

Capítulo descriptivo

1. Campo técnico

La presente invención se refiere al campo de la mecánica, eléctrica, electrónica y telecomunicaciones, más específicamente, en el campo de la tecnología subacuática para investigación de fondos de cuerpos de agua.

2. Estado del arte

Los elementos tecnológicos en las actividades bajo el agua, se han convertido en herramientas indispensables y por tanto complementarios en las actividades rutinarias de los buzos. Actualmente existen aparatos que cuentan con mecanismos de estabilización mecánica de imágenes y a su vez permiten el acople físico de gran variedad de sensores para investigación subacuática, sin embargo, carecen de métodos de integración de información, más específicamente cuando las mediciones realizadas se deben complementar con imágenes. Así mismo, existen aparatos que mediante cálculos internos estabilizan las mediciones de diferentes sensores, y que además utilizan información de sensores inerciales para generar trayectorias bajo el agua y determinar la posición geográfica del aparato, sin embargo, este tipo de sistemas no permite integrar dicha información con cámaras sumergibles.

La patente US9746328B2 menciona un aparato, sistema y método que se encarga de calcular la información del rumbo de un buzo durante la inmersión, usando para esto los datos de sensores inerciales ubicados en el aparato. El aparato se encarga de generar información de navegación en la interfaz de usuario, obtener datos inerciales y estimar la velocidad de navegación del buzo, el tipo de patada usada durante la inmersión e integrar información del equipo de buceo del usuario. También, la interfaz de usuario se implementa en una pantalla donde el buzo puede interactuar a través de botones e indicadores con el aparato durante la actividad. Sin embargo, la patente presenta limitaciones en la conexión de cámaras, algún estabilizador mecánico de imágenes y sensores como pH, conductividad por mencionar algunos.

La patente US2018/0131848A1 menciona un aparato que funciona como accesorio para cámaras subacuáticas, el cual cuenta con modulo de flotabilidad y lastre para su correcta operación en este tipo de entornos. Sin embargo el accesorio no integra sensores que permitan realizar mediciones inerciales durante la inmersión del usuario, lo que impide la integración de esta información para la generación de una marca espacial y temporal de las imágenes capturadas bajo el agua. Por esta razón, el sistema es poco práctico a la hora de ser utilizado en actividades distintas a las recreativas, como por ejemplo estudiar naufragios o tomar datos relevantes en arrecifes de coral.

La patente US8683938B2 presenta un sistema de estabilización para diferentes equipos subacuáticos. Pero aún cuando mecánicamente permite la integración de diferentes sensores, cámaras e incluso vehículos de exploración subacuática, y los estabiliza mediante mecanismos, el sistema carece de un método para la integración de la información que se captura con los sensores integrados a él, así como la ausencia de información para la generación de los recorridos realizados por el sistema, los cuales pueden servir para evaluar el desempeño del aparato, y caracterizar las condiciones de operación luego de la captura de datos.

Como se evidencia en el estado del arte, existen múltiples aparatos, sistemas y métodos que se enfocan de forma independiente en la captura de datos o la estabilización mecánica de imágenes capturadas bajo el agua, pero no se evidencia un único aparato que integre la captura de datos y la estabilización mecánica de imágenes que permitan generar una marca espacial y temporal de cada uno de los datos e imágenes capturados bajo el agua.

3. Breve descripción de la invención

La invención descrita en este documento corresponde a un sistema para mapeo del fondo de cuerpos de agua, que está compuesto por: un aparato mecánico de estabilización que soporta cámaras y sensores. Las imágenes y las mediciones de los sensores se almacenan gracias un método de almacenamiento y procesamiento de las mismas, y a un método para

integración de las imágenes y las mediciones en un sistema informático implementado por computador.

Se entenderá en la presente invención que una cámara es un aparato que permite capturar videos e imágenes bajo el agua, así como, se entenderá que un sensor es un aparato que facilita la medición de variables como pH, temperatura, profundidad (o presión), conductividad, luminosidad, altitud y otras que den cuenta de la salud de los entornos subacuáticos de cuerpos de agua. Se entenderá en la presente invención que un cuerpo de agua puede ser un lago, un río, agua estancada, el mar y todo cuerpo de agua que tenga un nivel de profundidad mayor a las dimensiones del aparato definidas en la presente invención.

En primer lugar, se describe el aparato para estabilización subacuática, en el cual se acopla un sistema para medir variables del entorno subacuático. Al aparato también se pueden acoplar cámaras sumergibles para integrar las imágenes a los datos obtenidos de los sensores de medición de variables. El aparato de estabilización se caracteriza por contar con 2, 3 o 4 grados de libertad y ser de flotabilidad neutra, gracias a que su centro de flotación se ubica siempre por encima de su centro de gravedad.

En segundo lugar, se describe un método para el procesamiento y almacenamiento de datos datos bajo el agua. Se cuenta con un procedimiento para la captura/medición de datos ambientales, su transmisión y almacenamiento en un espacio de memoria de una unidad central de procesamiento de información integrada al aparato.

En tercer lugar, se describe un método para la integración de las imágenes y mediciones en un sistema informático. Cuenta con un procedimiento de transferencia de datos a un sistema implementado por computador encargado de la generación de las trayectorias seguidas por el aparato bajo el agua, donde se asocia en cada punto los datos e imágenes capturados durante la inmersión.

4. Descripción de figuras

Figura 1. Ilustración esquemática de un sistema para el mapeo del fondo de cuerpos de agua de acuerdo a la presente invención.

Figura 2a. Ilustración esquemática del aparato para el mapeo del fondo de cuerpos de agua de acuerdo a la presente invención.

Figura 2b. Ilustración esquemática de las articulaciones del aparato para el mapeo del fondo de cuerpos de agua de acuerdo a la presente invención

Figura 3. Representación del alojamiento en diagrama de bloques

Figura 4. es un diagrama de flujo de un método para método para el procesamiento y almacenamiento de datos datos bajo el agua

Figura 5. es un diagrama de flujo de un método para la integración de las imágenes y mediciones en un sistema informático implementado por computador

5. Descripción detallada

La invención descrita en este documento corresponde a un sistema para mapeo del fondo de cuerpos de agua, que está compuesto por: un aparato mecánico de estabilización que soporta cámaras y sensores. Las imágenes y las mediciones de los sensores se almacenan gracias un método de almacenamiento y procesamiento de las mismas, y a un método para integración de las imágenes y las mediciones en un sistema informático implementado por computador.

Se entenderá en la presente invención que una cámara es un aparato que permite capturar videos e imágenes bajo el agua, así como, se entenderá que un sensor es un aparato que facilita la medición de variables como pH, temperatura, profundidad (o presión), conductividad, luminosidad y otras que den cuenta de la salud de los entornos subacuáticos de cuerpos de agua. Se entenderá en la presente invención que un cuerpo de agua puede ser un lago, un río, agua estancada, el mar y todo cuerpo de agua que tenga un nivel de profundidad mayor a las dimensiones del aparato definidas en la presente invención.

Se hace referencia a la Figura 1, que es una ilustración esquemática de un sistema **100** para el mapeo del fondo de cuerpos de agua de acuerdo a la presente invención. La

solución está conformada por un operador que en esta modalidad puede ser un apneista, buzo **101**, pero que en otras modalidades puede ser un vehículo autónomo u operado remotamente. Un aparato **102** de estabilización que soporta las cámaras **103** y los sensores, los cuales a través de un protocolo de comunicación se comunican con la unidad de procesamiento interno (acercamiento) **105** del alojamiento estanco. La unidad de procesamiento contiene un método interno para procesar las mediciones de las cámaras, los sensores y las órdenes generadas por el usuario a través de pulsadores durante la inmersión. Dicho método generará alarmas visuales **106** al operador. Adicionalmente se cuenta con una batería recargable en el alojamiento estanco **107** para proporcionar energía a las diferentes unidades internas que lo requieran.

Se entenderá por inmersión la acción que realiza una persona, buzo, vehículo autónomo u operado remotamente o cualquier otro aparato de introducirse de forma completa en un cuerpo de agua.

En una etapa de uso posterior a la descrita anteriormente, la unidad de procesamiento interno **105**, a través de un protocolo de comunicación que se selecciona según las características de comunicación de los componentes electrónicos, los cuales pueden estar conectados por cable o inalámbrico **108**, se comunican con un método ejecutado en un procesador local implementado por computador **109**, el cual establecerá eventos de comunicación y transmisión de datos e imágenes que permiten su integración, generación de reportes y por tanto la visualización en una interfaz gráfica **110** de la trayectoria realizada durante la inmersión. Este método implementado por computador **110**, se muestra conectado a una red de comunicación **111**, la cual puede ser por ejemplo internet. El evento de comunicación generado por el método implementado por computador **110**, ejecuta un cliente de comunicación, proporcionado por un proveedor de software que permite su comunicación con la red **111**.

La Figura 1 también muestra un o varios usuarios **112** donde a través de un sistema de procesamiento local **113** con acceso a la red **111**, pueden ingresar haciendo uso de un sistema de autenticación (usuario y clave), a un dashboard donde se presentan los reportes y la visualización de la trayectoria realizada durante alguna inmersión seleccionada.

En la Figura 2a, se presenta el aparato mecánico de estabilización subacuática **200**, el cual comprende:

- un mecanismo que se selecciona entre 2 y 4 grados de libertad conformado por al menos tres elementos conectados que rotan entre sí **201, 202, 203**
- un elemento de flotación **204**
- un alojamiento estanco para almacenar componentes electrónicos y para instalar sensores que miden variables del entorno **300**
- un elemento para montaje de cámaras **205**
- un elemento de montaje para ensamblar el mecanismo con el alojamiento estanco, y el elemento de montaje de cámaras y sensores **206**

El mecanismo de estabilización puede estar conformado por hasta tres elementos conectados y con movimientos relativos entre sí por medio de articulaciones que pueden ser prismáticas, de rotación o combinaciones de estas. El mecanismo cuenta con un primer elemento que en adelante se denominará barra principal **201**, y un segundo elemento denominado en esta invención como acoplador **202**. A su vez, el acoplador se conecta con un tercer elemento que en adelante se denominará volante **203**.

En una modalidad de la invención, la barra principal se conecta con un el acoplador por medio de una primera articulación de rotación **207** cuyo eje es perpendicular al eje central de la barra principal. En una modalidad de la invención, la primera articulación de rotación incluye un mecanismo interno que es accionado por el usuario, y que le permite al usuario hacer un giro de 180° alrededor del eje vertical de la barra principal, permitiéndole así realizar capturas de imágenes de forma continua y sin necesidad de modificar la orientación de las imágenes.

El acoplador **202**) se conecta con el volante **203** por una segunda articulación **208** de rotación, cuyo eje de rotación es perpendicular al de la articulación entre el acoplador y la barra principal. El tercer elemento es el que utiliza el usuario para dirigir el sistema de mapeo en condiciones de operación..

El elemento de flotación **204** corresponde a un cuerpo sólido con una sección transversal seleccionada entre una sección transversal circular, sección transversal cuadrada, sección transversal elíptica, sección transversal de forma regular o sección transversal de forma

irregular. El material del elemento de flotación se selecciona entre los materiales que son más livianos que el agua. En una modalidad de la invención el material del elemento de flotación es un polímero espumado como poliuretano.

El alojamiento estanco **300** está conformado por un cuerpo hueco que puede tener una geometría variable, con una sección transversal seleccionada entre una sección transversal circular, sección transversal cuadrada, sección transversal elíptica, sección transversal hexagonal, sección transversal heptagonal, sección transversal de forma regular o sección transversal de forma irregular. Preferiblemente, la sección transversal del cuerpo hueco es una sección transversal circular debido a la facilidad de sellado para alojar componentes electrónicos al interior. El material del cuerpo hueco se selecciona entre los polímeros translúcidos como el polipropileno, el policarbonato, el polietilen tereftalato o el acrílico.

Se entenderá en la presente invención que un cuerpo hueco es un elemento con dos superficies que describen una rotación alrededor de un eje axial y desarrollan un espesor entre ellas.

El alojamiento estanco también está conformado por una primera tapa con una cara interna y una cara externa; y una segunda tapa con una cara interna y una cara externa. Ambas tapas deben tener las perforaciones necesarias para el uso de pulsadores para que el usuario interactúe con el sistema, y pasacables que permitan la conexión entre los sensores que miden las variables del entorno subacuático, que está en contacto con la cara externa, y los componentes electrónicos que están al interior del cuerpo hueco y en contacto con la cara interna de las tapas. En una modalidad de la invención, los sensores pueden medir variables del entorno como altitud, conductividad, salinidad, oxígeno disuelto, ph y luminosidad.

En el alojamiento estanco se encuentra contenido todo el sistema electrónico (Figura 3), donde se puede encontrar al menos un procesador **105**, donde de forma interna o externa se conecta a una o más memorias volátiles o no volátiles **301** para almacenamiento de datos, y uno o más códigos de procesamiento. La conexión con cada uno de los elementos electrónicos se realiza a través de un protocolo de comunicación que se selecciona según las características de comunicación de los componentes electrónicos seleccionados, además las conexiones físicas puede ser por cable o inalámbrico. La correcta interacción

entre componentes electrónicos se controlado a través del procesador. Se cuenta además, con al menos un oscilador interno **302** que proporciona una señal de reloj para uno o más unidades dentro del sistema, el cual permite crear las marcas de tiempo de cada una de los datos e imágenes capturados.

Para uno o más procesadores usados en la presente invención, se encuentran disponibles múltiples puertos de entradas **305** y salidas **306**, lo que permite la escalabilidad del sistema, para la conexión de sensores, indicadores luminosos y pulsadores según la necesidad. El protocolo de comunicación se controla a través del procesador. Para una modalidad de la invención en los puertos de entrada se conectan múltiples sensores para la captura de datos de presión, variables del sistema de posicionamiento global, variables inerciales y variables físico-químicas del cuerpo de agua, se pueden conectar otros componentes según la necesidad. Para los puertos de salida se conectan indicadores luminosos que se activan según los eventos generados por el código almacenado en el procesador, pero en otra modalidad de la invención las salidas pueden ser desde motores para accionar mecanismos adicionales de estabilización dinámica hasta pantallas para interacción con el usuario.

Los sensores que comprende el sistema son sensores inerciales, que según la presente invención puede comprender entre otros, acelerómetro y magnetómetro, donde se puede o no integrar el giróscopo **307**. Con las mediciones de estos sensores se puede conocer la aceleración lineal, velocidad de rotación angular y vectores de campo magnético, además de conocer la dirección principal de desplazamiento del usuario, la componente perpendicular a la dirección principal de desplazamiento del usuario en el mismo plano y la componente perpendicular al plano de desplazamiento del usuario. Otros sensores son conectados a los puertos de entrada **305** como, sistemas de posicionamiento global, pH, temperatura, profundidad (o presión), altitud, conductividad, luminosidad y otros que den cuenta de la salud de los entornos subacuáticos de cuerpos de agua en los que se realiza la inmersión. Donde todo es sistema se encuentra energizado a través de una batería recargable **107**, proporcionar energía a las diferentes unidades internas que lo requieran.

La barra para el montaje de cámaras y sensores, es un cuerpo hueco. En una modalidad de la invención la barra es de sección transversal cilíndrica para facilitar el montaje de las cámaras. En otra modalidad de la invención la barra de montaje de sensores puede estar conformada por diferentes elementos con articulación prismática entre sí de forma que la

barras se pueda alargar y contraer de acuerdo a la necesidad del usuario y para facilitar el transporte de la misma.

En una modalidad de la invención las cámaras pueden estar conectadas por medio de cables a los componentes electrónicos dentro del alojamiento estanco. En otra modalidad de la invención las cámaras fotográficas pueden estar desconectadas del alojamiento estanco, de modo que cada cámara funcione de forma independiente a las mediciones capturadas por los instrumentos conectados al alojamiento estanco.

Se entenderá en la presente invención que un elemento de montaje es un cuerpo sólido o una multiplicidad de cuerpos sólidos que, por medio de tornillos, tuercas, resortes, arandelas, trinquetes, pegamento, soldadura, entre otras formas comunes de sujeción; asegura la conexión entre los componentes del aparato descrito en la presente invención.

El elemento de montaje, permite ensamblar entre sí los elementos descritos anteriormente. En una modalidad de la invención el elemento de montaje es una lámina de aluminio doblada para adaptarse a la forma de los componentes descritos, y perforada para permitir el uso de tornillos. En otra modalidad de la invención, el elemento de montaje puede contar con articulaciones plegables que pueden facilitar el transporte del sistema.

Método 1- almacenamiento en procesamiento de mediciones bajo el agua

En segundo lugar, se describe un método **400** para el procesamiento y almacenamiento de datos bajo el agua. Se entenderá en la presente invención que los datos corresponden a los resultados de las mediciones realizadas por los sensores, y a las imágenes capturadas por las cámaras. El método es realizado en un sistema de almacenamiento y procesamiento de datos que se encuentra contenido dentro del alojamiento estanco, y se divide en dos etapas:

- I. cuando el usuario está en la superficie del agua antes de iniciar la inmersión, o desplazándose hacia el punto de interés.
- II. cuando el usuario llega al punto de interés para el muestreo.

Comprendiendo el método en la etapa I.:

El usuario enciende **401** el sistema en la superficie del agua justo antes de iniciar la inmersión, lo que activará la siguiente secuencia, que en adelante se denominará estado *standby*:

1. Verificación durante 60 s de conexión por cable o inalámbrica con el sistema informático implementado por computador **402**
2. Si se activa el evento de conexión con el sistema informático implementado por computador, se inicia la serie de eventos para la Integración de las imágenes y las mediciones en un sistema informático implementado por computador (Método 2) **500**
3. Si no se activa el evento de conexión con el sistema informático implementado por computador, se inician los eventos del estado *standby* para la captura de datos en el fondo de cuerpos de agua
4. Activar sensor de presión, evaluar si la presión es 0 (está en superficie) **403**
5. Si la presión es 0, encender módulo GPS, capturar coordenadas geográficas. Si la presión es superior a 0, omitir **404**
6. Activar sensor conductividad, temperatura y profundidad **404**
7. Activar sensores inerciales **404**
8. Almacenar datos inerciales y de presión cada 60 s **405**
9. Procesar y almacenar velocidad de descenso (P/t; P: presión, t: tiempo)
10. Activar cámaras en *standby*. En una modalidad de la invención, las cámaras deben ser activadas de forma independiente por el usuario.
11. Encender LEDs de indicación en estado de navegación **406**

Comprendiendo el método en la etapa II:

Una vez en el punto de interés el usuario activa la captura de datos e inicia el transecto, con esto el sistema debe:

1. Iniciar nueva medición **407**
2. Establecer tiempo de muestreo en 0.5s para todos los sensores y cámaras según sea el caso.
3. Procesar la presión (profundidad) en el punto de interés
4. Definir nuevo marco de referencia para la unidad inercial
5. Iniciar proceso de calibración:
 - a. Encender LEDs indicando estado de calibración inicial **408**

- b. Establecer límites de desplazamiento en la dirección principal de desplazamiento del usuario (X), perpendicular la dirección principal de desplazamiento del usuario en el mismo plano (Y), y perpendicular al plano de desplazamiento del usuario (Z). **409**
 - c. Establecer límites de velocidad en las direcciones descritas **409**
 - d. Establecer una profundidad de muestreo **409**
 - e. Finalizar proceso de calibración **410**
6. Encender LEDs en estado de indicación al usuario **411**

Con esta información la unidad de procesamiento del sistema se encargará de generar alertas luminosas que le indican al usuario en tiempo real, si el muestreo se está realizando de la forma correcta o es necesario corregir la navegación, así:

1. Si el usuario está excediendo la velocidad de desplazamiento en la dirección principal de movimiento, se enciende un LED rojo indicando que disminuya la velocidad
2. Si el usuario está cambiando la profundidad ya sea subiendo o bajando, se enciende un LED rojo hasta que se ubique nuevamente en la profundidad correcta
3. Si el usuario está cambiando la dirección principal de movimiento respecto a la procesada durante la calibración, se enciende un LED rojo hasta que el usuario vuelva a la dirección principal de movimiento correcta.

Al terminar un ciclo de captura de datos, el usuario debe presionar el pulsador para indicarle al sistema que entre en modo *standby*, hasta que el usuario indique que ha llegado a un nuevo punto de interés **412** o hasta que apague el sistema **413**.

Método 2 - Integración de las imágenes y las mediciones en un sistema informático implementado por computador.

En tercer lugar se describe un método **500** que permite integrar los datos y imágenes en un sistema informático implementado por computador. Se entenderá en la presente invención que los datos corresponden a los resultados de las mediciones realizadas por los sensores, y a las imágenes capturadas por las cámaras. El método se ejecuta en un procesador local implementado por computador, el cual cuenta con una interfaz de usuario

donde se visualizan los datos de la inmersión actual o de inmersiones anteriores. Para la visualización de los datos e imágenes de las inmersiones se describen a continuación las tres etapas necesarias:

- I. conexión y desconexión del aparato con el sistema informático implementado por computador
- II. interfaz gráfica para la integración de datos e imágenes capturados por el sistema de mapeo del fondo de cuerpos de agua
- III. consulta remota de los datos e imágenes capturados por el sistema de mapeo del fondo de cuerpos de agua

Comprendiendo el método en la etapa I:

El usuario enciende el aparato **401** para mapear el fondo de cuerpos de agua cerca del sistema informático implementado por computador, cuando esto ocurre se genera la siguiente secuencia:

1. Establecer el enlace de comunicación directo con el sistema implementado por computador. Este enlace puede ser cableado o inalámbrico **402**
2. Se da inicio al método ejecutado en un procesador local implementado por computador **501**
3. Se visualiza un sistema informático implementado por computador, que de ahora en adelante se nombrará como interfaz gráfica
4. En la interfaz gráfica implementada por computador, aparece un ícono que indica la conexión exitosa **502**
5. Para la desconexión del aparato para mapear el fondo de cuerpos de agua, el usuario finaliza la conexión cableada o inalámbrica
6. En la interfaz gráfica implementado por computador aparece un ícono de indicación de sistema para mapear el fondo de cuerpos de agua desconectado

Comprendiendo el método en la etapa II:

Cuando en el sistema informático implementado por computador o interfaz gráfica aparece un ícono que indica la conexión exitosa, se genera la siguiente secuencia:

1. El usuario debe ingresar información básica del lugar de la inmersión, nombre del lugar, país, departamento/región, nombre de quien sube los datos, líder de

inmersión, nombre de algunas personas que apoyan la inmersión, observaciones, por mencionar algunos campos **503**

2. Se inicia de forma automática la transferencia de datos e imágenes **504**
3. Se almacenan los datos e imágenes en una memoria local, donde se ejecuta la interfaz gráfica **504**
4. Se espera unos minutos mientras se carga la información
5. Automáticamente la interfaz genera la trayectoria realizada durante la inmersión, mostrando en cada punto las coordenadas, la marca temporal, la imagen y datos del entorno capturadas con los sensores **505**
6. La interfaz gráfica cuenta con una ventana adicional donde se presentan reportes con análisis de las variables capturadas por los sensores

Comprendiendo el método en la etapa III:

El sistema informático implementado por computador o interfaz gráfica, permite la consulta remota de los datos e imágenes capturados por el sistema de mapeo del fondo de cuerpos de agua. Para la consulta de forma remota se considera la siguiente secuencia:

1. El sistema informático implementado por computador cuenta con un cliente que le permite conectarse a la red, el cual puede ser por ejemplo internet
2. Cuando se detecta conexión a la red, de forma automática los datos serán cargados a la red **506**
7. Un usuario con acceso a la red puede ingresar haciendo uso de un sistema de autenticación (usuario y clave), a un dashboard donde se presentan los reportes y la visualización de la trayectoria realizada durante alguna inmersión seleccionada **507**