 El eco adaptativo 77 se determina entre la serie de ecos 72. Si hay al menos un evento de disparo más allá de la última distancia de eco 76, entonces el primer eco más allá de la última distancia de eco 76 se selecciona como eco adaptativo 77. De lo contrario, se usa el último eco de la serie de ecos 72 que en este caso se encuentra en la última zona de eco 79. Si no queda ningún evento de disparo para el eco adaptativo, no se generará ningún valor para el eco adaptativo.
- 30 En el ejemplo a), la serie 72 contiene una multitud de ecos más allá de la última distancia de eco 76. Por lo tanto, el primer eco más allá de la última distancia de eco 76 es el eco adaptativo 77.
- En el ejemplo b), la serie 72 no contiene ningún eco más allá de la última distancia de eco 76. En consecuencia, el último eco dentro de la última zona de eco 79 forma el eco adaptativo 77. En el ejemplo c) no se genera el eco adaptativo porque en la serie 72 el único evento de disparo más allá de la distancia de alcance cercano se encuentra en la zona ciega 74 del primer eco (determinado en la serie 71).
- 35 La figura 6a muestra un diagrama de flujo que implementa el método de ejemplo que se muestra en la figura 5 (utilizando dos condiciones de disparo diferentes) en tiempo real en forma de algoritmo. La figura 6b muestra un diagrama de flujo de otro método de ejemplo que utiliza solo una condición de disparo.
- 40 Como observación general, debe tenerse en cuenta que los siguientes parámetros representan mediciones de tiempo. Como ya se mencionó, cualquier medición de tiempo puede transferirse a la medición de distancia correspondiente y viceversa mediante la fórmula  $d = c*t/2$ , donde  $c$  es la velocidad de la luz,  $d$  es una medición de distancia y  $t$  es una medición de tiempo.
- t\_1er\_eco: Tiempo de disparo para el 1.º eco
- t\_eco\_adaptativo: Tiempo de disparo para el eco adaptativo
- T: Temporizador
- t\_AC: tiempo correspondiente a la distancia de alcance cercano
- t\_FA: tiempo correspondiente al final de alcance, es decir, el tiempo de medición máximo
- tiempo\_pre\_ciega: duración de tiempo antes del 1.º disparo de la primera zona ciega de eco

tiempo\_post\_ciega: duración de tiempo después del 1.º disparo de la primera zona ciega de eco

t\_última\_zona\_eco: tiempo correspondiente a la última distancia de eco

t\_temp: memoria temporal de temporización interna

### **Bibliografía**

[MUR13] JT Murray et.al, "Dust-Penetrating (DUSPEN) 'see-through' lidar for helicopter situational awareness in DVE", Proc. of SPIE vol. 8737 87370H-1 (2013).

5 [ULL05a] A. Ullrich y R. Reichert, "Waveform digitizing laser scanners for surveying and surveillance applications", Proc. of SPIE vol. 5988 59880P-1 (2005).

[ULL05b] A. Ullrich y R. Reichert, "High resolution laser scanner with waveform digitization for subsequent full waveform analysis", Proc. of SPIE vol. 5791 (2005).

[TRI13] E. Trickey, P. Church y X. Cao, "Characterization of the OPAL Obscurant Penetrating LiDAR in various Degraded Visual Environments", Proc. of SPIE vol. 8737 87370E-2 (2013).

10 [SEI08] Seidel, C., Schwartz I., Kielhorn P., "Helicopter collision avoidance and brown-out recovery with HELLAS", Proc of SPIE vol. 7114, 71140G-1, (2008).

[STE15] Stephen Stelmash, Thomas Münsterer, Patrick Kramper, Christian Samuelis, Daniel Bühler, Matthias Wegner, Sagar Sheth, "Flight test results of ladar brownout look-through capability", Proc. of SPIE vol. 9417, (2015).

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para procesar pulsos de eco de un sensor 3D activo para proporcionar mediciones de distancia del entorno frente al sensor, que comprende las siguientes etapas:
- definir una distancia de alcance cercano (30) desde el sensor 3D,
  - 5 - definir una última distancia de eco (76) desde el sensor 3D mayor que la distancia predefinida de alcance cercano (30),
  - recibir pulsos de eco de la señal emitida por el sensor 3D activo y someter esa secuencia de pulsos de eco a una condición de disparo predefinida para que solo se tengan en cuenta aquellos pulsos de eco que cumplan la condición de disparo predefinida, y determinar los tiempos de disparo respectivos (75) y las distancias correspondientes,
  - 10 - Suprimir pulsos de eco desde distancias más pequeñas que la distancia de alcance cercano (30) predefinida, caracterizada por
  - de los pulsos de eco que cumplen la condición de disparo predefinida y que se reciben desde distancias mayores que la distancia de alcance cercano (30) predefinida, determinando dos pulsos de eco particulares, designados primer pulso de eco y el pulso de eco adaptativo (73, 77), de acuerdo con el siguiente procedimiento:
  - 15 - determinar el primer pulso de eco (73) como el pulso de eco que se recibió primero,
  - determinar el pulso de eco adaptativo (77) de la siguiente manera:
    - Si se producen uno o más pulsos de eco recibidos desde distancias mayores que la última distancia de eco (76) predefinida, el uno de estos pulsos que se recibió primero se seleccionará como el pulso de eco adaptativo (77).
    - 20 - Si no se reciben pulsos de eco desde distancias mayores que la última distancia de eco (76) predefinida, entonces el último pulso de eco recibido se seleccionará como el pulso de eco adaptativo (77),
  - utilizando las dos señales de eco así determinadas (73, 77) para proporcionar mediciones de distancia del entorno frente al sensor 3D.
  - 25
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la condición de disparo depende del tiempo.
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde La determinación del primer pulso de eco y el pulso de eco adaptativo (73, 77) se realiza aplicando diferentes condiciones de disparo a la secuencia de pulsos de eco (75).
4. Un método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde durante un intervalo de tiempo predefinido, alrededor del momento de llegada del primer eco (73), se suprime cualquier eco adicional.



Figura 1

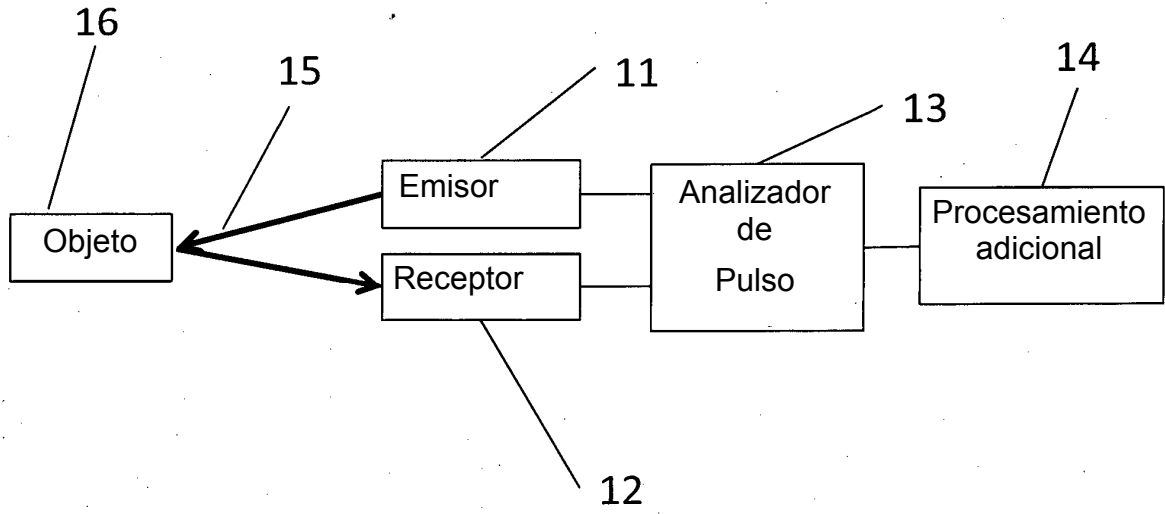


Figura 2

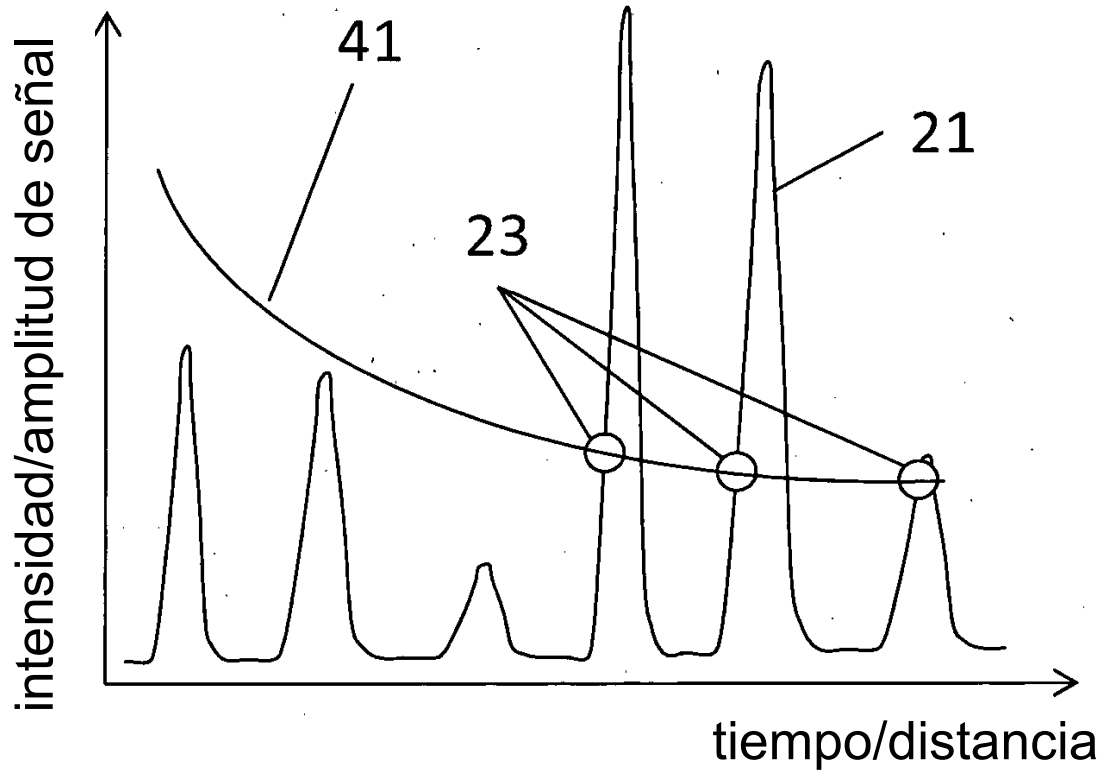


Figura 3

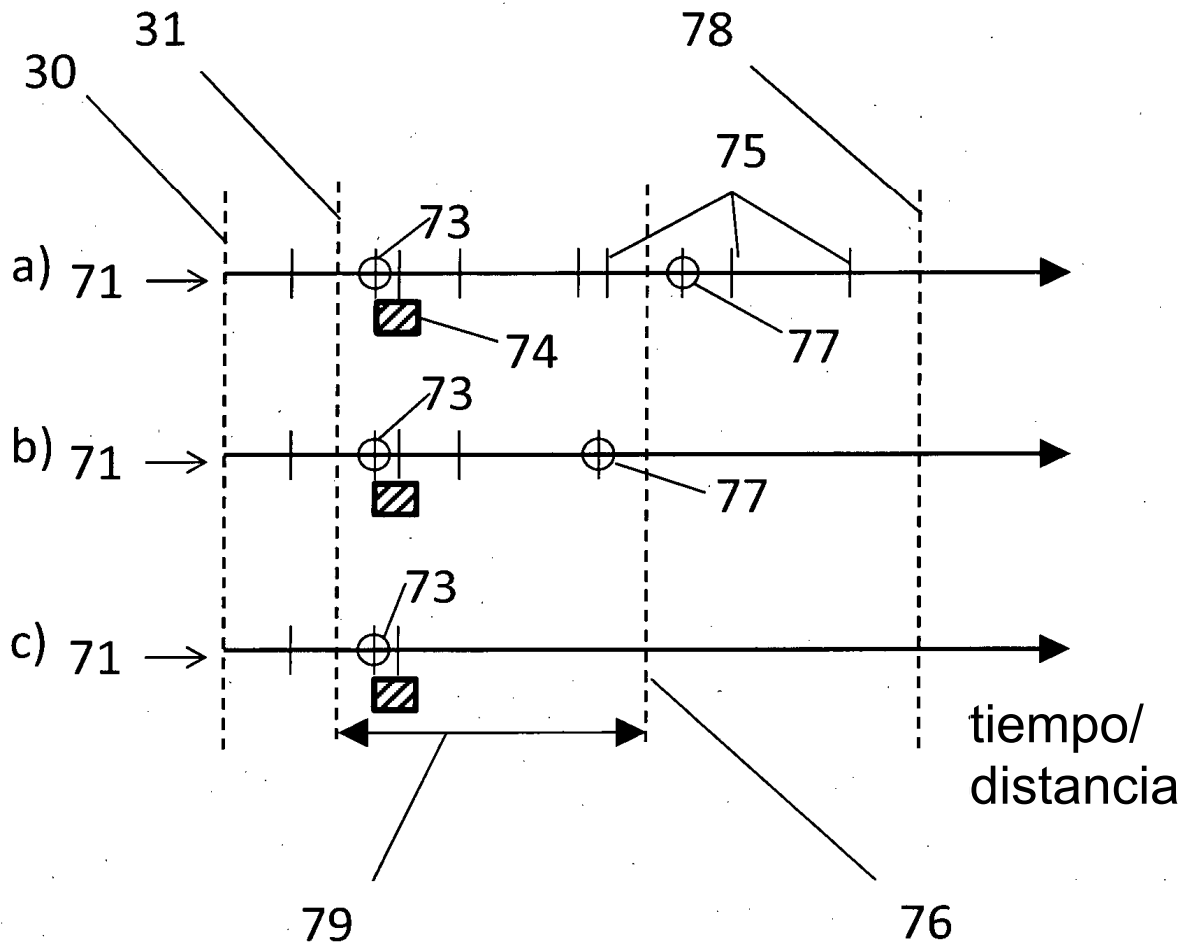


Figura 4

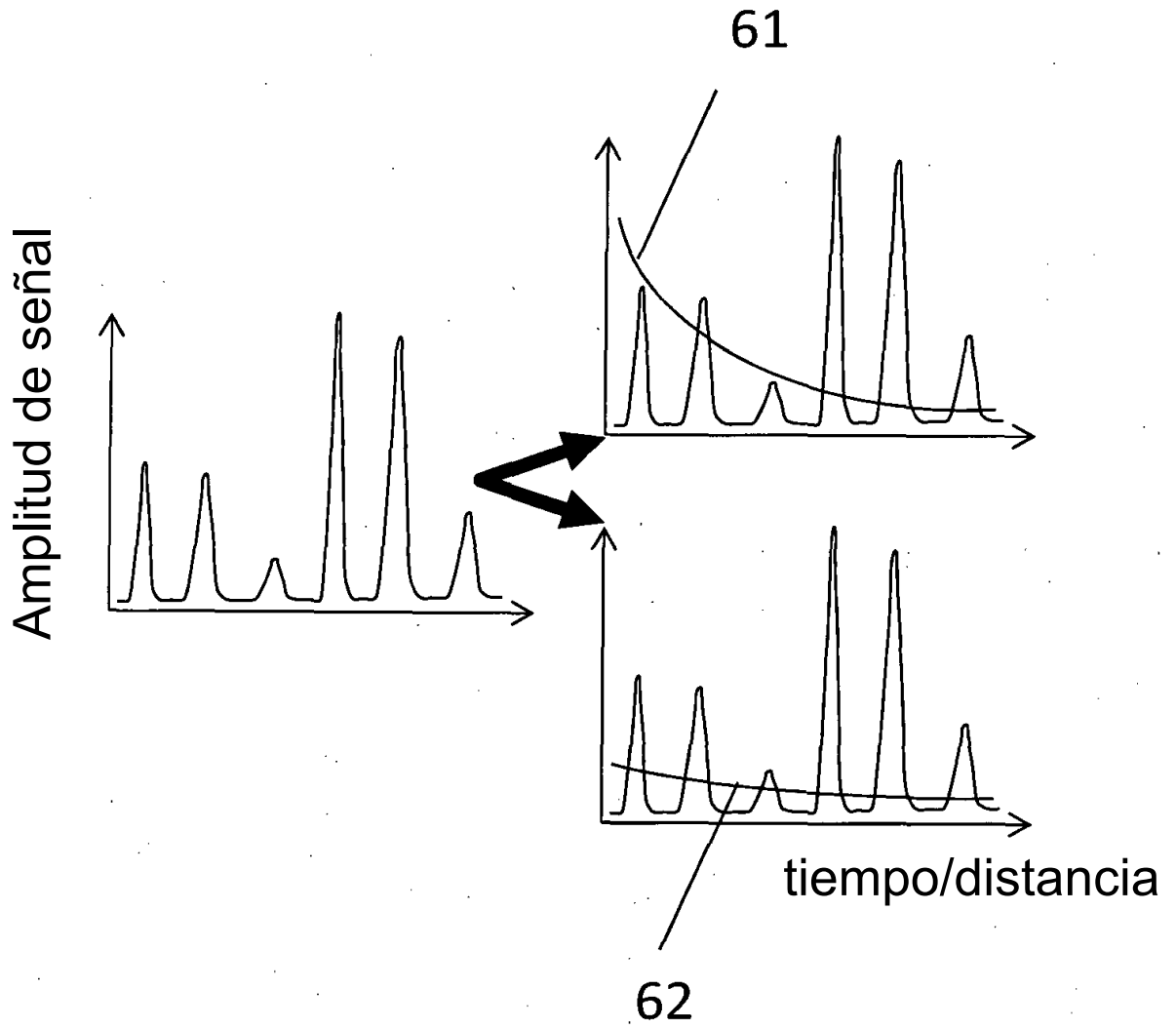


Figura 5

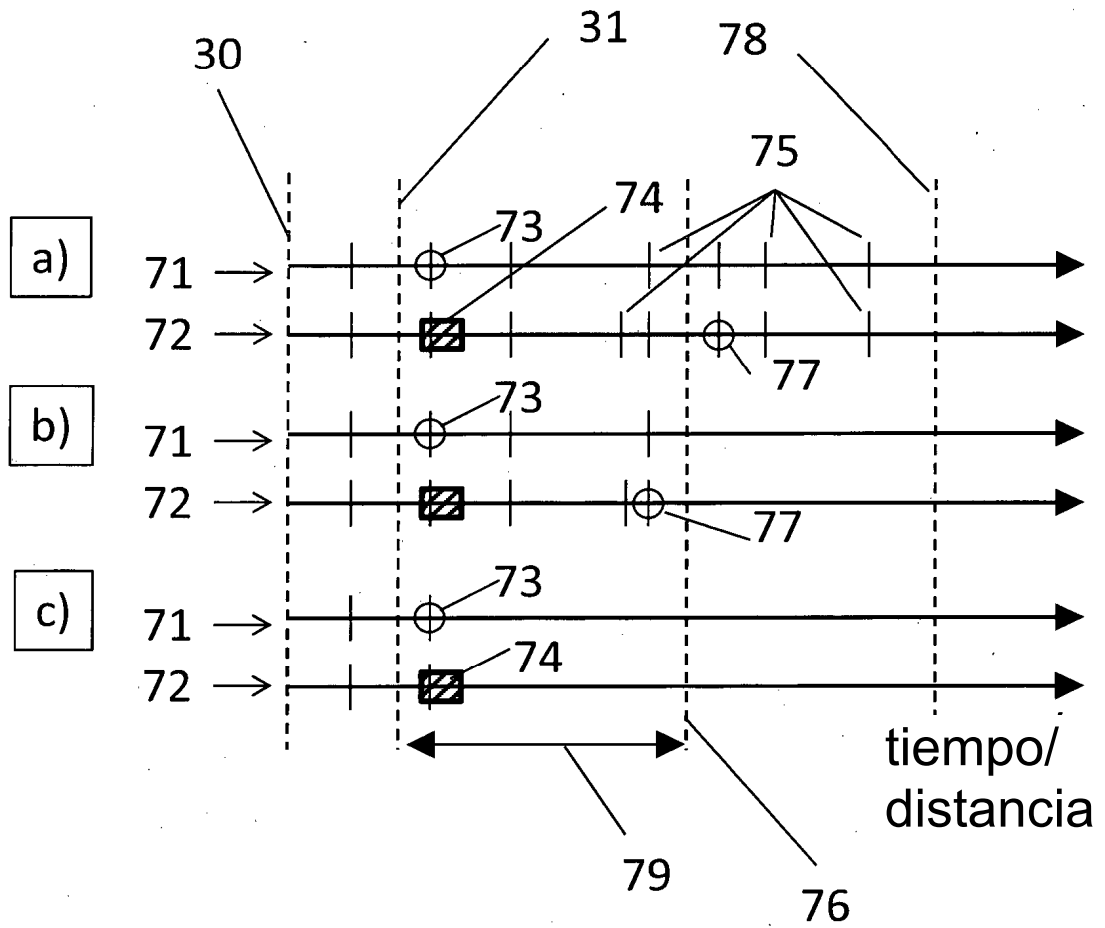


Figura 6a

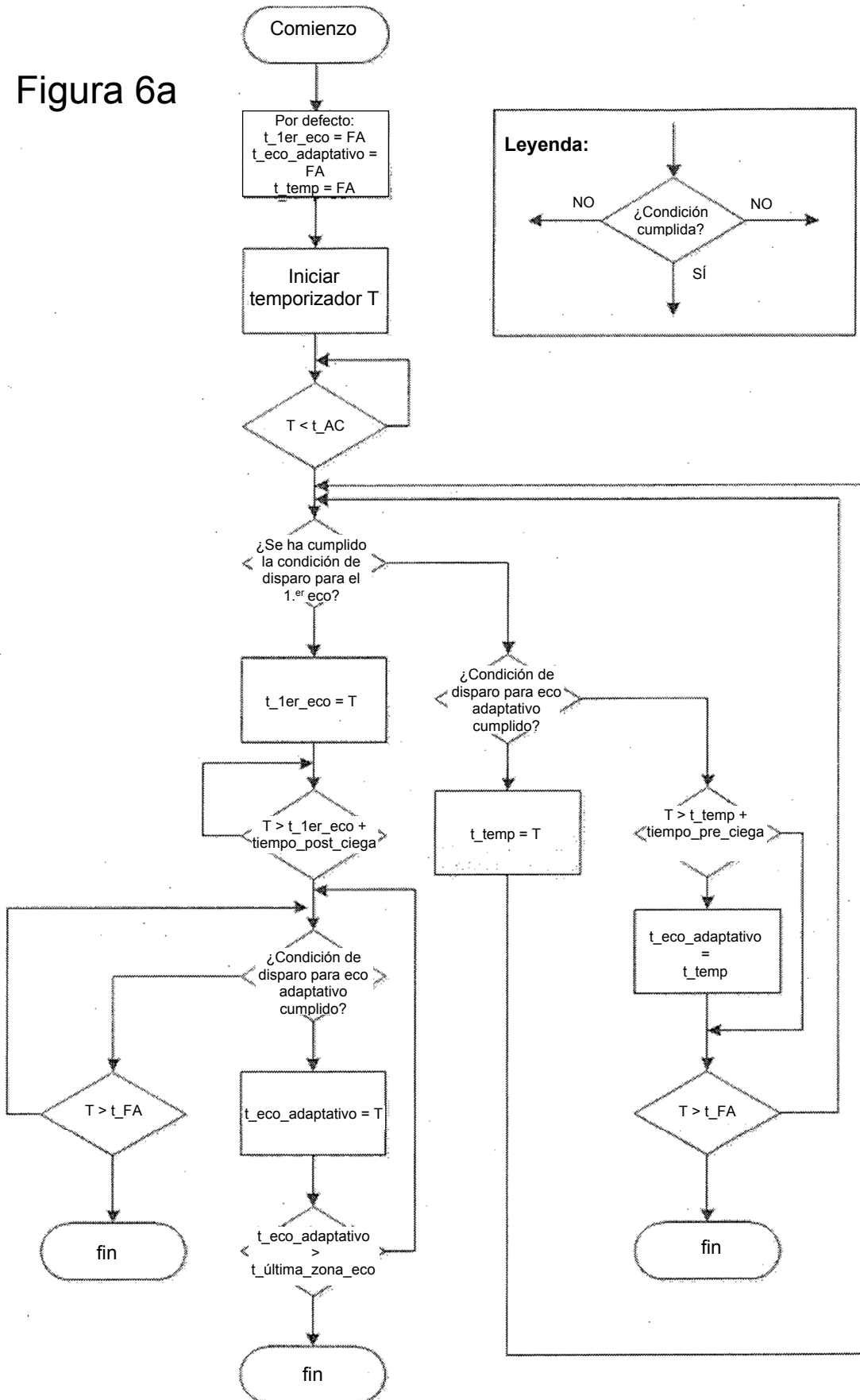


Figura 6b

