

GUÍA DE REQUERIMIENTOS TÉCNICOS MÍNIMOS DE EQUIPAMIENTO DE ACUMULADORES DE AIRE DE USO EN ACTIVIDADES DE BUCEO

VERSION 2.0

EDITOR RESPONSABLE:

Miguel Camus.
Jefe Sección Tecnologías en el Trabajo

COMITÉ DE EXPERTOS REVISOR:

Elizabeth Arias
Servicio de Inspección Técnica Ltda.

Fernando Valdevenito
Servicio de Inspección Técnica Ltda.

Luis Toledo
Tholve Ingeniería

Agustín Escobar A.
Emaresa S.A

Leonardo González G.
Directemar

Jean Barrera G.
Instituto de Salud Pública

REVISOR:

José Espinosa Robles,
Jefe Subdepartamento Seguridad y Tecnologías en el Trabajo

D053-PR-500-02-001

Versión 2

2018

Para citar el presente documento:

Instituto de Salud Pública de Chile, "Guía de Requerimientos
Técnicos Mínimos de Acumuladores de Aire de uso en
Actividades de Buceo" v2.

Consultas o comentarios:

Sección OIRS del Instituto de Salud Pública de Chile, www.ispch.cl.

GUÍA DE REQUERIMIENTOS TÉCNICOS MÍNIMOS DE EQUIPAMIENTO DE ACUMULADORES DE AIRE DE USO EN ACTIVIDADES DE BUCEO

1. ANTECEDENTES

En nuestro país, las actividades industriales relacionadas con el buceo son cada vez más relevantes asociadas al auge de la acuicultura y del buceo “artesanal” con el consecuente aumento del número de trabajadores que se desempeñan en este tipo de actividades.

Los acumuladores de aire de un sistema de alimentación de aire corresponde a un “recipiente sometido a presión” que se encuentra expuesto a ambientes adversos caracterizado por un alto porcentaje de humedad relativa y salinos, condiciones que lo hacen altamente corrosivos. En consecuencia todos los componentes de un sistema de alimentación de aire se encuentran expuesto a sufrir corrosión de importancia por lo que es fundamental un adecuado diseño, fabricación y ensayos que permitan minimizar el riesgo de contaminación del aire suministrado, además de reducir o eliminar el peligro de explosión de este tipo de recipientes.

Debido a lo anteriormente expuesto, la importancia de poder contar con una herramienta a nivel nacional que establezca los aspectos más relevantes a ser considerados en la fabricación, junto con indicar los ensayos a considerar para fines de inspección de la calidad de éstas, es que el Instituto de Salud Pública de Chile, a través de su Departamento Salud Ocupacional y específicamente de la Sección de Tecnologías en el Trabajo ha elaborado la presente guía de referencia, con el valioso apoyo de diferentes entidades.

2. OBJETIVOS

- a) Establecer los requerimientos técnicos mínimos para la fabricación de tanques acumuladores de aire utilizados en actividades de buceo (profesional y artesanal).
- b) Explicitar los ensayos mínimos a ejecutar para garantizar un funcionamiento adecuado de un tanque acumulador de aire que se utilice en actividades de buceo (profesional y artesanal).

3. ALCANCE

3.1. Teórico

Especificar los requerimientos técnicos mínimos para la fabricación de tanques acumuladores de aire utilizados en actividades de buceo (profesional y artesanal), junto con los ensayos necesarios que garanticen un seguro y correcto funcionamiento de éstos, para los siguientes casos:

- a) Equipo de buceo semiautónomo liviano (considera uso de acumulador de aire de capacidad volumétrica de hasta 90 litros con una presión mínima de 10 BAR)
- b) Equipo de buceo semiautónomo mediano (considera uso de acumulador de aire de capacidad volumétrica de hasta 120 litros con una presión mínima de 13 BAR)
- c) Otras capacidades diferentes definidas por la autoridad competente.

3.2. Población Objetivo

Todos los trabajadores que se desempeñan como buzos en sus tareas habituales de trabajo, los cuales se encuentran susceptibles de sufrir enfermedades o lesiones producto de la exposición a presiones extremas generadas por la práctica de la actividad.

3.3. Población Usuaría

- a) Fabricantes, importadores y propietarios de un tanque acumulador de aire
- b) Organismos de certificación e inspección que verifiquen la calidad de un tanque acumulador de aire.

4. MARCO LEGAL

- Decreto Supremo N° 594, de 1999, Reglamento de las condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares del trabajo, del Ministerio de Salud.
- Decreto Supremo N° 1222, de 1996, Reglamento del Instituto de Salud Pública de Chile, del Ministerio de Salud.
- Reglamento de Buceo para Buzos Profesionales; Dirección General de Territorio Marítimo y Marina Mercante; año 2006.

5. DESARROLLO

5.1 Requisitos

5.1.1 Normativa Técnica Aplicable.

Los acumuladores de aire utilizados en actividades de buceo deberán ser diseñados y fabricados utilizando las siguientes normas de referencia¹:

- a) ASME VIII SECCION 1 y 2: Boiler and Pressure Vessel Code. Rules for construction pressure Vessel
- b) Directiva 97/23/CE de Comité Europeo de Normalización (CEN): "Equipos a Presión"

En caso de que el acumulador de aire sea fabricado en el país, éste deberá cumplir con todos los requerimientos explicitados en este documento, a partir de 5.1.2 en adelante.

¹ No obstante, será de obligatorio cumplimiento aquellos requerimientos señalados en el presente documento que no sean abordados por las normativas anteriormente indicadas.

5.1.2 Aspectos Generales de la Estructura del Acumulador de Aire:

ÍTEM	REQUERIMIENTO
Tipos de material de fabricación	La estructura del acumulador de aire debe ser de acero Inoxidable AISI 316L o superior, el cual reúna los requisitos de resistencia a la corrosión, dureza, soldabilidad y otras características propias del tipo de acero a utilizar.
Espesor mínimo	En ningún caso el espesor del acumulador de aire podrá ser inferior a 3,0 mm.
Recubrimiento Superficial	Este equipo no debe ser sometido a algún tipo de recubrimiento sobre su superficie (pintura o similar).
Certificación y calificación de proceso de Soldaduras	El procedimiento de soldadura utilizado en la construcción del acumulador de aire debe estar certificado por un ente competente. El soldador debe estar calificado. Para este fin, éste debe estar certificado utilizando como norma de referencia la "ASME IX "Qualification Standard for Welding and Brazing Procedure, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators, o criterio equivalente.
NOTA: Todo acumulador de aire deberá contar con una tapa de registro que permita inspeccionar y realizar labores de limpieza del recipiente interiormente.	

5.1.3 Válvulas e Instrumentos:

ÍTEM	REQUERIMIENTO
Válvulas de Seguridad	El acumulador de aire debe contar con válvulas de seguridad que cumplan con ISO 4126-1: 2013 u otro estándar equivalente, y además, con los siguientes requerimientos: <ul style="list-style-type: none"> a) Toda válvula de seguridad, deberá estar conectada directamente al acumulador de aire, sin interrupción de ninguna otra válvula, llave, grifo u obstrucción. b) Las válvulas de seguridad, deberán evacuar el aire en forma automática, de forma que la presión al interior del acumulador de aire no sobrepase en ningún momento el 10% de la presión máxima de trabajo. c) Las válvulas de seguridad deberán estar reguladas de manera tal que se mantenga el suministro de aire estable, con una variación máxima de $\pm 5\%$ de la presión máxima de trabajo. d) Toda válvula de seguridad llevará grabada en su cuerpo, o placa de identificación, una marca de fábrica que permita su identificación, además de lo siguiente: norma de fabricación, la presión de apertura, y la capacidad de evacuación. e) El mecanismo de regulación de las válvulas de seguridad debe incluir un sello, mediante un precinto u otro sistema, que evite su manipulación.
Válvula de purga	Todo acumulador de aire deberá contar con una válvula instalada en la parte inferior que permita la evacuación de los residuos proveniente del proceso de compresión del aire.

Manómetros	<p>Todo acumulador de aire deberá tener al menos un manómetro que cumpla con las siguientes especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Tener capacidad para indicar, a lo menos, 1,5 veces la presión máxima del equipo b) El manómetro deberá ser de lectura directa del tipo Bourdon, relleno con glicerina c) El manómetro deberá contar con una marca (línea roja indeleble) que indique la presión máxima del equipo. d) Entre el manómetro y el acumulador de aire se deberá instalar una llave de paso (para efectos de facilitar el cambio del instrumento) e) Para los efectos del control periódico de los manómetros, debe existir un tubo de conexión con llave de paso que permita la fácil colocación de un manómetro patrón. <p>Nota: Requisitos de manómetro tipo Bourdon según norma UNE-EN 837-1: Dimensiones, Metrología, Requisitos y Ensayos o norma equivalente.</p>
Flujómetro	Se debe contar con medidor de flujo tipo de flotador esférico, con un rango de 0 a 120 lts/min (por línea de aire).

5.1.4 Identificación del Acumulador de Aire

ITEM	REQUERIMIENTO
Identificación	Todo acumulador de aire deberá tener adosado a su cuerpo una placa metálica que indique, en forma visible e indeleble, el nombre del fabricante, número de fabricación, año de fabricación, norma de diseño y/o fabricación, capacidad máxima, y la presión máxima de trabajo para la cual fue diseñada.
Registros necesarios	<p>Todo acumulador de aire, incluyendo sus accesorios, deberá contar con un libro de vida durante su vida útil, el cual contenga a lo menos lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Memoria explicativa en español con las especificaciones técnicas y cálculos de diseño, con indicación de las normas de referencia empleadas. • Toda la información, por orden de fechas, de observaciones acerca de su funcionamiento, mantención, reparación y accidentes. <p>Además, todo equipamiento utilizado deberá contar con su historial de calibraciones y mantenciones respectivas, dependiendo del caso</p>

5.2 Requisitos de Inspección de Acumuladores de Aire

5.2.1 Ensayos.

La verificación de las condiciones de seguridad de los acumuladores de aire y sus accesorios, se debe efectuar mediante inspecciones², que contengan a lo menos las siguientes pruebas:

- Verificación de parámetros de diseño
- Inspección Visual

2 La competencia técnica de las instituciones que efectúen estas inspecciones, debe ser determinada por la autoridad respectiva.

- Prueba de presión hidrostática
- Pruebas de la capacidad de válvula de seguridad
- Verificación de funcionamiento de manómetro
- Pruebas especiales (Ensayos no destructivos)

Los requerimientos de cada prueba y/o ensayo, se presenta a continuación:

ENSAYO	REQUERIMIENTO
Verificación de Parámetros de Diseño y de especificaciones técnicas	Se deberá verificar conformidad de la memoria de cálculo (según norma de diseño y de fabricación utilizada), planos de fabricación, y de las especificaciones técnicas de materiales de construcción, del procedimiento de soldaduras, de los equipamientos y accesorios.
Inspección visual	Esta corresponde a una inspección en la cual se deberá verificar al menos los siguientes aspectos: <ul style="list-style-type: none"> - Aspecto visual de uniones soldadas - Aspecto visual de superficie externa - Normal funcionamiento de equipos y accesorios (flujómetro, manómetro, válvulas de seguridad y de purga, etc.) - Verificación de geometría de manto y cabezales - Control del personal (soldador) que interviene en la fabricación. - Control de unión de soportes y refuerzos - Control de marcado de tanque
Prueba de Presión Hidrostática	La prueba de presión hidrostática se deberá realizar de acuerdo al siguiente procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> Se retirarán las válvulas de seguridad y todos los accesorios del acumulador de aire. Se instalarán bridas, flanches ciegos o tapones en orificios o perforaciones del cuerpo de presión y que resista la presión hidrostática de prueba. Se llenará con agua el cuerpo de presión hasta expulsar todo el aire de su interior, mediante un tubo de ventilación. La presión de la prueba hidrostática será 1.3 veces la presión máxima de trabajo. Se considerará que la prueba hidrostática ha sido satisfactoria, cuando el cuerpo de presión no ha presentado filtraciones ni deformaciones durante 15 minutos y la presión de prueba se ha mantenido constante. Durante la prueba hidrostática se aplicará la presión en forma lenta y progresiva aumentándola uniformemente, sin exceder el valor fijado para la presión de prueba que debe resistir. Una vez alcanzada esta última, se cerrará la comunicación con la bomba y se observará el manómetro, el cual deberá continuar marcando la misma presión, sin bajar durante el tiempo de quince minutos. Posteriormente se bajará la presión también en forma lenta y uniforme.

Pruebas de capacidad de válvulas de seguridad	Las pruebas de la capacidad de las válvulas de seguridad se deben realizar a través de un procedimiento que permita verificar los requerimientos señalados en el punto 5.1.3 del presente documento, en relación con las “válvulas de seguridad”.
Verificación de funcionamiento de manómetros	<ul style="list-style-type: none"> - Se deberá comparar con la lectura de un manómetro que cuente con certificado de calibración. - Se aceptará un error de hasta un 5%. - Debe ser realizada una vez al año
Pruebas especiales (ensayos no destructivos)	<p>Las pruebas especiales se deben realizar a través de la aplicación de procedimientos asociados a los siguientes ensayos “no destructivos”:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Medición de espesores - Radiografías o gammagrafía - Tintas penetrantes

5.2.2 Criterios de Periodicidad

El tipo de ensayo y la periodicidad de las inspecciones de las condiciones de seguridad correspondiente, se deben efectuar en las siguientes instancias:

- a) Al término de la fabricación del acumulador de aire (antes de la entrega al usuario): Verificación de parámetros de diseño, inspección visual, prueba de presión hidrostática, pruebas de la capacidad de válvula de seguridad y pruebas especiales (ensayos no destructivos).

NOTA: En caso de que el acumulador de aire sea de procedencia extranjera y cuente con certificación de origen según ítem 5.1.1, ésta podrá ser reconocida como inicial³, siempre y cuando se demuestre el cumplimiento de los requisitos expresados en el ítem mencionado.

- b) Trascurridos tres años de funcionamiento del acumulador de aire (de procedencia nacional o extranjera): inspección visual, prueba de presión hidrostática, pruebas de la capacidad de válvula de seguridad y pruebas especiales en caso de ser necesario (ensayos no destructivos), con la excepción de la verificación del manómetro, la cual debe realizarse anualmente.

Independientemente del tiempo funcionamiento transcurrido, cuando el equipo presente daños evidentes como consecuencia inmediata de esfuerzos mecánicos imprevistos, se deberán reiterar las siguientes pruebas:

- Inspección visual
- Prueba de presión hidrostática
- Pruebas de la capacidad de válvula de seguridad
- Verificación de funcionamiento de manómetro
- Pruebas especiales en caso de ser necesario (Ensayos no destructivos)

3 Por el ente y/o institución autorizada para tal fin por la autoridad competente

Adicionalmente, al término de cualquier reparación y/o transformación (que involucre una intervención de la estructura del recipiente de presión), antes de ponerlas en servicio será necesario efectuar pruebas indicadas en el párrafo anterior:

Por último, las pruebas podrán ser solicitadas en cualquier instancia de tiempo por parte de la autoridad competente.

5.2.3. Calibraciones

Las instituciones interesadas en realizar las inspecciones y ensayos de los acumuladores de aire deberán garantizar la calibración de los instrumentos de medición que se utilicen para llevar a cabo las pruebas y ensayos especificados en el punto 5.2.1 del presente documento, las cuales deberán ser en una entidad que cuente con una acreditación ISO 17025 para los alcances señalados, o bien, cuente con un reconocimiento regional equivalente.

6. DEFINICIONES

- 6.1 Buceo: Acción de nadar, desplazarse o permanecer bajo la superficie del agua, conteniendo la respiración o con ayuda de aparatos adecuados.
- 6.2 Acumulador de aire comprimido: Depósito resistente en el que se comprime y almacena aire a presiones superiores a la atmosférica, con objeto de utilizar posteriormente su presión para actividades de buceo. En este caso en particular el aire debe cumplir requisitos para consumo humano.
- 6.3 Norma ASME: Recipientes sometidos a presión de la American Society of Mechanical Engineers
- 6.4 Ensayos no destructivos: Se denomina ensayo no destructivo (también llamado END) a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales.
- 6.5 Válvula de Seguridad: Accesorio que cumple el objetivo de liberar un fluido, automáticamente cuando equipo sometido a presión supera la presión máxima de trabajo.
- 6.7 Manómetro: Instrumento destinado a medir la presión efectiva o relativa a la presión atmosférica, que ejerce un fluido contenido en un recipiente o en un circuito a presión.
- 6.8 Flujómetro: instrumento que se utiliza para la medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido o para la medición del gasto másico.
- 6.9 Presión Máxima de Trabajo: Presión límite a la que puede trabajar con seguridad un equipo sometido a presión.
- 6.10 Presión de Diseño: Presión utilizada en el diseño de un equipo.

7. BIBLIOGRAFÍA

- 7.1. Neumática e Hidráulica de la Universidad de Cantabria, España
- 7.2. Preservación de los Aparatos sometidos a Presión y cumplimiento de la Normas Vigentes de Carlos Kisel; Lucas Mantovani; Hernán Moscoso; Héctor Sbuttoni del Instituto Argentino de Siderurgia, Pcia. Buenos Aires, Argentina
- 7.3. Válvulas de Seguridad Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, España.
- 7.4. Aire Comprimido: Guía Norgren para el Tratamiento del Aire
- 7.5. ASME VIII; División 1: Rules for Construction of Pressure Vessels
- 7.6. Norma NCh 2197. Of.92: "Gases comprimidos – Aire – Clasificación, requisitos de calidad y métodos de muestreo y análisis"
- 7.7. Norma NCh 328 Of.2006: "Gases licuados de Petróleo – Cilindros y Tanques de acero soldados – Métodos de Ensayos"
- 7.8. Norma NCh 2244 Of.95: "Gases comprimidos – Inspección periódica de cilindros de acero"
- 7.9. Norma NCh 2247 Of.95: "Cilindros para gases comprimidos – Ensayo de presión hidrostática"
- 7.10. Norma NCh 17025 Of.2005: "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración"
- 7.11. Norma NCh 17020 Of. 2009: Sistemas de Gestión para Organismos de Inspección