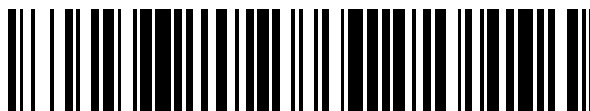


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 658 345**

51 Int. Cl.:

**H04B 11/00** (2006.01)

**G01S 11/14** (2006.01)

**G01S 5/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.08.2006 PCT/US2006/031928**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.02.2007 WO07022233**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.08.2006 E 06801585 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.11.2017 EP 1927201**

54 Título: **Sistema y método de posicionamiento acústico subacuático**

30 Prioridad:

**16.08.2005 US 708741 P**

**15.08.2006 US 464579**

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

**09.03.2018**

73 Titular/es:

**TRACKSERVER, INC. (100.0%)  
151 Martine Street  
Fall River, MA 02723 , US**

72 Inventor/es:

**CROWELL, JONATHAN C.**

74 Agente/Representante:

**IZQUIERDO BLANCO, María Alicia**

ES 2 658 345 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).

**Sistema y método de posicionamiento acústico subacuático****Descripción**

## 5 APLICACIONES RELACIONADAS

[0001] Esta solicitud reivindica prioridad a la Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos N° 60/708.741, presentada el 16 de agosto de 2005, y titulada "Underwater Acoustic Positioning System", cuya solicitud de patente se incorpora aquí por referencia en su totalidad.

## 10 CAMPO DE LA INVENCIÓN

[0002] La invención se refiere a sistemas para localizar la posición de un objeto y, en particular, un sistema acústico para localizar la posición de un objeto situado bajo el agua.

## 15 FONDO

[0003] Un sistema que determina con precisión la posición de un dispositivo submarino sería muy útil para un número de actividades subacuáticas. El GPS puede proporcionar información de ubicación de posición muy precisa en la superficie del globo. GPS se refiere al Sistema de Posicionamiento Global, una constelación de más de dos docenas de satélites GPS que transmiten señales de temporización precisas por radio a receptores GPS electrónicos que les permiten determinar con precisión su ubicación (longitud, latitud y altitud) en tiempo real. Los receptores de GPS calculan su posición actual (latitud, longitud, elevación) y el tiempo preciso, usando el proceso de trilateración después de medir la distancia a por lo menos cuatro satélites comparando las transmisiones de señal de tiempo codificadas de los satélites. Sin embargo, dado que las ondas de radio a la frecuencia del GPS se atenúan muy rápidamente en el agua de mar, el sistema basado en radio no se puede utilizar directamente bajo el agua.

[0004] La transmisión acústica funciona muy bien en agua, con bajas pérdidas, a una velocidad del sonido de aproximadamente 1.500 metros/segundo. Como resultado, generalmente se han usado sistemas de posicionamiento acústicos en lugar de GPS u otros sistemas basados en radio para la determinación del posicionamiento subacuático.

[0005] Un tipo de sistema de la técnica anterior para el posicionamiento bajo el agua se conoce como posicionamiento acústico de línea de base larga (LBL). En la mayoría de los esquemas LBL, el dispositivo a localizar (DTL) está activo y suena cuando recibe un sonido. Un dispositivo de envío de señal envía una señal acústica para activar el DTL, y el emisor recibe el sonido de respuesta y determina el tiempo (retardo de ida y vuelta) para el DTL. Los roles se pueden revertir, pero no se necesita un dominio de temporización global bajo el agua. Cuando los dispositivos estén ubicados en la superficie del agua, los dispositivos de superficie pueden usar GPS para obtener una solución espacial.

[0006] Un sistema de LBL típicamente tiene dos elementos: el primer elemento incluye una serie de balizas de transpondedor amarradas en ubicaciones fijas en el lecho marino (o, por ejemplo, en las boyas fijas al fondo del mar), y el segundo elemento consiste en un transductor acústico en un transceptor que se instala temporalmente en un buque o remolque de peces. Las posiciones de las balizas se describen mediante un marco de coordenadas fijado al lecho marino, y las distancias entre ellas forman las líneas básicas del sistema. La distancia desde una baliza de transpondedor hasta el transceptor se mide haciendo que el transductor transmita una señal acústica corta que el transpondedor detecta y luego responde transmitiendo una señal acústica. El tiempo desde la transmisión de la primera señal hasta la recepción de la señal de respuesta se mide. Cuando el sonido viaja a través del agua a una velocidad conocida, la distancia entre la baliza del transpondedor y el transductor se puede estimar. El proceso se repite para cada una de las balizas transpondedoras restantes, lo que permite calcular o estimar la posición de la embarcación en relación con la serie de balizas.

[0007] En principio, la navegación se puede lograr utilizando solo dos balizas transpondedoras de fondos marinos. En tal caso, sin embargo, el lado de la línea de base en el que se encuentra el buque puede ser ambiguo. Además, la profundidad o altura del transductor debe asumirse (o medirse por separado con precisión). Por lo tanto, tres balizas de transpondedor son el mínimo requerido para una navegación no ambigua en tres dimensiones y cuatro es el mínimo requerido si se desea redundancia para permitir la verificación de la calidad de la navegación. El sistema LBL funciona muy bien, pero requiere que tanto las boyas como las DTL transmitan datos, lo que aumenta la cantidad de ancho de banda acústica requerida a medida que aumenta el número de DTL, lo que limita la cantidad de DTL que pueden participar en el esquema. La complejidad y el consumo de energía del sistema DTL se incrementa significativamente, ya que también debe transmitir datos a las boyas.

[0008] Otro tipo de sistema de la técnica anterior para el posicionamiento bajo el agua es conocido como posicionamiento de Línea de Base Corta (SBL). Normalmente, un sistema SBL se instala en un buque, como una barcaza, un semisumergible o un gran buque perforador. Un número de transductores acústicos se ajusta en un triángulo o rectángulo en la parte inferior del vaso. Hay al menos tres transductores, pero el número típico es cuatro.

La distancia entre los transductores (las líneas de base) se debe a que es lo más grande posible, generalmente un mínimo de 10 metros. La posición de cada transductor dentro de un marco de coordenadas fijado al buque se determina mediante técnicas de levantamiento convencionales o a partir de un estudio "como construido" del buque.

5 **[0009]** Los sistemas SBL transmiten desde uno, pero reciben en todos los transductores. El resultado es una medida de distancia (o rango) y una cantidad de diferencias de rango (o tiempo). Las distancias desde los transductores a una baliza acústica se miden de manera similar a lo que se ha descrito para el sistema LBL, lo que permite que la posición de la baliza sea calculada dentro del marco de coordenadas del barco. Si se realizan mediciones redundantes, se puede calcular una mejor estimación que sea más precisa que un cálculo de posición única. Si es necesario estimar la posición de un buque en un marco fijo o inercial, se debe colocar al menos un faro en una posición fija en el lecho marino utilizándose como punto de referencia.

15 **[0010]** Con un sistema de SBL, el marco de coordenadas está fijado al recipiente, que está sujeto a movimiento de rodar (cambio en la lista), tono (cambio en trim) y guiñada (cambio de la partida). Este problema debe ser compensado mediante el uso de aparatos adicionales, como una unidad de referencia vertical (VRU) para medir el balanceo y el cabeceo y un girocompás para medir el rumbo. Las coordenadas del faro se transforman matemáticamente para eliminar el efecto de estos movimientos. El sistema SBL sufre los mismos problemas que el sistema LBL, a saber; el ancho de banda subacuático requerido se incrementa linealmente a medida que se agrega más dispositivos para ubicar, aumentar la complejidad del hardware/software DTL y la configuración muy difícil del sistema.

25 **[0011]** Los términos Línea de Base Larga y Línea de Base Corta se utilizan porque, en general, las distancias de línea de base son mucho mayores para el posicionamiento de Línea de Base Larga y de Línea de Base Corta (e incluso posicionamiento de Línea de Base Ultra-Corta; USBL). Debido a que las líneas de base son mucho más largas, un sistema LBL es más preciso que SBL y USBL. LBL también tiene la ventaja de colocar el buque u otro objeto directamente en un marco fijo o inercial. Esto elimina la mayoría de los problemas asociados con el movimiento de los vasos. En todos estos sistemas, la gama de balizas del fondo marino necesita ser calibrada. Existen varias técnicas disponibles para lograr esto, y la más adecuada depende de la tarea y del hardware disponible.

30 **[0012]** Existen otros sistemas de la técnica anterior que proporcionan la determinación de la posición bajo el agua, incluyendo la descrita en la Patente de los Estados Unidos. 5,119,341 a Youngberg, titulada "Underwater GPS System". El esquema de Youngberg es esencialmente la transposición directa de técnicas de codificación GPS para uso subacuático, en donde los satélites son reemplazados por boyas y las ondas de radar son reemplazadas por ondas acústicas que viajan desde las boyas a los móviles submarinos. El equipo a bordo del cuerpo subacuático tiene una arquitectura muy similar a la encontrada en un receptor GPS. Se utiliza un reloj estabilizado para la medición precisa del tiempo de llegada de los pulsos acústicos transmitidos secuencialmente por las boyas. Conociendo la velocidad del sonido en el agua, es posible calcular la distancia a las boyas.

40 **[0013]** La metodología Youngberg es un esquema completa de tipo GPS, en el que las boyas de superficie envían información codificada similar a la enviada por los satélites GPS. El dispositivo bajo el agua mantiene un reloj estabilizado, compara el tiempo de llegada del inicio de un mensaje y utiliza los datos de tiempo enviados en el mensaje junto con la ubicación de la boya. Una desventaja de este esquema es que depende de recibir algunos mensajes muy largos en el ambiente ruidoso bajo el agua. El sistema Youngberg también mantiene las boyas en flotación o moviéndose libremente y envía datos de posición en la ubicación de las boyas con regularidad. Esto da como resultado una complejidad aún mayor en el mensaje de datos, en el que se requiere el tiempo del inicio de los datos, junto con los datos de mensaje HORA DE ENVÍO y LOCALIZACIÓN DE LA BOYA, para localizar la posición. Puede ser muy difícil enviar datos acústicos de gran ancho de banda en el ruidoso entorno oceánico, lo que dificulta este enfoque en la práctica. En un sentido práctico, el esquema de Youngberg requiere que las DTL tengan un canal de datos claro desde cada una de las boyas hasta las DTL que usan un módem acústico o no pueden identificar su posición, en el entorno acústico submarino esto es muy difícil de lograr.

50 **[0014]** El esquema de boyas inteligentes GPS (GIB) se da a conocer en la patente de los Estados Unidos N° 5.579.285 de Hubert, titulada "Method and device for the monitoring and remote control of unmanned, mobile underwater vehicles". Este sistema usa un esquema en el que las boyas en la superficie escuchan los datos enviados desde la DTL. Otros datos se envían de vuelta desde las boyas. Es similar al esquema de Youngberg, pero en su lugar utiliza un flujo de datos acústico ascendente. El principio de seguimiento se basa en medir el tiempo de llegada a un conjunto de boyas de un pulso acústico enviado por el DTL en un momento conocido. En un intervalo regular, cada boya transmite a un centro de procesamiento su posición D-GPS y el tiempo de llegada de los pulsos acústicos. Conociendo la velocidad del sonido, las distancias desde las boyas a la DTL se calculan fácilmente. El número mínimo de boyas para desplegamiento es dos, ya que solo hay dos incógnitas, la profundidad del móvil se envía hacia arriba mediante un canal de telemetría. Se puede rastrear una pequeña cantidad de móviles juntos usando diversidad de tiempo o frecuencia. El sistema GIB está limitado por el hecho de que cada dispositivo subacuático a localizar (DLT) debe usar parte del canal limitado de comunicación acústica subacuática para enviar datos acústicos a las boyas de superficie y, por lo tanto, el número de dispositivos rastreados se limita a una pequeña cantidad.

**[0015]** Otro sistema de navegación bajo el agua de acuerdo con el estado de la técnica se conoce de US-A-5.331.602 y US-A5784339.

RESUMEN DE LA INVENCION

5 **[0016]** La invención proporciona sistemas, métodos y dispositivos que permiten que un dispositivo se localice para determinar su posición submarina. La invención puede proporcionar cálculos de posición robustos y fiables que, en realizaciones ejemplares, son precisos dentro de un metro a pesar de las condiciones ruidosas bajo el agua, incluso cuando se despliegan varios dispositivos para localización con el sistema.

10 **[0017]** En un primer aspecto de la invención, se proporciona un método para determinar la posición de un dispositivo submarino. El método incluye la colocación de una pluralidad de dispositivos de mantenimiento de estación sobre o debajo de la superficie del agua en posiciones conocidas. Se proporciona un dispositivo para ubicarlo debajo de la superficie del agua, y el dispositivo a localizarlo y los dispositivos de mantenimiento de la estación están provistos de una base de tiempo sincronizada y un horario de pulso acústico común. Cada dispositivo de mantenimiento de estación envía un pulso acústico a la vez según el programa de pulsos acústicos común. El dispositivo a localizar recibe pulsos enviados por los dispositivos de mantenimiento de la estación y calcula una distancia entre sí mismo y cada dispositivo de mantenimiento de la estación en función del tiempo que se envía el pulso acústico y el momento en que se recibe el pulso. El dispositivo a localizar luego calcula su posición en función de las distancias entre el dispositivo a localizar y los dispositivos de mantenimiento de la estación.

15 **[0018]** En un aspecto adicional de la invención, se proporciona un sistema para determinar la posición de un dispositivo subacuático de localización. El sistema incluye una pluralidad de dispositivos de mantenimiento de estaciones sobre o debajo de la superficie del agua. Cada dispositivo de mantenimiento de estación tiene un medio para determinar su posición, un medio para mantener el tiempo, un transductor para generar pulsos acústicos en el agua, una memoria para almacenar un programa de pulsos acústicos y un procesador en comunicación con la memoria y el transductor para dirigir la generación de pulsos acústicos de acuerdo con el cronograma. Al menos un dispositivo a localizar también se proporciona. El dispositivo a localizar incluye un medio para mantener el tiempo, una memoria para almacenar el programa de impulsos acústicos y una posición conocida para cada dispositivo de mantenimiento de estación, un transductor acústico para recibir impulsos enviados por los dispositivos de mantenimiento de estación y un procesador configurado para calcular la posición del dispositivo para ubicación debajo del agua según el tiempo de llegada de los pulsos acústicos. Cada medio para mantener el tiempo en el sistema está sincronizado y cada memoria almacena el mismo programa de pulsos acústicos.

25 **[0019]** En un aspecto adicional más de la invención, se proporciona un dispositivo a localizar que puede calcular su posición submarina en un sistema que tiene una pluralidad de estación de mantenimiento de dispositivos en o por debajo de la superficie del agua. Cada dispositivo de mantenimiento de estación en el sistema está ubicado en una posición conocida e incluye un medio para mantener el tiempo sincronizado con una base de tiempo del sistema, un transductor para generar pulsos acústicos en el agua, una memoria para almacenar un programa común de pulsos acústicos, y un procesador en comunicación con la memoria y el transductor para dirigir la generación de pulsos acústicos de acuerdo con el cronograma. El dispositivo a localizar incluye un medio para mantener el tiempo sincronizado con la base de tiempo del sistema, una memoria para almacenar el programa común de impulsos acústicos y la posición conocida para cada dispositivo de mantenimiento de estaciones, un transductor acústico para recibir impulsos enviados por los dispositivos de mantenimiento de estación y un procesador configurado para calcular la posición del dispositivo para ubicación debajo del agua en función del tiempo de llegada de los pulsos acústicos.

35 **[0020]** La presente invención proporciona una ventaja significativa sobre los sistemas de la técnica anterior en los que se puede usar muy poco ancho de banda acústica y la cantidad de datos se fija para cualquier número de dispositivos de localización. En la presente invención, la señal de cada boya llega en un momento conocido y tiene datos predeterminados (por ejemplo, un sonido acústico a una frecuencia y duración conocidas). La señal es muy fácil de detectar en entornos ruidosos y deja la mayoría del canal acústico subacuático disponible para otros usos, como los módems de datos acústicos. Además, calculando la atenuación acústica de las señales de localización en función de la distancia y ajustando un amplificador de ganancia variable para dar cuenta de la atenuación, los sistemas y métodos de posicionamiento pueden hacerse aún más robustos.

40 **[0021]** La determinación de la posición por un dispositivo a localizar en la presente invención no requiere que el dispositivo bajo el agua transmita ningún dato acústico, puede simplemente escuchar la transmisión desde los dispositivos de mantenimiento de estación. Esto permite que el hardware implemente estos sistemas y métodos para que sea muy simple, económico y compacto, ya que no es necesario transmitir datos desde el dispositivo. Este esquema también es encubierto donde el dispositivo no tiene que transmitir energía acústica para derivar su ubicación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

65 **[0022]** La invención se entenderá más completamente a partir de la siguiente descripción detallada tomada en

conjunto con los dibujos adjuntos:

La figura 1 ilustra un sistema de la invención que tiene tres boyas de superficie que envían impulsos temporizados a un dispositivo a localizar;

La figura 2 ilustra una solución geométrica al problema de localizar un punto dada la distancia desde tres puntos conocidos, como se emplea en la presente invención;

La figura 3 proporciona un diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento de un dispositivo de mantenimiento de estación de la invención;

La figura 4 proporciona un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de electrónica para el funcionamiento de un dispositivo de mantenimiento de estación de la invención;

La figura 5 proporciona un diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento de un dispositivo para ubicar la invención;

La figura 6 proporciona un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de electrónica para el funcionamiento de un dispositivo para ubicar la invención;

La figura 7 ilustra un dispositivo para ubicar la invención que tiene una pantalla; y

La figura 8 ilustra un software de planificación de misiones útil con sistemas y métodos de la invención.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

**[0023]** La presente invención proporciona un método y aparato para localizar una posición 3-dimensional precisa de un dispositivo submarino o el vehículo utilizando un método de señalización acústica y una base de tiempo estabilizado. La base de tiempo estabilizada se puede proporcionar en el dispositivo a localizar usando un reloj estabilizado. Si se conoce la profundidad del dispositivo a localizar (DTL), el sistema requiere al menos dos transmisores acústicos espacialmente separadas (boyas) en ubicaciones fijas en la superficie del agua. Estas boyas se denominan boyas de mantenimiento de estaciones. Un esquema alternativo permitiría fijar las boyas bajo el agua en una ubicación conocida, no sujeta al error de posición cuando están flotando, la base de tiempo para dicha boya de mantenimiento de la estación podría ser proporcionada por un receptor GPS flotante en un cable (la hora del GPS solo estaría disponible a través del cable) o un reloj estabilizado como el utilizado en las DTL. El tiempo en las boyas también podría actualizarse por cable, llegando a la superficie de vez en cuando, o algún otro esquema acústico que le permita corregir la desviación del tiempo.

**[0024]** Las boyas y cualquier número de receptores submarinos (DTLS) tienen relojes muy precisos que están sincronizados (es decir, el sistema tiene una base de tiempo estabilizado). Las boyas en ubicaciones conocidas pueden enviar sonidos en momentos conocidos en base a un horario compartido. Los receptores bajo el agua pueden saber el momento en que debe llegar el pulso acústico (sonido), así como la amplitud del pulso, y por lo tanto pueden medir el tiempo de llegada con mucha precisión. Cuando el sistema usa un solo sonido de cada boya y sabe la hora de llegada con mucha precisión (ya que su posición está muy bien predicha desde el último arreglo), el sistema puede identificar fácilmente la señal en un ambiente ruidoso, lo que hace que el sistema sea muy robusto.

**[0025]** Un sistema 10 de la invención se ilustra en la Figura 1. En la realización ilustrada, tres boyas 12 se proporcionan en la superficie del agua 14. Las boyas 12 son generalmente estacionarias, y sus posiciones pueden ser estabilizadas usando la estación de mantenimiento de compulsión o por anclarse al lecho marino 16. Las boyas 12 se ilustran en la superficie 14 del agua, sin embargo, en ciertas realizaciones, también se pueden colocar debajo de la superficie 14 del agua en posiciones conocidas o conocibles. Las boyas 12 incluyen transductores acústicos 18 que pueden enviar pulsos acústicos temporizados 20 que pueden ser recibidos por el dispositivo a localizar 22 que tiene un transceptor acústico 26 a una profundidad D por debajo de la superficie del agua 14. En esta realización, las boyas 12 y dispositivo a localizar 22 mantienen una base de tiempo estabilizada. Mientras se ilustran tres boyas 12, es posible usar menos, dependiendo de los objetivos para determinar la posición del dispositivo a localizar 22, y podría ser más de tres por una serie de razones, incluso para fines de redundancia o aumento del alcance de la capacidad de determinación de posición. Se ilustra un dispositivo a localizar 22, pero se puede proporcionar cualquier número, y una de las ventajas que puede proporcionar la presente invención es la capacidad de determinar la posición de un gran número de tales dispositivos.

**[0026]** En la forma de realización ilustrada, las boyas 12 utilizan un receptor GPS 24 para mantenerlas en un dominio de tiempo sincronizado. Las DTL 22 pueden tener osciladores estabilizados por temperatura muy precisos que están sincronizados y calibrados para el dominio de tiempo UTC común, de modo que cuando los dispositivos se sumergen, también pueden mantener la base de tiempo estabilizada. Cada dispositivo 12, 22 en el sistema 10 puede por lo tanto estar en una base de tiempo común y tener un programa común de pulsos acústicos 20. Las boyas 12 que transmiten pulsos 20 de localización acústica pueden comenzar a transmitir sonidos simples (ráfaga

corta de energía acústica, sonando el transductor) en un horario (usando el tiempo del GPS) desde ubicaciones conocidas.

5 **[0027]** El horario en el que se basan los pulsos acústicos 20 puede ser un programa periódico para simplicidad, y separados en el tiempo para que las señales de las boyas no choquen en el campo de interés, donde operan los receptores 26 del dispositivo a localizar 22. Los dispositivos subacuáticos pueden conocer su ubicación de partida cuando se sumergen por primera vez, utilizando un GPS, y por lo tanto pueden medir la llegada de cada pulso (conociendo la hora en que se envió y la ubicación de la boya) y derivar una distancia aproximada a cada boya (velocidad del sonido multiplicada por el tiempo). Ya que la DTL conoce muy de cerca la distancia a cada boya, puede utilizar este hecho para ignorar los sonidos o el ruido acústico en todas las ventanas de tiempo, excepto en el muy pequeño lapso de tiempo en el que llegaría el pulso real. La DTL puede incluir un amplificador de ganancia ajustable y puede ajustar la ganancia para tener la intensidad de la señal en un nivel uniforme. En una realización, el impulso es una señal de muy corta duración y solo el impulso que llega primero (es decir, el camino más corto) es de interés, se puede ignorar cualquier reflexión de camino más larga. En esta realización, el impulso puede ser un simple sonido, es decir, una señal conocida que no tiene variación o información contenida, de modo que solo debe determinarse su tiempo de llegada para que la DTL determine su ubicación. Si bien las boyas pueden transmitir o emitir otros datos, no se requiere ppor la DTL para determinar su posición.

20 **[0028]** El método de la presente invención utiliza señales acústicas cortas transmitidas en un horario y es de muy bajo ancho de banda y requiere sólo una transmisión de señal de una manera para que la DTL determine su posición. La DTL puede escuchar una señal conocida muy simple que llega a un margen reducido de tiempo conocido. Esta señal puede ser de gran amplitud (nivel de presión acústica) que puede transmitirse a grandes distancias y es muy inmune al ruido. El sonido puede tener señales reflejadas que llegan más tarde que el sonido directo, pero pueden ignorarse ya que el primer pulso recorre la distancia más corta y, por lo tanto, es el primero medido y temporizado por la DTL. De hecho, el método de sonido es lo que se usa para medir con precisión la profundidad del agua debajo de un bote en el océano. Por lo tanto, esta técnica se puede utilizar a grandes profundidades y puede medir la señal reflejada en entornos de mucho ruido.

30 **[0029]** La presente invención puede utilizar sonidos de baja frecuencia, ya que los sonidos no tienen que llevar información. La señal es un valor conocido, similar a un "1" en binario. Al transmitir datos, la señal es desconocida, por lo que el ruido puede causar confusión en cuanto al valor recibido ("0" o "1"). En el caso del sonido de sincronización, el inicio de la señal es todo lo que se usa para medir el tiempo de viaje. El uso de una frecuencia más baja permite que las señales viajen mucho más lejos con pérdidas menores.

35 **[0030]** En una realización preferida, la programación de la transmisión de impulsos 20 está configurada para ser lo suficientemente rápida para mantener la posición de actualizaciones regulares, pero espaciados lo suficiente entre sí para evitar la confusión en la distinción de la primera aparición de impulsos de cada boya de otras señales o de reflejos. La frecuencia del transductor de cada boya también puede ser diferente, para permitir la discriminación entre boyas en el mismo espacio de tiempo, o se puede usar la misma frecuencia pero separada en el tiempo. El cronograma también se puede diseñar conociendo la velocidad de propagación, de modo que si hay áreas donde dos boyas entrarían en conflicto, es decir, la llegada de la señal sería al mismo tiempo dado el tiempo de transmisión, el cronograma puede alternarse para garantizar que la segunda secuencia se separara en el tiempo de llegada.

45 **[0031]** Tres horarios de transmisión a modo de ejemplo se presentan en la Tabla 1 a continuación. Los tiempos mostrados para estos horarios alternativos son los tiempos en que las boyas 12 transmiten un pulso o sonido 20. El dispositivo a localizar 22 obtendrá el tiempo de llegada de cada sonido y, conociendo el tiempo de transmisión y teniendo un dominio de reloj global común, puede luego calcular la distancia a cada boya 12.

50

TABLA 1	
Programa de transmisión 1:	Período: 60 segundos Boya1: T = 0, 3, 6, .. 57, f = 30khz Boya2: T = 1, 4, 7, .. 58, f = 30khz Boya3: T = 2, 5, 8, .. 59, f = 30khz
55 Programa de transmisión 2:	Período: 60 segundos Boya1: T = 0, 10, 30, 40, f = 100khz Boya2: T = 5, 20, 35, 50, f = 100khz Boya3: T = 10, 25, 40, 55, f = 100khz
60 Programa de transmisión 3:	Período: 60 segundos Buoy1: T = 0, 3, 6, ... 57, f = 30khz Buoy2: T = 0, 3, 6 ... 57 f = 32khz Buoy3: T = 0, 3, 6, ... 57 f = 34khz

65 **[0032]** El Programa de Transmisión 2 alterna la segunda transmisión, para permitir la separación del tiempo de llegada. En estos ejemplos, el ciclo puede repetirse cada minuto. El Programa de Transmisión 3 tiene los pulsos

transmitidos al mismo tiempo, pero tiene diferencias de frecuencia para cada boya, de modo que las señales se pueden distinguir incluso si tienen el mismo tiempo de llegada en un punto dado en el espacio.

5 **[0033]** Si el dispositivo a localizar 22 conoce su profundidad utilizando un transductor de presión u otro dispositivo, es posible utilizar un sistema con sólo dos boyas 12. En este caso, mientras que hay dos soluciones para la posición, ya que se conoce la solución aproximada, entonces la posición de la DTL aún se puede resolver (2 ecuaciones, 2 incógnitas). Con tres boyas, se puede resolver X, Y, Z (latitud, longitud y profundidad) o, si se conoce la profundidad, se puede resolver una velocidad de sonido más precisa (Distancia = tiempo \* velocidad del sonido).  
10 Un ejemplo de la solución geométrica para la trilateración (triangulación) se puede encontrar en el ejemplo presentado junto con la Fig. 2 a continuación.

**[0034]** Cuando el sistema se hace funcionar con tres o más boyas 12 y los receptores 26 (en las DTL 22) están a una profundidad conocida D, los datos adicionales están disponibles que pueden usarse para calcular la velocidad media real de sonido en la zona entre las boyas 12 y DTL 22. Usando la trilateración (triangulación), un cálculo simple puede producir la latitud, longitud y profundidad (X, Y, Z) de la DTL. Usando dos mediciones en tiempo, la DTL también puede calcular la velocidad y el rumbo en que se mueve. Esta información también se puede usar para predecir el tiempo del próximo pulso.

20 **[0035]** La figura 2 representa gráficamente la solución geométrica al problema de localizar un punto (es decir, DTL 22) cuando se le da su distancia ( $L_1, L_2, L_3$ ) a partir de tres puntos conocidos (es decir, boyas que mantienen la estación 12). En este sistema de coordenadas tridimensionales, el eje X se define como la línea entre el primer y el segundo punto de referencia. El eje Y es una línea perpendicular al eje X, que pasa por el primer punto, en el plano de los tres puntos y en la dirección del tercer punto. El eje Z se define mediante un sistema de coordenadas a la derecha entre los ejes X y Y. Al conectar los cuatro puntos con líneas, se forma el tetraedro. En uso con la presente invención, el tetraedro se volteará generalmente boca abajo, siendo los tres puntos conocidos las boyas 12 en la superficie del agua y el punto inferior el dispositivo subacuático para ubicar 22.

30 **[0036]** El uso de esta geometría, la profundidad y la posición del receptor 22 se puede encontrar utilizando unos pocos cálculos. Los siguientes cálculos se pueden utilizar en la presente invención para encontrar la posición tridimensional de un punto, dada su distancia a tres puntos conocidos en el espacio tridimensional:

35 
$$X = (L_1^2 - L_2^2 + L_{B1}^2) / (2L_{B1})$$

40 
$$C_1 = (L_1^2 - X^2)^{1/2}$$

45 
$$X_B = (L_{B3}^2 - L_{B2}^2 + L_{B1}^2) / (2L_{B1})$$

50 
$$C_B = (L_{B3}^2 - X_B^2)^{1/2}$$

55 
$$D_1 = (C_1^2 + (X_B - X)^2)^{1/2}$$

60 
$$Y = (D_1^2 - L_3^2 + C_B^2) / (2C_B)$$

$$Z = (C_1^2 - Y^2)^{1/2}$$

65 **[0037]** La geometría también se puede extender a más de tres puntos, que permite que una anule los errores en las mediciones de longitud y/o mejore la velocidad de la estimación de sonido utilizado para calcular las longitudes de los transmisores. Además, las longitudes  $L_n$  se pueden convertir a la velocidad del sonido en el tiempo \* y luego se resuelven para la velocidad del sonido con los datos de una boya adicional.

**[0038]** La ubicación de la boya 12, aunque general o sustancialmente fija manteniéndola en dispositivos de propulsión estacionarios o mediante anclaje, puede cambiar aún con el movimiento de las olas o por las mareas, las corrientes o las olas que lo empujan fuera de la estación. Este error puede corregirse parcialmente si la boya 12 conoce la dirección general de los receptores 26 (DTL 22) entre las boyas 12. Por ejemplo, si una boya 12 se mueve hacia arriba 10 pies, la boya puede corregir parcialmente este error avanzando el cronograma de envío del sonido para que el sonido ya haya recorrido 10 pies en el tiempo de transmisión programado. La geometría puede producir mejores ajustes de error para ajustar el tiempo de lanzamiento, avanzar o retardarlo para ayudar a cancelar los errores causados por el movimiento de la boya. De esta forma, el error puede reducirse considerablemente cuando el pulso de llegada se mide en la DTL.

**[0039]** Un diagrama de flujo básico para el funcionamiento de una boya 12 se ilustra en la Figura 3. Tras el Inicio de Misión 40, los datos de configuración pueden cargarse en 42 o transmitirse a la boya. Los datos de configuración pueden incluir el programa de sonido común, o los datos de posición o tiempo. La boya puede determinar su ubicación, por lo general tomando un GPS 44. Donde la boya incluye propulsión, puede moverse a la posición de estación deseada 46, verificando su posición de GPS a lo largo del camino para determinar cuándo ha llegado a la posición 48 de la estación. La boya está dentro del rango deseado de su posición de estación, puede leer la hora y ubicación a través de su sistema GPS 50. Un servo de posición puede mantener la boya en su posición de estación, y al rastrear su posición, puede generar su error posicional 52 - la distancia y dirección desde su posición original. En función de este error, la boya puede corregir su posición si es necesario, o puede ajustar su tiempo de sonido con respecto al programa como se describió anteriormente para justificar el error de posición 54. Los sonidos se pueden generar de acuerdo con el programa 56 con o sin correcciones. Cuando la misión se completa 58, la boya puede conducir a su casa desde la posición 60 de la estación. De lo contrario, la boya puede seguir leyendo su hora y ubicación, y proceso desde el paso 50. Una vez que la boya llega a casa, su misión está completa 62.

**[0040]** La figura 4 proporciona un diagrama de bloques que ilustra los componentes electrónicos para una realización de una boya 12 de la invención. La boya 12 incluye un microprocesador 80 que impulsa el funcionamiento lógico de la boya. En una realización ejemplar, el microprocesador 80 puede ser un microprocesador PIC disponible de Microchip Technology, Inc. de Chandler, Arizona, por ejemplo, un PIC 18F258 o un microprocesador similar. Se puede proporcionar una estación de programa de datos de entrada RS232 82 para comunicarse con el microprocesador 80, por ejemplo, para cargar datos de programación y posición.

**[0041]** Un Receptor GPS 84, con Antena GPS 86 asociada, se conecta al procesador 80. En una realización ejemplar, el receptor GPS 84 puede ser un sistema Garmin OEM GPS 15L (disponible de Garmin International, Inc., de Olathe, Kansas). Este receptor GPS 84 también puede incluir una salida altamente precisa de un pulso por segundo (PPS). El borde de pulso de salida de GPS de un pulso por segundo (PPS) puede ocurrir de forma sincronizada en todos los receptores de GPS en las boyas 12 y está vinculado a los dominios de reloj atómico en la constelación de GPS. La salida es altamente precisa y se proporciona para el uso de aplicaciones que requieren mediciones de tiempo precisas. Se puede utilizar en la presente invención, junto con una salida de tiempo ASCII, para proporcionar una base de tiempo sincronizada cuando todos los dispositivos están por encima de la superficie del agua. Las DTL se sincronizan en este momento cuando están por encima del agua y mantienen la hora usando un oscilador de temperatura estabilizada bajo el agua. La señal GPS PPS se puede generar después de calcularse la fijación de la posición inicial y puede continuar hasta la bajada de potencia. El flanco ascendente de la señal está sincronizado con el comienzo de cada segundo de GPS. Para obtener los resultados más precisos, la salida PPS se puede calibrar contra una referencia de tiempo local para compensar retrasos de cable y de receptor interno y el sesgo de tiempo local.

**[0042]** La electrónica de boya 12 también incluye una fuente de energía tal como una batería 88 que tiene una salida de corriente continua regulada para alimentar el microprocesador 80. Un convertidor de DC de alta tensión 90 también puede estar conectado entre la batería 88 y electrónica de accionamiento 92, que impulsa un transductor 94 para crear las señales de sonido.

**[0043]** El funcionamiento de las DTL tras inicio de misión 100 puede ser descrito por referencia al diagrama de flujo básico proporcionado en la Figura 5. En general, todos los datos enviados desde las boyas 12 se desplazan hacia abajo a un dispositivo a localizar 22, o en otras formas de realización, una pluralidad de DTL, que utilizan los datos. El programa de transmisiones y la ubicación de las boyas 12, o cualesquiera otros datos de configuración, se puede proporcionar 102 a las DTL 22 antes de que se sumergen, o estos datos se pueden enviar a las DTL 22 en un horario. Dado que puede ser difícil que se envíe este tipo de datos a todas las áreas de una columna de agua, una realización de la presente invención no requiere que esta información se envíe en absoluto, sino que en su lugar se puede transmitir a las DTL antes de tiempo, por ejemplo, antes de colocarse la DTL bajo el agua. También es posible enviar estos datos a una velocidad de datos muy baja junto con los datos de posicionamiento de impulsos acústicos en algún programa predeterminado, a las DTL mientras que están sumergidas utilizando un esquema de modulación como utilizaría un módem acústico. Esto permite la actualización de los dispositivos con un nuevo horario durante el funcionamiento si las boyas cambian. Los datos pueden ser diseñados para integrarse en el programa después de los sonidos desde un receptor. Unos pocos bits de datos son enviados después de cada sonido, proporcionando el conjunto completo de datos después de algún número de sonidos.



**[0044]** Típicamente antes de colocarse en el agua, la DTL puede conseguir una ubicación posicional GPS 104 para determinar su ubicación actual, y de sincronización para el dominio del tiempo de las boyas 12, por ejemplo, utilizando la metodología PPS descrita anteriormente. La DTL puede mantener el tiempo 106, por ejemplo, mediante el uso de un oscilador estabilizado, cuya salida se ha sincronizado con el tiempo de GPS proporcionado por el PPS anteriormente. Tras la colocación en el agua, una solución de posición actualizada basada en GPS se puede obtener 108 y la distancia a todas las boyas 110 calculada.

**[0045]** Si se requiere que se envíen datos sobre la posición y el horario a las DTL después de desplegarse bajo el agua, puede ser "delta" o datos de cambio como el cambio en la posición de algún dato local. Esto podría ser, por ejemplo, los pies de un punto de referencia (latitud y longitud del punto de referencia). Esto permite el envío de un pequeño número de bits, por ejemplo menores de 32 años, para cada posición de la boya. Al ser estos datos bastante estáticos, pueden ser enviados con algún esquema de codificación muy robusto, tal como, por ejemplo, el pulso en un reloj a 100 baudios, que puede ser enviado distancias muy largas y es muy sencillo de decodificar.

**[0046]** Una vez bajo el agua, la DTL puede ordenar el horario de sonido para determinar el siguiente tiempo de sonido llegada previsto 112. La DTL entonces escucha por un pulso en un momento conocido 114 de una boya dada. Dado que la DTL conoce la distancia y el tiempo hasta la boya, se puede ver la ventana muy de cerca y escuchar si se transmitió el pulso (pulso presente = 1, ausente = 0).

**[0047]** Al actualizar la corrección de posición, se conoce la última posición y dirección, y la profundidad y la velocidad pueden, por tanto, conocerse con mucha precisión. Sobre la base de éstas, la hora en que se recibió el siguiente pulso de posición y hasta dónde va a viajar también se pueden predecir con mucha precisión. Dado que la atenuación del pulso acústico frente a la distancia del medio (por ejemplo, agua de mar) también se conoce, se puede ajustar la ganancia en un amplificador de ganancia variable 112, detectar el pulso, y luego utilizar el tiempo de la amplitud y la llegada del impulso para filtrar las señales de ruido no deseadas. Esta característica hace este esquema de posicionamiento muy robusto y el ruido inmune y se puede lograr mediante el ajuste de un amplificador logarítmico muy estable, como los amplificadores AD8330 o AD602 disponibles de Analog Devices, Inc. de Norwood, Massachusetts. Mediante el establecimiento de una ventana de tiempo de llegada de la señal esperada, incluso las señales reflejadas que llegan más tarde pueden ser rechazadas por estar fuera de la ventana de tiempo probable. Si llegan a caer en otro pulso, que puede distinguirse por tener amplitud más débil que la primera señal de llegada real. Si colisionan con exactitud, la señal recibida será simplemente más fuerte. Dado que la velocidad y la posición del vehículo también se conocen a partir de la diferencia entre las dos últimas mediciones puede ser de estimación entre los cálculos de manera que la posición puede ser informada a una velocidad mucho mayor. En una realización, los sistemas de la invención proporcionan datos georeferenciados tales como latitud y longitud y profundidad en una trama dada de referencia tal como WGS 84, pero es posible que salga la posición en cualquier marco de referencia.

**[0048]** Si las señales son recibidas y los tiempos de llegada almacenados 116 de todas las boyas activas 12, el procesamiento puede continuar 118 con más valores de posición, dirección y velocidad que se calculan sobre la base de la triangulación a partir de las boyas 120 y se emiten 122. La posición, dirección, e información de velocidad, entonces se pueden utilizar para calcular el siguiente tiempo de la señal 124. La DTL entonces puede regresar a la espera de la próxima llegada de la señal 112. En el caso en que las señales no se reciben de cada boya activa 118, de nuevo, la DTL puede regresar a la espera de la próxima llegada de la señal 112.

**[0049]** Con referencia ahora a la figura 6, se ilustra un diagrama de bloques que representa la electrónica para una DTL 22 de la invención. La DTL puede incluir un microprocesador 140, Receptor GPS 144, antena GPS 146, y batería 148 similares a los previstos para la electrónica de boya 12 descrita anteriormente. Un oscilador estabilizado 150 se incluye para permitir el mantenimiento de la sincronización de tiempo para el reloj atómico GPS cuando el dispositivo está funcionando bajo el agua. El oscilador 150 puede ser, por ejemplo, un oscilador de cristal controlado por horno de Modelo FOX FPC5 Series AF 50,8 mm X 50,8 mm, o cualquier otro dispositivo adecuado conocido en la técnica. Las versiones estándar de un oscilador de este tipo pueden proporcionar una muy baja deriva de 2 partes por mil millones cuando se calientan hasta su temperatura de funcionamiento después de 3 minutos. En la realización preferida, este reloj puede funcionar a 10 MHz y proporcionar la señal de reloj para el microprocesador 140. El reloj de 10 MHz se mide y se sincroniza con el reloj del GPS PPS cuando esté encima del agua. La estabilidad y la precisión del oscilador se compara con el reloj GPS mientras que el dispositivo está por encima del agua y cualquier error de frecuencia se puede ajustar fuera del sistema con un factor de corrección, tal como añadir 5 nanosegundos cada segundo, etc. Un reloj de baja deriva que está sincronizado con los relojes de GPS en las boyas, en combinación con una programación, puede permitir que la DTL sepa a priori cuando se haya enviado los datos acústicos puede ser una característica importante de los dispositivos de la invención. Esto permite uso para medir el tiempo de tránsito de la señal del pulso acústico y deriva la distancia recorrida. En un sistema con 2 ppb de error de frecuencia o mejor, esto puede funcionar a un error de temporización de 0,86 milisegundos durante un período de 12 horas bajo el agua, esto se relaciona con la distancia de error de error de medición 0,13 metros de la distancia desde las boyas. Esto permite una muy precisa medición de submetro de la posición bajo el agua durante un tiempo de misión útil. Sincronización más exacta (dispositivos comerciales actualmente disponibles tienen ppb de 0,5 o más bajo de error de frecuencia) dará lugar a resolución de posición más precisa.

**[0050]** Un amplificador de ganancia variable 152, como se describe anteriormente, puede ser conectado al

microprocesador 140, y también a un transductor 154 que recibe las señales acústicas a partir de las boyas 12.

**[0051]** En la realización ilustrada, la electrónica para los dispositivos puede ser muy pequeña, algo del orden de menos de 2 pulgadas cuadradas por 0,4 pulgadas de espesor. Las antenas activas GPS son del orden de 1 pulgada x 1 pulgada. La presente invención se puede implementar en su totalidad usando componentes conocidos en la técnica, siendo componentes que normalmente están disponibles a bajo costo. La realización preferida utiliza una salida PPS de receptor GPS OEM estándar y un oscilador estabilizado atado a un microprocesador PIC. Dispositivos de reloj de sincronización GPS disponibles comercialmente adecuados para uso con la presente invención incluyen el GPSClock Modelo 200 y el Accord GPS Clock NAV2300R-TD1, pero sería adecuado cualquier dispositivo comercialmente disponible o desarrollado específicamente conocido o imaginable por alguien de habilidad en la técnica.

**[0052]** En una realización, el dispositivo a localizar puede ser llevado por un buceador. Por ejemplo, los componentes electrónicos podrían colocarse en un dispositivo que podría ser usado como un reloj de pulsera (usando la correa 214), y que proporciona la posición, profundidad, velocidad, distancia y/o información de dirección para el buceador. Un diagrama de un dispositivo de este tipo 200 se proporciona en la figura 7. Una pantalla 202 se proporciona en el dispositivo que puede ilustrar, por ejemplo, la distancia de dirección 204 y 206 a un objetivo 208 - en la realización ilustrada, el objetivo es "casa." Un botón pulsador 212 se puede proporcionar para cambiar la función actual del dispositivo, por ejemplo, proporcionando dirección de casa o de algún otro objetivo, posición actual, velocidad y rumbo, otros modos, o para activar una luz de fondo.

**[0053]** El dispositivo a localizar 200 también incluye un elemento transductor acústico 210. El transductor se puede recibir solamente, o puede recibir y enviar impulsos acústicos. Un indicador de intensidad de señal 216 puede dar al usuario una idea de lo bien están se están recibiendo pulsos acústicos. La característica de envío o de transmisión podría ser utilizada para enviar datos a boyas 12 u otros dispositivos, o para enviar un sonido de respuesta cuando se recibe un sonido desde una boya. Un sonido de respuesta permitiría que las boyas determinaran la posición de la DTL (en base al tiempo de ida y vuelta desde el pulso original, enviándose al impulso de repuesta que se reciba), así como que la DTL determine su propia posición. Al enviar los datos, las transmisiones podrían basarse en los intervalos de tiempo. El dispositivo 200 también podría estar configurado para transmitir un mensaje, por ejemplo, en base a la posición del dispositivo o para proporcionar un mensaje de emergencia que se emitirá por un buzo. Si el buceador se había alejado demasiado de las boyas por ejemplo, el dispositivo podría parpadear una alarma para el buceador, así como alertar a las boyas. Una variedad de otros sensores también podría estar integrada en el dispositivo, y podría estar configurada para disparar alarmas. Por ejemplo, un sensor de frecuencia cardíaca, un sensor de nivel de oxígeno en sangre, o un sensor de presión de la botella podría integrarse con el dispositivo.

**[0054]** Además, el dispositivo a localizar podría comprender un vehículo no tripulado bajo el agua (UUV) o vehículo submarino autónomo (AUV). La figura 8 proporciona una captura de pantalla de un sistema de software de mapas de vector que permite la planificación de misiones para, por ejemplo, un AUV. La figura muestra la ubicación en un mapa 300 de tres boyas 14. El software de planificación se puede utilizar a la disposición de una trayectoria deseada para uno o más vehículos submarinos autónomos para seguir en la realización de una misión. En este caso, una primera trayectoria de AUV 302 y una segunda trayectoria AUV 304 dirigirá una primera AUV y una segunda AUV, respectivamente, en caminos hacia delante y hacia atrás apropiados para una misión de mapeo submarino. Cada AUV puede ser cargada con al menos un mapa de su propia misión, y puede navegar a lo largo de su trayectoria prevista mediante el cálculo de sus posiciones sobre la base de impulsos acústicos recibidos de las boyas como se describe anteriormente. Las AUVs pueden calcular aún más su velocidad y la dirección absoluta como se describe anteriormente, para garantizar, además, que los valores unitarios medios permanezcan en sus cursos predeterminados al realizar tareas tales como el mapeo, búsqueda, o control de seguridad.

**[0055]** Una persona de experiencia ordinaria en la técnica apreciará otras características y ventajas de la invención sobre la base de las realizaciones descritas anteriormente. Por ejemplo, las características específicas de cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente se pueden incorporar en dispositivos o procedimientos de la invención en una variedad de combinaciones y subcombinaciones, así como características mencionadas en las reivindicaciones adjuntas que pueden implementarse por medios descritos en el presente documento. Por consiguiente, la invención no ha de estar limitada por lo que se ha mostrado y descrito particularmente, excepto lo indicado por las reivindicaciones adjuntas o suministradas en última instancia. Cualesquiera publicaciones y referencias citadas aquí se incorporan expresamente aquí por referencia en su totalidad.

**Reivindicaciones**

1. Un método para determinar la posición de un dispositivo subacuático, que comprende:

5 proporcionar una pluralidad de dispositivos de estación de mantenimiento (12) en o debajo de la superficie (14) del agua, estando situado cada dispositivo de mantenimiento de la estación (12) en una posición conocida; proporcionar un dispositivo a localizar (22) debajo de la superficie (14) del agua; proporcionar cada uno de los dispositivos de mantenimiento en posición (12) y dispositivo a localizar (22) con una base de tiempo sincronizada;

10 proporcionar una programación de tiempo de pulso acústico a cada uno de los dispositivos de mantenimiento en posición (12) y el dispositivo a localizar (22); el envío de un pulso acústico (20) a la vez de acuerdo con el esquema de impulsos acústicos de cada uno de los dispositivos de mantenimiento de estación (12), el pulso que es recibido por el dispositivo a localizar (22);

15 calcular una distancia entre el dispositivo a localizar (22) y cada estación de dispositivo de mantenimiento (12) en base a la hora programada que el impulso acústico es enviado y el momento en que se recibe el pulso; y calcular una posición del dispositivo a localizar (22) en base a las distancias entre el dispositivo a localizar (22) y los dispositivos de mantenimiento de estación (12).

20 2. El método de la reivindicación 1, en el que el cálculo de una posición del dispositivo a localizar (22) comprende un cálculo de trilateración.

25 3. El método de la reivindicación 1, en el que el momento en que se recibe el impulso acústico (20) se determina mediante la detección de la aparición del impulso acústico (20); opcionalmente en el que el impulso acústico (20) es un sonido simple.

30 4. El método de la reivindicación 1, en el que el dispositivo a localizar (22) calcula una ventana de tiempo probable para la recepción de un impulso acústico (20) en base al menos a una posición calculada del dispositivo a localizar (22) y el dispositivo a localizar (22) detecta el impulso acústico (20) durante la ventana de tiempo probable.

35 5. El método de la reivindicación 1, en el que el dispositivo a localizar (22) calcula una velocidad y dirección del movimiento del dispositivo a localizar (22) en base a al menos dos posiciones calculadas del dispositivo a localizar (22); opcionalmente en el que el dispositivo a localizar (22) calcula una ventana de tiempo probable para la recepción de un impulso acústico (20) en base al menos a una posición calculada del dispositivo a localizar (22) y la velocidad calculada y la dirección del dispositivo a localizar (22) y el dispositivo a localizar (22) escucha para un impulso acústico (20) durante la ventana de tiempo probable.

40 6. El método de la reivindicación 1, en el que el dispositivo a localizar (22) calcula un valor de atenuación de pulso acústico y ajusta un amplificador de ganancia variable para tener en cuenta la atenuación calculada del impulso acústico (20).

45 7. El método de la reivindicación 1, en el que el dispositivo a localizar (22) mide una velocidad local del valor del sonido midiendo el tiempo entre un envío programado de un impulso acústico (20) por una estación de dispositivo (12) de mantenimiento y la recepción del impulso por otro dispositivo (12) sobre una distancia conocida y la velocidad local del valor del sonido utilizado por el dispositivo a localizar (22) se utiliza posteriormente para calcular la distancia entre el dispositivo a localizar (22) y una estación de dispositivo (12) de mantenimiento.

50 8. El método de la reivindicación 1, en el que los dispositivos de mantenimiento en posición son boyas (12); opcionalmente en el que (a) las boyas (12) están sujetas a movimiento con respecto a su posición conocida, y las boyas (12) ajustan la temporización de la transmisión de un impulso acústico (20) con respecto a la programación de tiempo de pulso acústico para tener en cuenta el movimiento; o (b) en el que las boyas (12) determinan su propia posición utilizando un receptor GPS; opcionalmente en el que la base de tiempo sincronizada se proporciona utilizando señales GPS PPS generadas por las boyas (12).

55 9. El método de la reivindicación 1, en el que, a la recepción del impulso acústico (20) por el dispositivo a localizar (22), el dispositivo a localizar (22) envía un impulso de retorno que es recibido por los dispositivos de mantenimiento de estación (12) y los dispositivos de mantenimiento de estación (12) calculan una posición del dispositivo a localizar (22) en base al menos al momento en que se recibe el impulso de retorno.

60 10. El método de reivindicación 1, en el que un canal de comunicación de datos acústico se establece entre el dispositivo a localizar (22) y los dispositivos de mantenimiento de estación (12); opcionalmente en el que (a) el canal de comunicación de datos acústicos se utiliza para transmitir datos en un momento proporcionado para transmisión de datos proporcionada por el programa de impulso acústico; o (b) al menos un dispositivo de mantenimiento de estación (12) transmite información de posición actualizada sobre el canal de comunicación de datos acústico en el que el dispositivo de mantenimiento de al menos una estación (12) se mueve desde sus lugares conocidos; o (c) el dispositivo a localizar (22) transmite mensajes de alerta a través del canal de comunicación de datos acústico a la estación de dispositivos de mantenimiento (12); o (d) al menos un dispositivo de mantenimiento de la estación (12)

transmite una programación de pulso acústico actualizada para el dispositivo a localizar (22) sobre el canal de comunicación de datos acústicos.

5 **11.** El método de la reivindicación 1, en el que una pluralidad de dispositivos a localizar (22) se proporcionan por debajo de la superficie (14) del agua.

10 **12.** El método de la reivindicación 1, en el que el dispositivo a localizar (22) incluye una pantalla para mostrar la información de posición; opcionalmente en el que (a) el dispositivo a localizar (22) es llevado por un buceador; o (b) la pantalla proporciona dirección y distancia a un objetivo; o (c) el dispositivo a localizar (22) está integrado con al menos uno de entre el grupo que consiste en un sensor de frecuencia cardíaca, un sensor de nivel de oxígeno en sangre, y un sensor de presión del tanque.

15 **13.** El método de la reivindicación 1, en el que el dispositivo a localizar (22) comprende un vehículo submarino autónomo; opcionalmente que comprende además cargar el vehículo submarino autónomo con una ruta planificada, el vehículo submarino autónomo navega a lo largo de la ruta planeada en base al menos en la posición calculada del dispositivo a localizar (22).

**14.** Un sistema para determinar la posición de un dispositivo subacuático a localizar (22), que comprende:  
 20 una pluralidad de dispositivos de mantenimiento de estación (12) en o debajo de la superficie (14) del agua, teniendo cada estación de dispositivo (12) un medio para determinar su posición, un medio para medir el tiempo (24), un transductor (18) para generar impulsos acústicos (20) en el agua, una memoria para almacenar un horario de impulsos acústicos (20), y un procesador (80) en comunicación con la memoria y el transductor (18) para dirigir la generación de impulsos acústicos (20) según el horario;  
 25 al menos un dispositivo a localizar (22), el dispositivo a localizar (22) comprende un medio para mantener el tiempo, una memoria para almacenar el programa de impulsos acústicos (20) y una posición conocida para cada dispositivo de la estación de mantenimiento (12), un transductor acústico (26) para recibir pulsos enviados por los dispositivos de mantenimiento en posición (12), y un procesador (140) configurado para calcular la posición del dispositivo a localizar (22) debajo del agua basado en el tiempo de llegada de los pulsos acústicos (20);  
 30 en el que cada medio para mantener el tiempo se sincroniza, y cada memoria almacena el mismo horario de impulsos acústicos (20).

35 **15.** El sistema de la reivindicación 14, que comprende además una pluralidad de dispositivos a localizar (22); que comprende opcionalmente al menos tres dispositivos de mantenimiento de estación (12) o al menos cuatro dispositivos de mantenimiento de estación (12).

40 **16.** El sistema de la reivindicación 14, en el que los dispositivos de mantenimiento de estación (12) son boyas ubicadas en la superficie (14) del agua; opcionalmente en el que (a) los medios para determinar su posición en los dispositivos de mantenimiento en estación (12) también es un receptor GPS (24); opcionalmente en el que los medios para mantener el tiempo (24) en los dispositivos de mantenimiento en estación (12) también es el receptor GPS; o (b) los dispositivos de mantenimiento de estación (12) están sujetos a movimiento con respecto a su posición conocida, y el microprocesador (80) en dispositivos de mantenimiento de estación (12) se configura además para ajustar la temporización de la transmisión de un pulso acústico (20) con respecto a la programación de tiempo de pulso acústico para tener en cuenta el movimiento.

45 **17.** El sistema de la reivindicación 14, en el que el procesador (140) en el dispositivo (22) a localizar se configura adicionalmente (a) para calcular una ventana de tiempo probable para la recepción de un pulso acústico (20) en base al menos en una posición calculada del dispositivo a localizar (22) y para filtrar los pulsos que llegan fuera de la ventana; o (b) calcular una velocidad y dirección del movimiento del dispositivo a localizar (22) en base a al menos dos posiciones calculadas del dispositivo a localizar (22).  
 50

**18.** El sistema de la reivindicación 14, en el que el dispositivo a localizar (22) comprende además un amplificador de ganancia variable y el microprocesador (140) en el dispositivo a localizar (22) está configurado además para calcular un valor de atenuación de pulso acústico y ajustar el amplificador de ganancia variable para tener en cuenta la atenuación calculada del pulso acústico.  
 55

**19.** El sistema de la reivindicación 14, en el que el microprocesador (140) en el dispositivo a localizar (22) se configura adicionalmente para medir una velocidad local del valor del sonido midiendo el tiempo entre un envío programado de un pulso acústico (20) por un dispositivo de mantenimiento de estación (12) y la recepción del pulso (20) por otro dispositivo a través de una distancia conocida y la velocidad local del valor del sonido utilizado por el dispositivo a localizar (22) se utiliza posteriormente para calcular la distancia entre el dispositivo a localizar (22) y un dispositivo de mantenimiento de la estación (12).  
 60

**20.** El sistema de la reivindicación 14, en el que el dispositivo a localizar (22.200) se configura para ser llevado por un buzo; opcionalmente en el que el dispositivo a localizar (200) comprende además una pantalla (202) conectada al procesador (140) para la visualización de información de posición; opcionalmente en el que la pantalla (202) está  
 65

configurada además para dirección de visualización (204) y la distancia (206) a un objetivo (208).

- 5 **21.** El sistema de la reivindicación 14, en el que el dispositivo a localizar (22) está integrado con al menos uno de entre el grupo que consiste en un sensor de frecuencia cardíaca, un sensor de nivel de oxígeno en sangre, y un sensor de presión del tanque.
- 10 **22.** El sistema de la reivindicación 14, en el que el dispositivo a localizar (22) comprende un vehículo submarino autónomo; opcionalmente en el que la memoria en el dispositivo a localizar (22) incluye además un camino previsto, el vehículo subacuático autónomo navega a lo largo de la ruta planeada en base al menos en la posición calculada del dispositivo a localizar (22).
- 15 **23.** Un dispositivo a localizar (22) que puede calcular su posición bajo el agua en un sistema que tiene una pluralidad de dispositivos de mantenimiento de estación (12) en o debajo de la superficie (14) del agua, estando situado cada dispositivo de mantenimiento de estación (12) en una conocida posición y que incluye un medio para mantener el tiempo que se sincroniza con una base de tiempo del sistema, un transductor (18) para generar impulsos acústicos (20) en el agua, una memoria para almacenar un programa de sistema común de impulsos acústicos (20), y un procesador (140) en comunicación con la memoria y el transductor (18) para dirigir la generación de impulsos acústicos de acuerdo con la programación, comprendiendo el dispositivo a localizar (22):
- 20 un medio para mantener el tiempo que se sincroniza con la base de tiempo del sistema;  
una memoria para almacenar el programa de sistema común de impulsos acústicos (20) y la posición conocida para cada dispositivo de mantenimiento de la estación (12);  
un transductor acústico (26) para impulsos de recepción (20) enviados por los dispositivos de mantenimiento en posición (12), y
- 25 un procesador (140) configurado para calcular la posición del dispositivo a localizar (22) debajo del agua basado en el tiempo de llegada de los impulsos acústicos (20) y de la hora prevista para la generación de los impulsos acústicos (20) por los transductores acústicos (18) en los dispositivos de mantenimiento de estación (12).
- 30 **24.** El dispositivo de la reivindicación 23, en el que el procesador (140) en el dispositivo a localizar (22) está configurado además para calcular (a) una ventana de tiempo probable para la recepción de un impulso acústico (20) en base al menos a una posición calculada del dispositivo a localizar (22) y para filtrar los impulsos que llegan fuera de la ventana; o (b) una velocidad y dirección del movimiento del dispositivo a localizar (22) basado en al menos dos posiciones calculadas del dispositivo a localizar (22).
- 35 **25.** El dispositivo de la reivindicación 23, en el que el dispositivo a localizar (22) comprende además un amplificador de ganancia variable y el microprocesador (140) en el dispositivo a localizar (22) está configurado además para calcular un valor de atenuación de pulso acústico y ajustar el amplificador de ganancia variable para tener en cuenta la atenuación calculada del impulso acústico (20).
- 40 **26.** El dispositivo de la reivindicación 23, en el que el microprocesador (140) en el dispositivo (22) a localizar se configura adicionalmente para medir una velocidad local del valor del sonido midiendo el tiempo entre un envío programado de un impulso acústico (20) por un dispositivo de mantenimiento de estación (12) y la recepción del impulso (20) por el dispositivo a localizar (22) sobre una distancia conocida y la velocidad local del valor de sonido se utiliza por el dispositivo a localizar (22) utilizándose posteriormente para calcular la distancia entre el dispositivo a
- 45 localizar (22) y un dispositivo de mantenimiento de estación (12).
- 27.** El dispositivo de la reivindicación 23, en el que el dispositivo a localizar (22; 200) está configurado para ser llevado por un buceador; opcionalmente en el que (a) el dispositivo a localizar (200) comprende además una pantalla (202) conectada al procesador para visualizar la información de posición; opcionalmente en el que la pantalla (202) está configurada además para mostrar la dirección (204) y la distancia (206) a un objetivo (208); o (b) el dispositivo a localizar (22) está integrado con al menos uno de entre el grupo que consiste en un sensor de frecuencia cardíaca, un sensor de nivel de oxígeno en sangre, y un sensor de presión del tanque.
- 50 **28.** El dispositivo de la reivindicación 23, en el que el dispositivo a localizar (22) comprende un vehículo submarino autónomo; opcionalmente en el que la memoria en el dispositivo a localizar (22) incluye además un camino previsto, navegando el vehículo subacuático autónomo a lo largo de la ruta planeada en base al menos a la posición calculada del dispositivo a localizar (22).
- 55

FIG. 1

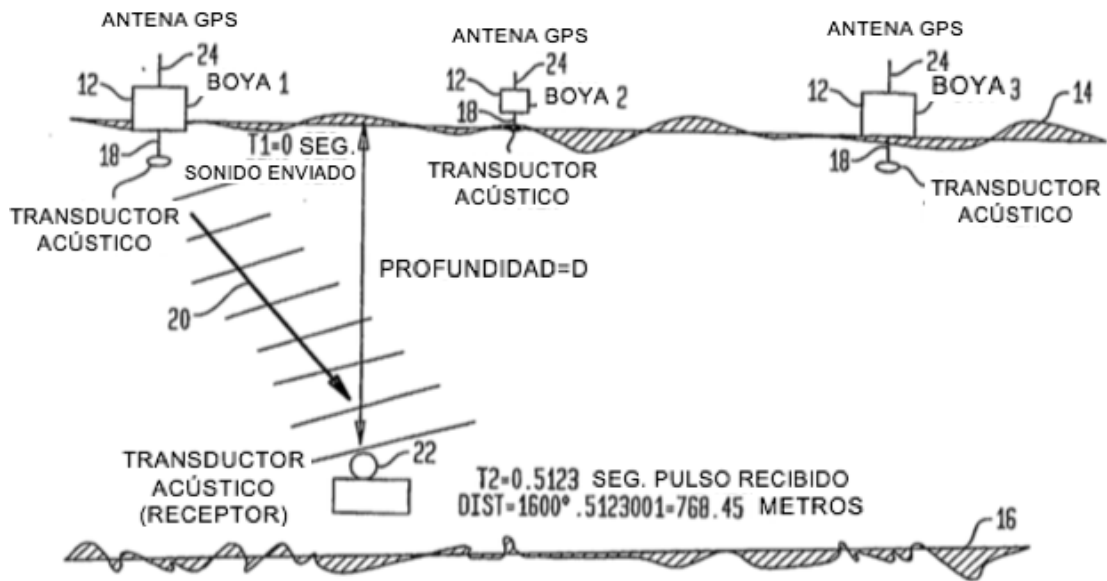


FIG. 2

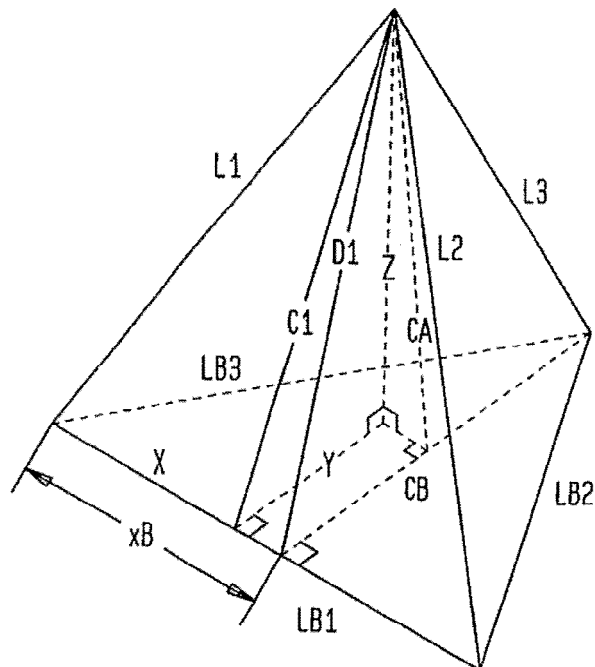


FIG. 3

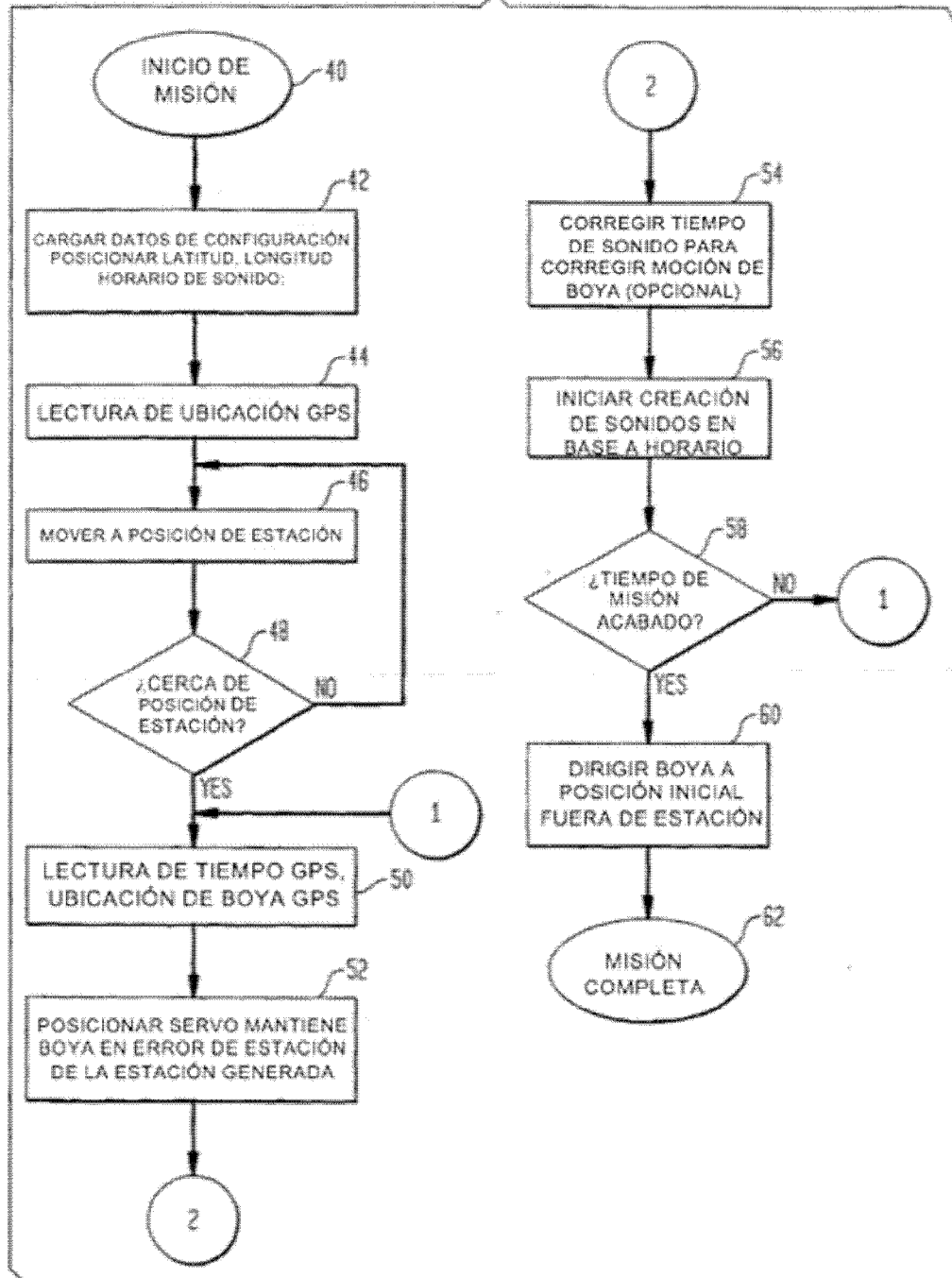


FIG. 4

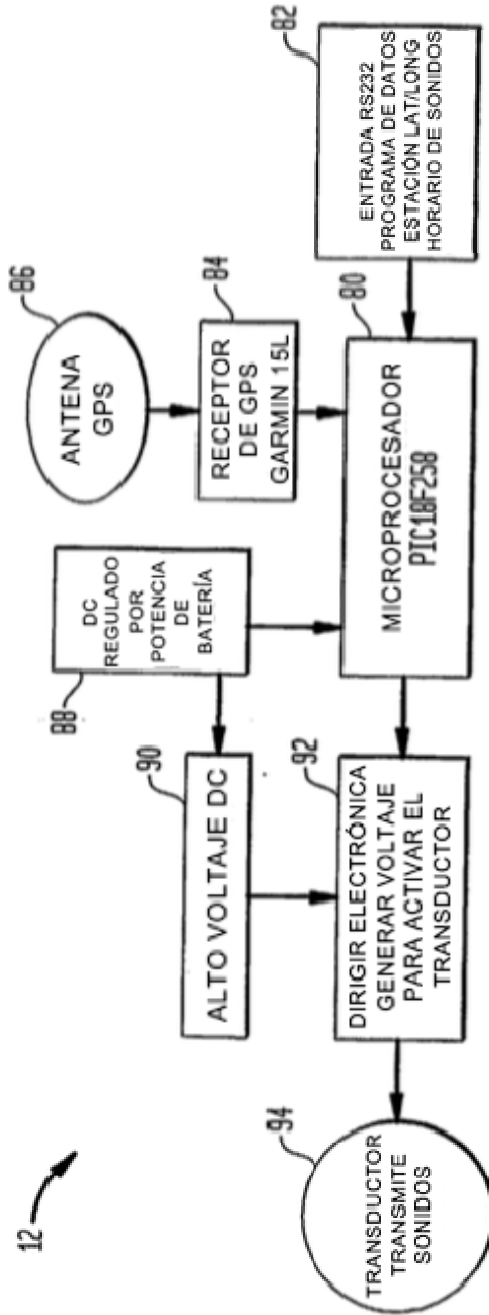




FIG. 5

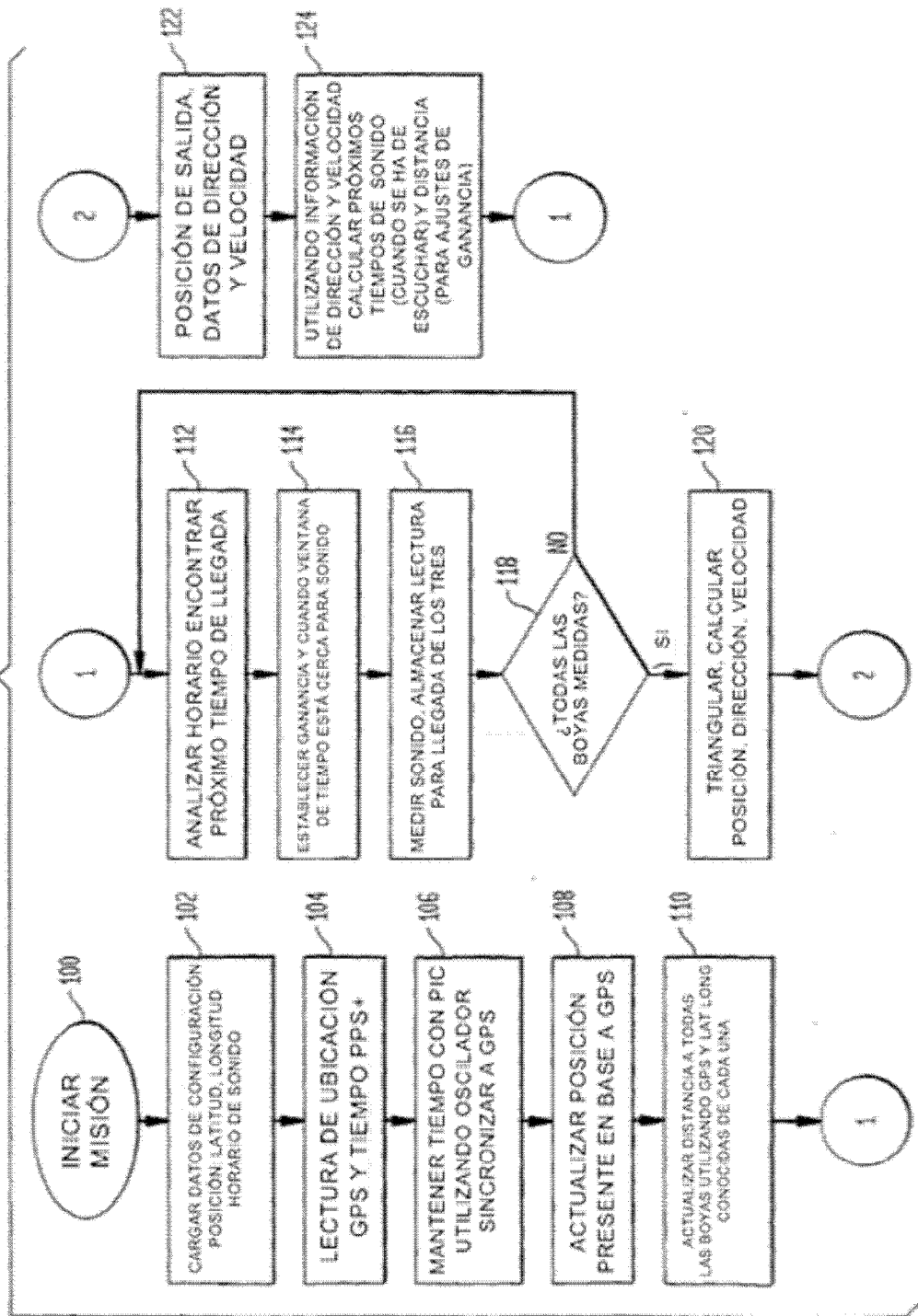


FIG. 6

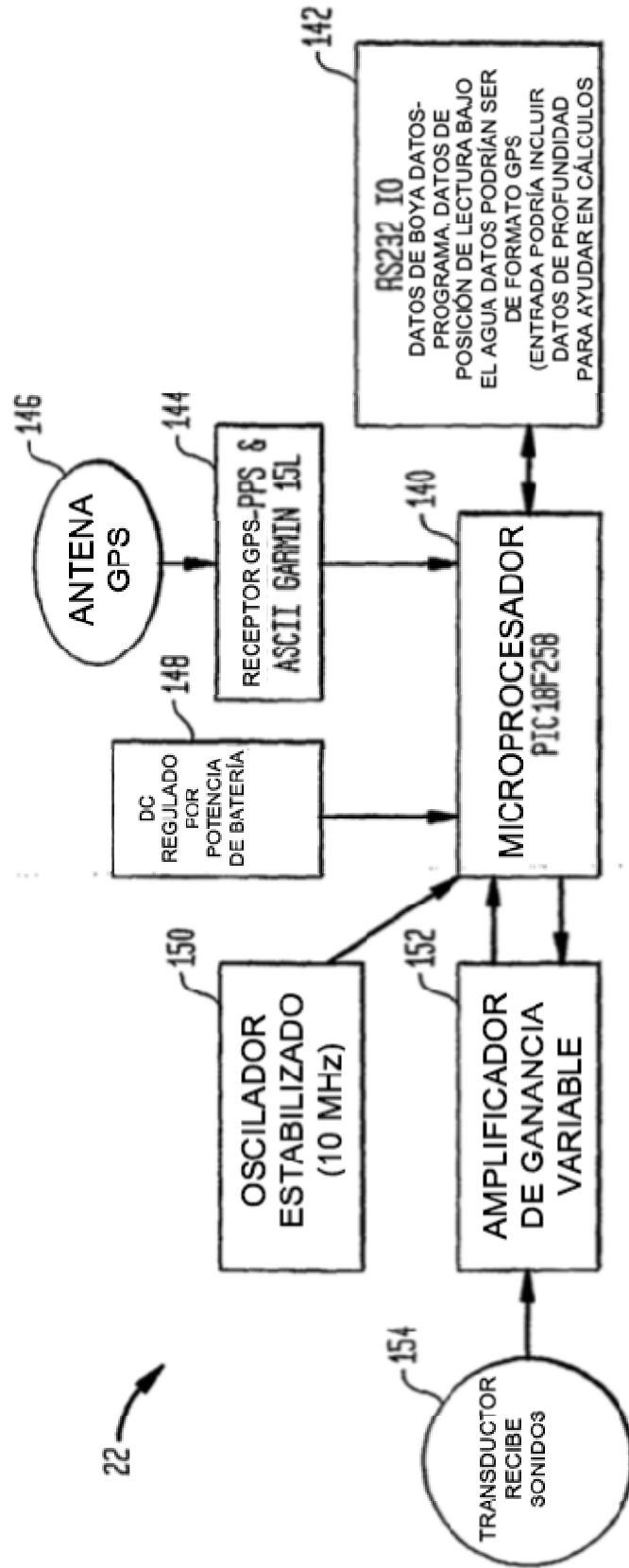


FIG. 7

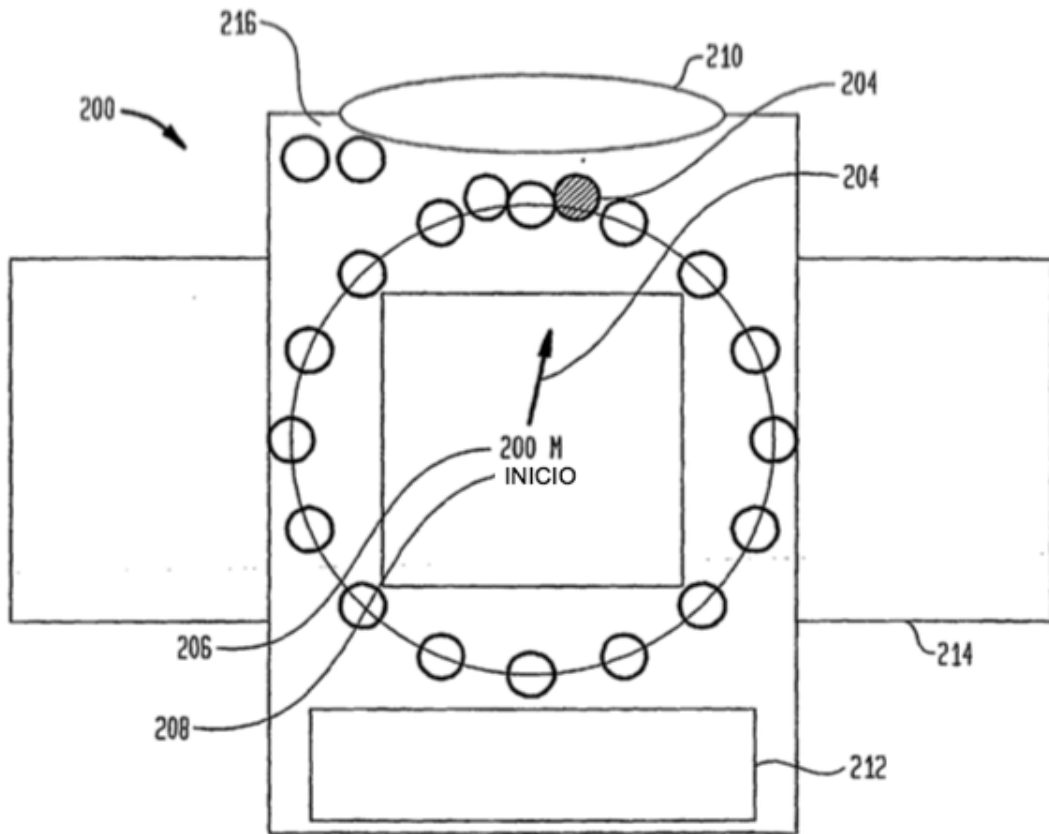
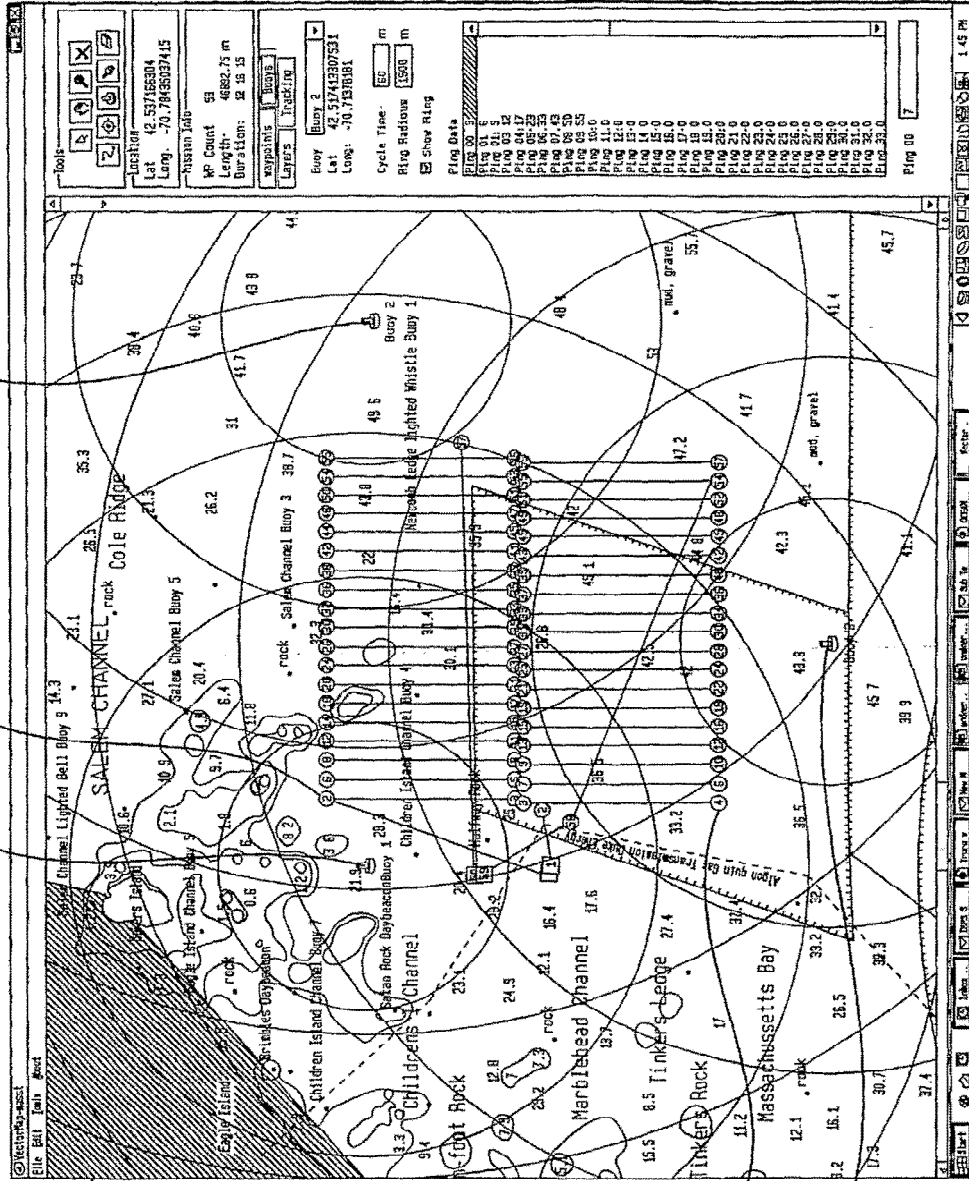


FIG. 8



300

302

14

304

14