

ELEMENTOS A CONSIDERAR EN LAS INSPECCIONES A SUMERGIBLES

J. Medina Castillo.
DrC, Ing. Construcción Naval, Investigador Auxiliar
CIDNAV. Cuba

RESUMEN

El trabajo aborda la temática de las inspecciones de aceptación y periódicas a los sumergibles de uso civil. Incluye una clasificación de este tipo de embarcaciones, así como un conjunto de parámetros a tener en cuenta durante las inspecciones. El análisis se realiza desglosando los diferentes sistemas de que se compone un sumergible, y exponiendo los elementos que deben reglamentarse y comprobarse en las inspecciones que realiza la Sociedad Clasificadora. El trabajo pretende ofrecer algunas herramientas de ayuda a los inspectores y personal técnico que realiza inspecciones a sumergibles.

INTRODUCCIÓN.

El desarrollo de las embarcaciones sumergibles en los últimos 10 años ha estado sustentado por las necesidades de tres esferas de la actividad humana: el turismo, la búsqueda y extracción de recursos minerales del fondo marino, y las investigaciones científicas de diversos tipos.

Nuestro país mantiene una estrategia económica que tiene en la industria de extracción y el turismo dos pilares básicos, por ello la presencia de sumergibles en nuestras aguas, operados por instituciones nacionales y extranjeras se va haciendo más frecuente, y las perspectivas de su incremento son reales.

Este fenómeno constituye un reto para las instituciones cubanas encargadas de garantizar la seguridad del uso de estas embarcaciones y de proteger el medio marino de la agresión tecnológica y la contaminación. Ante ellas surge la necesidad de establecer documentos rectores y adiestrar a su personal para enfrentar este desafío.

Este trabajo se propone contribuir de forma modesta, a esta labor. Ofrece algunas herramientas de ayuda a los inspectores y personal técnico que realiza inspecciones a sumergibles.

Para ello hemos contemplado dos tipos básicos de controles o inspecciones: Una cuando el sumergible arriba al país para ser utilizado o sale de fábrica (en caso de ser construido en el país); y otra inspección de carácter periódico, que puede coincidir o no con la varada del sumergible.

A su vez el sumergible se desglosa en los diferentes sistemas de que se compone, y se exponen los elementos que deben reglamentarse y comprobarse en las inspecciones que realiza la Sociedad Clasificadora.

1. CLASIFICACIÓN DE SUMERGIBLES.

Aún cuando existen numerosas formas de clasificar a las embarcaciones submarinas, en la actualidad existe consenso en denominar “submarinos” a los buques de uso militar capaces de navegar bajo la superficie del agua, y “sumergibles” a las de uso civil.

Estas últimas, a su vez se pueden clasificar por dos criterios fundamentales: su empleo y la forma de dirigirlas.

Por su empleo se dividen en tres grupos fundamentales (ver figura 1): Turísticas, de investigaciones científicas, de trabajos submarinos.

Por la forma en que son dirigidas se clasifican en tripulados y no tripulados y son llamados en ocasiones “vehículos submarinos”. Estos últimos pueden ser dirigidos por cable (VSDC) o

autónomos (VAS).

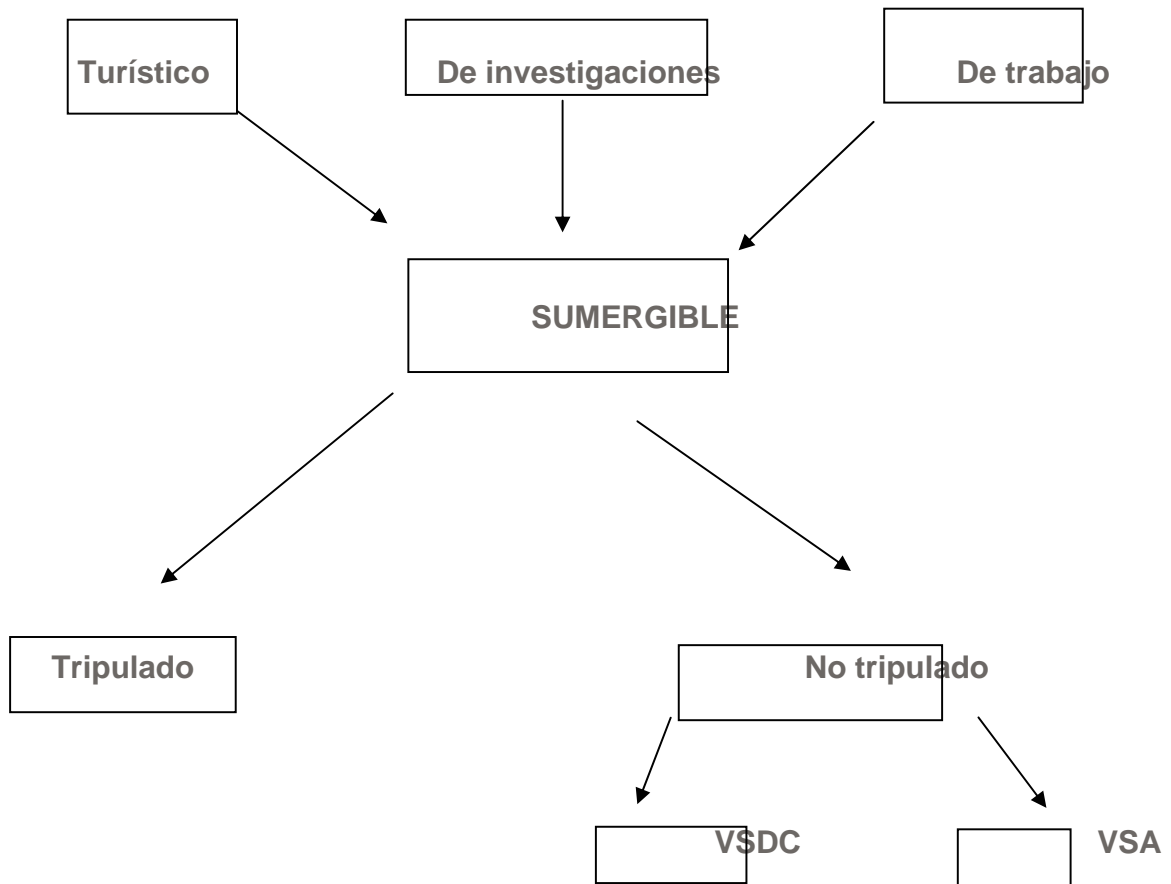


Fig.1 Clasificación de sumergibles.

Sumergibles turísticos: Son lógicamente sumergibles tripulados, que se construyen en un rango de 4 hasta 40 personas entre tripulación y pasajeros. Se componen de un casco resistente, donde se ubican los turistas y la dotación del sumergible, el cual cuenta con los medios necesarios para el mantenimiento de la vida por periodos de hasta 2-3 días. Este casco está dotado de clarabollas transparentes para la observación del paisaje submarino. Posee en la zona de proa una cabina para los pilotos, en la que se ubican los mandos de dirección y los equipos de navegación, el manejo se facilita por medio de una clarabolla semiesférica de gran dimensión. A este casco se accede por una escotilla superior. Se construye de acero naval de alta resistencia o con aceros especiales.

Tienen además una exoestructura o casco "ligero" construido por lo general de Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio, e incluye las cisternas de lastre principal y las formaciones superiores de la torreta y la cubierta de pasajeros.

La propulsión es eléctrica, utilizando como fuente baterías de acumuladores, que alimentan motores eléctricos azimutales denominados "trusters", los cuales actúan como propulsores y timones a la vez. Este sistema es de autonomía limitada a la reserva energética de las baterías. Alcanzan una velocidad máxima sumergidos de hasta 5-6 nudos.

Operan a profundidades de entre 60 y 80 metros de profundidad.

Su principal desventaja desde el punto de vista operativo es la necesidad de ser remolcados hasta la zona de observación, si esta no se encuentra en la cercanía del lugar de basificación

del sumergible. No obstante, el proyecto PROTECAS desarrollado en España, propone un sumergible turístico dotado de casco tipo catamarán, con motores diesel para la propulsión en superficie (ver fig 2) , lo que eliminará esta limitación y le abrirá nuevos horizontes al desarrollo de este tipo de embarcaciones.

Sumergibles de trabajo tripulados: Estas son embarcaciones habitualmente construidas para dos tripulantes, y que pueden tener una esclusa para la salida de buzos al exterior. Su función principal consiste en la instalación mantenimiento y reparación de equipos para la extracción de gas y petróleo del fondo marino, así como trabajos de construcción de obras hidrotécnicas. Se caracterizan por ser mucho mas pequeños que los sumergibles turísticos, lo que permite izarlos a bordo de buques–madre de la industria de extracción offshore.

Poseen una profundidad de sumersión de hasta 5 000 metros como regla y un sofisticado sistema de navegación y comunicaciones submarinas. En la mayoría se instalan manipuladores hidráulicos a manera de brazos mecánicos, que son capaces de portar diferentes tipos de herramientas para el trabajo submarino.

Sumergibles de investigaciones tripulados: En este caso ocurre que en ocasiones un sumergible se construye y utiliza para trabajos submarinos y para investigaciones a grandes profundidades y por ello es difícil diferenciarlos. Los sumergibles de investigaciones científicas son equipados con sensores y equipos, cuyo perfil depende del objetivo de la investigación en cuestión. Una excepción lo constituyen los sumergibles de investigaciones de la plataforma, destinados al estudio de la flora y fauna de los arrecifes y plataforma, los cuales se confeccionan para aguas someras y son tripulados en ocasiones por una persona.

Vehículos submarinos dirigidos por cable (VSDC): Son artefactos de formas muy variadas, destinados al trabajo, las investigaciones y la observación submarina, cuyo denominador común consiste en que están unidos al buque portador por un cable a través del cual se le suministra la energía eléctrica para el funcionamiento de sus sistemas, y se realiza la dirección de sus órganos de propulsión y gobierno. Se equipan con la más variada gama de equipos que va desde cámaras de video y sonares hasta sofisticados sensores.

Estos sumergibles pueden ser operados desde un buque o desde un sumergible tripulado. Sus dimensiones son relativamente pequeñas y su peso no supera por lo general 1 tonelada. Su profundidad de sumersión está limitada por el largo y el peso del cable umbilical que lo une a su portador.

Vehículos submarinos autónomos (VSA): Tienen el mismo destino y equipamiento que los dirigidos por cable, pero el hecho de no poseer atadura alguna a su portador le permite alcanzar profundidades de hasta 3 500 metros.

Sin embargo, dadas las dificultades que acarrea la dirección utilizando el canal acústico (única forma de comunicarse sin cable bajo el agua), estos vehículos actúan por un programa que se elabora previamente y se carga en el microprocesador de a bordo del VSA, comportándose como verdaderos “robots” submarinos. Esta particularidad convierte a los VSA en equipos caros y sofisticados.

1. COMPOSICIÓN DE LOS SUMERGIBLES. SISTEMAS DE A BORDO.

En lo adelante nos concentraremos en el estudio de los sumergibles tripulados, y las recomendaciones que se emitirán estarán dirigidos a este tipo de embarcaciones.

El sumergible constituye un sistema complejo de partes, piezas y mecanismos, que funcionan de forma integrada. Estos elemento se pueden agrupar en sistemas que posee funciones bien delimitados y tienen características identificatorias muy bien definidas. Estos sistemas son:

Casco: Tiene como función proteger a la tripulación y los sistemas del medio exterior, así como garantizar las cualidades fundamentales a la embarcación (estabilidad, maniobrabilidad, resistencia estructural e hidrodinámica, etc): Se subdivide en casco resistente y exoestructuras. El primero debe ser estanco y resistir la presión equivalente a la profundidad de trabajo, y el segundo no es estanco en su totalidad, y alberga los tanques de lastre, así como sistemas que pueden o deben estar en contacto con el exterior.

Sistema de propulsión y gobierno: Tiene como función garantizar el movimiento y la maniobrabilidad del sumergible en tres dimensiones. Por regla general está compuesto por “trusters”, motores eléctricos encapsulados con hélices el tobera, que se ubican el plano horizontal y en el vertical, de tal manera que permiten el movimiento y la maniobra “avante.atrás” y arriba-abajo” de forma simultánea.

Sistema electroenergético: Está integrado por la fuente de corriente, que casi en la totalidad de los casos son baterías de acumuladores, las pizarras de distribución y dirección, y las redes eléctricas de suministro a los consumidores de a bordo. Poseen varios escalones de seguridad y tiene de forma obligatoria una red de suministro en avería para los consumidores vitales.

Sistema de mando y control: Su misión consiste en permitir el control permanente del estado de los sistemas del sumergible, y dirigir todas las maniobras. Se compone de un grupo de mandos e instrumentos ubicados en el puesto del piloto. En la actualidad se emplean sofisticados sistemas de sensores conectados a microprocesadores, capaces de garantizar el control automático de casi la totalidad de los sistemas de a bordo. Integra la dirección de los sistemas de navegación y posicionamiento, control de estado, sonares, reservas, comunicaciones, propulsión y gobierno, inmersión-emersión, alumbrado exterior, manipuladores de herramientas externas, y otros.

Sistema de comunicaciones: Se compone de varios equipos para garantizar las comunicaciones internas y externas en estado de inmersión y en la superficie del mar. Por regla general se compone de un equipo de radio VHF para las comunicaciones en superficie y un equipo de comunicaciones submarinas omnidireccional en canal hidroacústico para las comunicaciones bajo el agua. Los sumergibles de varias cabinas o con esclusas se habilitan con un equipo de altavoces interno.

Sistema de navegación: Integra un grupo de equipos para la navegación y el posicionamiento en superficie y sumergido. A él pertenecen los compases, las correderas, las ecosondas, los profundímetros, clinómetros, GPS, sonares de exploración frontal y barrido lateral, y otros.

Sistema de lastre principal: Agrupa un grupo de válvulas y tubos que permiten la inundación de los tanques de lastre del sumergible, en la maniobra de inmersión.

Sistema de inyección de aire: Se compone de grupos de balones de aire, válvulas, reductores y tubos, que posibilitan suministrar aire de alta presión en los tanques de lastre para la maniobra de emersión.

Sistema de compensación: Está integrado bombas, válvulas, flujómetros y tubos que deben garantizar la operación toma o extracción de agua de mar en el tanque de compensación, con el objetivo de equilibrar las variaciones de la flotabilidad del sumergible una vez que este se haya sumergido.

Sistema de trimado: Se compone de bombas, flujómetros, válvulas y tubos, que trasiegan líquido entre dos tanques situados a proa y popa respectivamente, y que equilibran el sumergible en el plano longitudinal, evitando asientos desagradables. En algunos sumergibles pequeños esta operación se realiza simplemente trasladando un lastre sólido a lo largo del casco.

Sistema de ventilación y climatización: Incluye extractores, ventiladores, válvulas, conductos, bombas y equipos de aire acondicionado, cuya función consiste en garantizar una atmósfera en el interior del sumergible con parámetros de temperatura y humedad adecuados. Se instala sólo en los sumergibles grandes, con tripulaciones numerosas.

Sistema de regeneración de aire: Tiene como objetivo regenerar el aire de la atmósfera en el interior del submarino, para eliminar el CO_2 y agregar oxígeno a la mezcla de aire. Se usan dos variantes fundamentales. En una el oxígeno se almacena de forma gaseosa en balones que inyectan el gas al aire, y el CO_2 es eliminado al ser atrapado por una sustancia absorbente granulada. En la otra variante se utiliza un compuesto químico, que al ser activado absorbe el CO_2 y expulsa oxígeno durante la reacción. En ambas variantes se utilizan instrumentos para el

análisis de la calidad del aire.

Sistema de salvamento: Abarca varios subsistemas que tiene la función de garantizar el rescate del sumergible o de su tripulación en condiciones de emergencia. Estos subsistemas son:

- Lastre de averías.
- Sistema de suministro de aire por mangueras desde el exterior.
- Ganchos de izaje de averías.
- Boyas de comunicación.
- Escotillas de escape.
- Equipos de respiración autónoma especiales para la salida desde el sumergible hundido.

Sistema contra incendio: Se compone de los medios portátiles de extinción y de los sistemas estacionarios, generalmente de tipo volumétricos. Es muy limitado el uso de sistemas de extinción por agua de mar y por CO₂. El surgimiento de los sistemas de extinción por agua nebulizada ha revolucionado los sistemas contra incendio en los sumergibles.

Sistema para el control de vías de agua: Incluye el sistema de achique y el sistema de presurización. Este último permite elevar la presión en el interior del casco del sumergible al nivel de la presión exterior para evitar la penetración del agua por una avería. Se nutre del aire de reserva de los balones del sistema de inyección de aire.

Sistema de atraque y fondeo: Está conformado por las instalaciones que permiten amarrar, fondear y remolcar al sumergible.

2. INSPECCIONES.

2.1. Generalidades.

En el caso de los sumergibles podemos diferenciar tres tipos de inspecciones fundamentales:

- Inspección del sumergible recién construido, que no posee clase alguna.
- Inspección del sumergible que arriba al país con una clase otorgada por otra sociedad clasificadora.
- Inspección periódica, al sumergible que posee una clase.

Las inspecciones para el otorgamiento de una clase al sumergible de nueva construcción comienzan cuando aún el sumergible se encuentra en la empresa constructora y están apoyadas en el sistema de calidad de esta. Incluyen la revisión y aprobación de los documentos fundamentales que componen el proyecto técnico-ejecutivo, así como la realización de pruebas del casco y los sistemas, tanto en tierra como en el mar.

Las inspecciones del sumergible que se encuentra operativo y posee una clase otorgada por otra sociedad, deben planificarse a partir de nivel y prestigio en esta esfera que posea la sociedad clasificadora, que ha otorgado la clase. En este caso las sociedades insignia en este tipo de buques son el Lloyd's Register of Shipping, el Det Norske Veritas y ABS, las cuales desde hace más de 25 años viene perfeccionando la Reglas para la Construcción y Clasificación de Sumergibles e Instalaciones Offshore. Este tipo de inspecciones debe incluir una revisión de los documentos testigos de las pruebas realizadas para el otorgamiento de la clase, y los certificados emitidos por la sociedad que ha otorgado la clase.

Las inspecciones periódicas se realizan con el objetivo de comprobar si se mantienen los niveles de operatividad y seguridad de la embarcación, y en ellas se consolida el nivel de la clase otorgada o se limitan los marcos de empleo del sumergible. Estas inspecciones deben realizarse con el sumergible varado, dada la característica que poseen los mismos de poseer más del 70% de su carena y sus sistemas exteriores bajo el agua. Estas inspecciones requieren de la comprobación "en caliente" de los sistemas principales del sumergible, así como la medición de un grupo de parámetros que son indicativos del nivel de desgaste o deterioro de los

sistemas del sumergible.

Las inspecciones deben abarcar tres etapas en el tiempo de vida de los sistemas del sumergible:

1. Etapa de diseño: Se comprueba que las soluciones de diseño aplicadas al sistema inspeccionado, se corresponda con las reglas establecidas por la Sociedad, y en caso de utilizarse soluciones nuevas en principio, el órgano técnico de la Sociedad debe emitir un criterio al respecto.
2. Etapa de construcción: Se comprueba que el sistema sea fabricado de acuerdo con lo especificado en el proyecto, y que se cumplan los requisitos de calidad necesarios.
3. Etapa de empleo: Se comprueba que durante la utilización del sistema, este no merme sus prestaciones, manteniendo niveles aceptables de rendimiento y seguridad. Las normas de desgaste no deben superar los pronósticos del proyectista y/o los niveles establecidos en los reglamentos de la Sociedad Clasificadora.

3.2. Alcance de las inspecciones por sistemas.

A continuación en la tabla 1 ofrecemos aspectos que deben ser considerados durante las inspecciones de los diferentes sistemas del sumergible:

Tabla 1. Contenido de las inspecciones de los diferentes sistemas del sumergible.

SISTEMA	INSPECCION A UN SUMERGIBLE EN CONSTRUCCION	INSPECCION A UN SUMERGIBLE QUE ARRIBA	INSPECCION PERIODICA AL SUMERGIBLE EN EXPLOTACION
CASCO	<ul style="list-style-type: none"> • Certificación de materiales. • Comprobación del método de cálculo de estructuras. • Comprobación de cálculos de flotabilidad, estabilidad y maniobrabilidad. • Certificación del diseño de escotillas, esclusas y ventanillas. • Realización de ensayos no destructivos de soldadura. • Realización de pruebas hidráulicas casco resistente. • Realización de pruebas de vacío del casco del 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de los documentos de la clase otorgada por otra Sociedad. Recalcular los elementos que se consideren dudosos. • Realización de la prueba de vacío, o similar. • Inspección en varada del estado del casco. Calibración si se demora desgaste. • Revisión del estado de los penetradores del casco. • Navegación de prueba a profundidad de trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realización de la prueba de vacío, o similar. • Inspección en varada del estado del casco. Calibración si se demora desgaste. • Revisión del estado de los penetradores del casco. • Revisión del estado del esquema de pintura y de protección catódica. • Navegación de prueba a profundidad de trabajo.

		<p>sumergible ya saturado.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Certificación de las soluciones empleadas en los penetradores del casco. • Certificación de los esquemas de pintura. 	
SISTEMA DE PROPULSIÓN Y GOBIERNO		<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del cálculo de resistencia al avance, propulsión y maniobra. • Comprobación del cálculo de resistencia de los elementos portantes. • Certificación de los sistemas de sellaje y hermetización de ejes y cañas de timones o toberas. • Certificación de los sistemas de servomecanismos empleados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Certificación de los sistemas de sellaje y hermetización de ejes y cañas de timones o toberas. • Comprobación del funcionamiento avante y atrás de los propulsores y elementos de gobierno. • Certificación de los ángulos de giro de timones y toberas.
SISTEMA ELECTROENÉRGICO		<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del cálculo de carga eléctrica. • Certificación del tipo de batería de acumuladores empleada. • Certificación de los sistemas de aislamiento y protecciones eléctricas. • Certificación de los circuitos de suministro eléctrico por emergencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del tipo de batería de acumuladores empleada. • Certificación de los sistemas de aislamiento y protecciones eléctricas. • Comprobación de los circuitos de suministro eléctrico por emergencia. • Revisión de los cables y

	<ul style="list-style-type: none"> • Certificación de los cables y conectores colocados fuera del casco. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conectores colocados fuera del casco. • Medición de la resistencia del aislamiento de los componentes principales del sistema 	<ul style="list-style-type: none"> • los componentes principales del sistema
SISTEMA DE MANDO Y CONTROL	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación de la calidad del diseño ergonómico del puesto del piloto. • Comprobación del completamiento con los medios de control indispensables. • Comprobación del doblaje de avería de los sistemas de mando principales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del completamiento con los medios de control indispensables. • Comprobación del doblaje de avería de los sistemas de mando principales. • Comprobación del funcionamiento de los mandos y controles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del funcionamiento de los mandos y controles.
SISTEMA DE NAVEGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del completamiento con los medios de navegación indispensables. • Comprobación de las certificaciones de los equipos a instalar. • Certificación de las compensaciones y ajustes de los equipos de navegación. • Certificación de las luces y elementos de señalización exterior. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del completamiento con los medios de navegación indispensables. • Comprobación de las certificaciones de los equipos instalados. • Comprobación de las compensaciones y ajustes de los equipos de navegación. • Certificación de las luces y elementos de señalización exterior. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación de las compensaciones y ajustes de los equipos de navegación. • Comprobación de las luces y elementos de señalización exterior. • Comprobación en funcionamiento de los equipos del sistema.
SISTEMA DE LASTRE PRINCIPAL	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del cálculo de 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación de la 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación de la

		<p>lastrado.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisión del diseño de los tanques de lastre principal. • Comprobación premontaje de las válvulas de ventilación de los tanques de lastre. 	<p>hermeticidad de las válvulas de ventilación.</p>	<p>hermeticidad de las válvulas de ventilación.</p>
SISTEMA DE INYECCIÓN DE AIRE		<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del cálculo de capacidad de los balones de reserva de aire. • Certificación de la prueba neumática de los balones de reserva de aire. • Comprobación premontaje de las válvulas de inyección de aire. • Comprobación de los manómetros. 	<ul style="list-style-type: none"> • Certificación de la actualidad de la prueba neumática de los balones de reserva de aire. • Certificación de la actualidad de la comprobación de los manómetros. 	<ul style="list-style-type: none"> • Certificación de la actualidad de la prueba neumática de los balones de reserva de aire. • Certificación de la actualidad de la comprobación de los manómetros.
SISTEMAS DE COMPENSACION Y TRIMADO.	DE Y	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del cálculo de compensación y trimado. • Comprobación de las certificaciones de las bombas. • Certificación de los materiales de las conductoras. • Comprobación premontaje de las válvulas. • Comprobación de los equipos de mediciones de flujo, presión y otros. • Pruebas hidráulicas del sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión visual del estado de los elementos del sistema. • Comprobación del funcionamiento del sistema. • Certificación de la comprobación de los equipos de mediciones de presión y flujo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión visual del estado de los elementos del sistema. • Comprobación del funcionamiento del sistema. • Certificación de la comprobación de los equipos de mediciones de presión y flujo.
SISTEMA DE VENTILACIÓN Y CLIMATIZACIÓN	DE Y	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del cálculo de ventilación y 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del funcionamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del funcionamiento

		<p>climatización.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Certificación de los ventiladores y equipos de aire acondicionado. • Comprobación premontaje de las válvulas y elementos del sistema. 	<p>del sistema.</p>	<p>del sistema.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisión del estado de los filtros antiolores.
SISTEMA DE REGENERACIÓN DE AIRE	DE DE	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del cálculo de regeneración de aire. • Certificación de las sustancias absorbentes y regenerativas empleadas. • Certificación de las sistemas que trabajan con oxígeno. • Certificación de limpieza y prueba hidráulica de los balones de oxígeno. • Certificación de los equipos de medición de la calidad del aire. 	<ul style="list-style-type: none"> • Certificación de las sustancias absorbentes y regenerativas empleadas. • Certificación de los equipos de medición de la calidad del aire. • Certificación de limpieza y prueba hidráulica de los balones de oxígeno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Certificación de las sustancias absorbentes y regenerativas empleadas. • Certificación de los equipos de medición de la calidad del aire. • Certificación de limpieza y prueba hidráulica de los balones de oxígeno.
SISTEMA DE SALVAMENTO	DE	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de los cálculos de fuerza de izaje, suministro de aire por avería, y otros. • Certificación de los sistemas y mecanismos de salvamento según el caso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Certificación de los sistemas y mecanismos de salvamento según el caso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del estado de mantenimiento de los componentes del sistema según el caso.
SISTEMA CONTRAINCENDIO		<ul style="list-style-type: none"> • Certificación del sistema de control de combustión de hidrógeno de las baterías de acumuladores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Certificación del sistema de control de combustión de hidrógeno de las baterías de acumuladores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del sistema de control de combustión de hidrógeno de las baterías de acumuladores.

	<ul style="list-style-type: none"> • Certificación de la distribución de medios portátiles, y su comprobación. • Certificación del cálculo y distribución de los sistemas volumétricos de extinción. • Certificación de la clase de antiexplosión y antiinflamación de los materiales dieléctricos y decorativos.. • Certificación de la viabilidad del escape y evacuación de los pasajeros y las tripulaciones. • Certificación del sistema automático de aviso de incendio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Certificación de la distribución de medios portátiles, y su comprobación. • Certificación del cálculo y distribución de los sistemas volumétricos de extinción. • Certificación de la viabilidad del escape y evacuación de los pasajeros y las tripulaciones. • Certificación del sistema automático de aviso de incendio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación de la distribución de medios portátiles, y su comprobación. • Comprobación del sistema automático de aviso de incendio.
SISTEMA PARA EL CONTROL DE VÍAS DE AGUA	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación de las certificaciones de las bombas. • Certificación de los materiales de las conductoras. • Comprobación premontaje de las válvulas. • Comprobación de los equipos de mediciones de flujo, presión y otros. • Pruebas hidráulicas del sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión visual del estado de los elementos del sistema. • Comprobación del funcionamiento del sistema. • Certificación de la comprobación de los equipos de mediciones de presión y flujo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión visual del estado de los elementos del sistema. • Comprobación del funcionamiento del sistema. • Certificación de la comprobación de los equipos de mediciones de presión y flujo.
SISTEMA DE ATRAQUE Y FONDEO	<ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de tensión de los elementos del sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión visual del estado de los elementos del sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión visual del estado de los elementos del sistema.

Además de los aspectos contenidos en la tabla 1 es necesario considerar otros elementos que son fundamentales en la garantía de la seguridad y buen funcionamiento de un sumergible. Ellos son:

1. Calidad del personal que opera el sumergible.
2. Calidad del aseguramiento de tierra del sumergible.

Acerca del tema de la calidad del personal que opera el sumergible, se debe velar porque este personal posea una calificación mínima como hombre de mar, es decir algún nivel de educación especializada y certificados OMI en las especialidades de patrón y maquinista. Además debe haber vencido cursos especializados en operación de sumergibles, con sus respectivos certificados. Estos cursos se imparten de manera muy limitada e irregular, y por lo general los organizan los astilleros constructores de sumergibles (ejemplo la PERRIT SUBMERSIBLE SYSTEM), o las grandes empresas de la industria de extracción offshore de petróleo. En todo caso se debe exigir un documento comprobable que acredite a los tripulantes como graduados de cursos de adiestramiento específicos en este tipo de técnica.

En el caso del aseguramiento de tierra se debe comprobar el estado y la fiabilidad de la estación de carga de baterías, del compresor de aire, del sistema de abastecimiento de oxígeno con las correspondientes certificaciones de la calidad médica del gas, del sistema de suministro de sustancias absorbentes y de regeneración de aire. Además debe comprobarse la seguridad de los medios de comunicación en tierra y el aseguramiento del remolque o transportación a bordo del sumergible hasta y desde la zona de operaciones.

CONCLUSIONES.

1. El desarrollo económico de nuestro país presupone el avance en sectores que emplean de manera cada vez más amplia sumergibles de diversos tipos, por ello el arribo de estas embarcaciones será cada vez más intenso. Su explotación en aguas nacionales debe incrementarse en los próximos años.
2. Se debe trazar una estrategia para realizar un control verdaderamente eficaz sobre la seguridad y calidad del empleo de sumergibles en el país. Ello debe incluir la redacción de documentos rectores y reglas, así como la preparación de personal calificado en las funciones de inspección y control técnico de sumergibles.
3. Se puede organizar el proceso de inspección a un sumergible solamente si se subdivide en sistemas y se establecen criterios de control por cada uno de estos sistemas.
4. Los sumergibles poseen características propias que los hacen diferentes de otros tipos de buques, lo que obliga a centrar los esfuerzos de las inspecciones sobre elementos clave como son la resistencia y hermeticidad del casco, el control de posición, la regeneración de aire, la seguridad contra incendio y otros.
5. Se deben diferenciar dos tipos fundamentales de inspecciones en las condiciones actuales: la de arribada del sumergible al país y la inspección periódica.
6. El empleo de un sumergible involucra aseguramientos tales como una basificación de tierra y un buque acompañante, los cuales deben también ser sometidos a inspección.