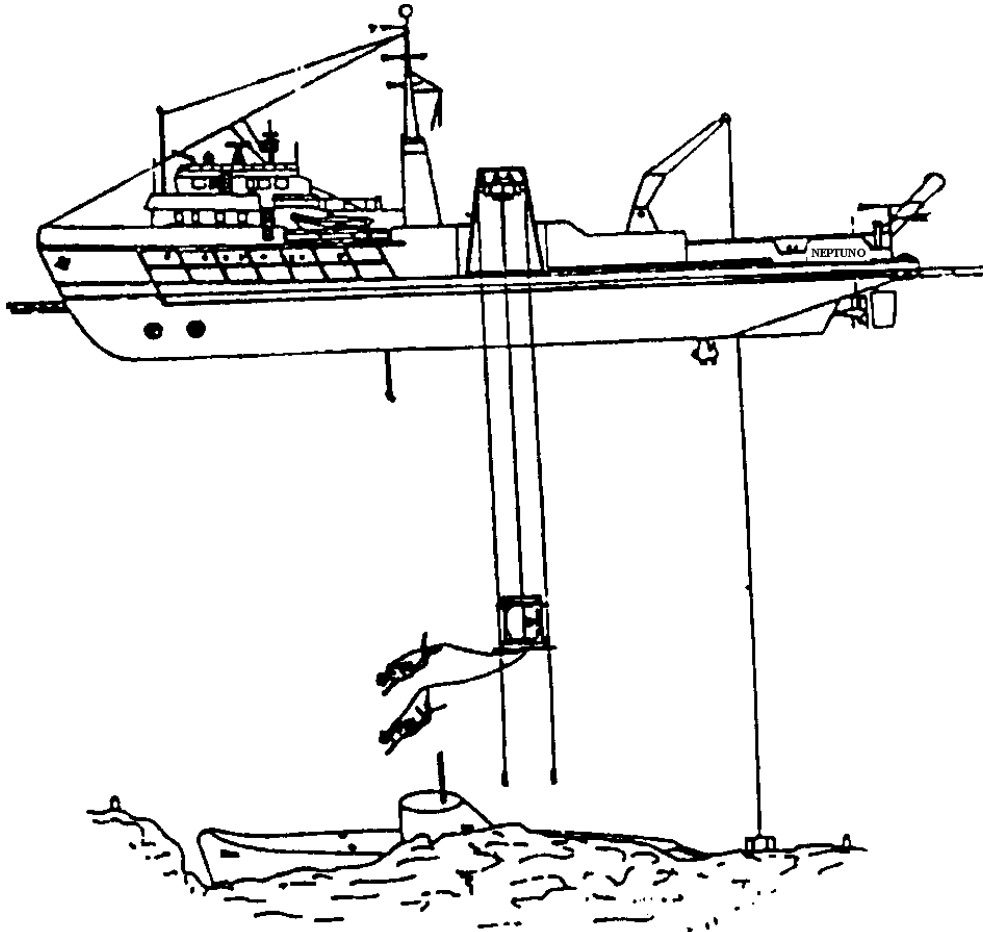


# **CENTRO DE BUCEO DE LA ARMADA**

## **SECRETARIA TÉCNICA**



A-20 "NEPTUNO"

# **SISTEMAS DE BUCEO CON CAMPANA**

**MARZO 2000**



*El Almirante  
Jefe  
de la Zona Marítima del Mediterráneo*

Agosto 2001

## **ORDEN DE PROMULGACION**

- 1.- *Se declara reglamentario en la Armada el Manual "SISTEMAS DE BUCEO CON CAMPANA" del Centro de Buceo de la Armada (Secretaría Técnica).*
- 2.- *Entrará en vigor a su recepción.*
- 3.- *Las sugerencias y recomendaciones que los destinatarios estimen oportunas se elevarán siguiendo el trámite reglamentario.*

Cartagena, 9 de Agosto de 2001  
**EL ALMIRANTE JEFE DE LA ZONA MARITIMA,**



*[Firma manuscrita]*  
José Antonio Zea Salgueiro.-

Original  
(reverso en blanco)

## **PROLOGO**

Esta primera edición, de GENERALIDADES SOBRE SISTEMAS DE BUCEO CON CAMPANA, ha sido confeccionada por la Secretaría Técnica del Centro de Buceo de la Armada con la valiosa aportación del Suboficial Buzo D. Julio Pernas García utilizando apuntes e información obtenida por el mismo y con la experiencia conseguida tras los muchos años dedicados al buceo.

Hay que agradecer a la Unidad de Investigación Subacuática, a la Escuela de Buceo y al buque de salvamento submarino Neptuno, las correcciones y comentarios al libro que han hecho posible la realización de esta publicación.

Esperamos que esta publicación sirva de valiosa ayuda para la realización de los cursos de buceo con suministro de superficie, y para poder mejorarla en lo sucesivo, con las aportaciones y experiencias de todos los buzos y buceadores de la Armada.

Centro de Buceo de la Armada. Secretaría Técnica.

Cartagena, marzo de 2000

# INDICE

## **CAPITULO 1. ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA CAMPANA DE BUCEO**

## **CAPITULO 2. INMERSIONES A GRAN PROFUNDIDAD**

- 2.1 INTRODUCCION AL BUCEO.
- 2.2 COMPONENTES.
- 2.3 INMERSIONES DE OBSERVACIÓN.
- 2.4 INMERSIONES DE INTERVENCIÓN CON AIRE.
- 2.5 INMERSIONES DE INTERVENCIÓN USANDO MEZCLAS DE GASES.
- 2.6 INMERSIONES A SATURACIÓN.

## **CAPITULO 3. LA CAMPANA DE BUCEO**

- 3.1 INTRODUCCION.
- 3.2 COMPONENTES DE LA CAMPANA DE BUCEO.
  - 3.2.1 PUERTAS O ESCOTILLAS.
  - 3.2.2 PORTILLOS.
  - 3.2.3 SISTEMA DE ACOPLAMIENTO.
  - 3.2.4 LASTRES
  - 3.2.5 SUMINISTRO DE GASES A LA CAMPANA.
  - 3.2.6 UMBILICALES.
  - 3.2.7 SUMINISTRO DE ENERGIA A LA CAMPANA.
  - 3.2.8 COMUNICACIONES.
- 3.3 LA MANIOBRA DE LA CAMPANA.
  - 3.3.1 MODOS DE LANZAMIENTO DE LA CAMPANA.
  - 3.3.2 GUIADO DE LA CAMPANA.
  - 3.3.3 CARRETELES Y CHIGRES.
  - 3.3.4 MANEJO DEL UMBILICAL.

## **CAPITULO 4. DISEÑO DEL SISTEMA DE BUCEO**

- 4.1 CRITERIOS DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE BUCEO CON CAMPANA
  - 4.1.1 CRITERIOS GENERALES.

- 4.1.2 CAMPANA DE BUCEO.
  - 4.1.3 CÁMARA DE TRANSFERENCIA.
  - 4.1.4 CÁMARA DE DESCOMPRESIÓN EN SUPERFICIE.
  - 4.1.5 CÁMARA DE RESCATE PARA EL PROCEDIMIENTO DE ABANDONO DE BUQUE.
  - 4.1.6 PANEL DE CONTROL
- 4.2 CONFIGURACIONES DE LAS CÁMARAS DE DESCOMPRESIÓN.
- 4.2.1 SISTEMA DE BUCEO A SATURACIÓN DEL BUQUE HMS “CHALLENGER”
- 4.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE BUCEO.
- 4.3.1 CAMPANA DE BUCEO
  - 4.3.2 CÁMARA DE DESCOMPRESIÓN DE CUBIERTA.
  - 4.3.3 CÁMARA DE TRANSFERENCIA.
  - 4.3.4 CENTRO DE CONTROL.
  - 4.3.5 PANEL DE CONTROL DE LA DCC.
  - 4.3.6 PANEL DE CONTROL DE LA DTC.
  - 4.3.7 PANEL DE CONTROL DE LA SCC.
  - 4.3.8 PANEL CENTRAL DE SUMINISTRO DE GAS.
  - 4.3.9 SISTEMA DE CONTROL AMBIENTAL..
  - 4.3.10 PANEL DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA..
  - 4.3.11 ALMACENAMIENTO DE GASES Y SU DISTRIBUCIÓN
  - 4.3.12 AIRE COMPRIMIDO.
  - 4.3.13 ALMACENAMIENTO DE OXÍGENO.
  - 4.3.14 HELIO.
  - 4.3.15 HELIO - OXÍGENO (HE-0<sub>2</sub>).
  - 4.3.16 RECUPERACIÓN DE GASES.

## **CAPITULO 5. LA CAMARA DE DESCOMPRESIÓN.**

- 5.1 CÁMARAS DE DESCOMPRESIÓN
- 5.2 SERVICIOS
  - 5.2.1 SISTEMAS SANITARIOS.
  - 5.2.2 SISTEMA DE AGUA CORRIENTE.
  - 5.2.3 AGUAS SUCIAS.
  - 5.2.4 SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE.
  - 5.2.5 SISTEMAS CONTRA INCENDIOS.

## **CAPITULO 6. EL MANEJO DE LAS CAMARAS.**

- 6.1 EL OPERADOR.
- 6.2 CONTROL DEL TIEMPO Y PROFUNDIDAD.
- 6.3 COMPOSICIÓN DEL GAS.
  - 6.3.1 COMPOSICION DEL AIRE.

- 6.3.2 COMPOSICION DE LA MEZCLA He-O<sub>2</sub>.
- 6.3.3 COMPOSICION DE LA MEZCLA He-O<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>. (Trimix).
- 6.4 CONTROL DEL OXÍGENO.
- 6.5 CONTROL DEL ANHÍDRIDO CARBÓNICO.
- 6.6 CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS.
- 6.7 FOCOS DE GASES TÓXICOS.
- 6.8 CONTROL DE TEMPERATURA.
- 6.9 CONTROL DE HUMEDAD.
- 6.10 CONTROL DEL RUIDO.
- 6.11 HIGIENE DE LA CÁMARA DE DESCOMPRESIÓN.
- 6.12 INFECCIONES.
- 6.13 DIETA EN CÁMARAS.
- 6.14 UTILIZACIÓN DE LA ESCLUSA.
- 6.15 PROCEDIMIENTO DE EMERGENCIA.
  - 6.15.1 PÉRDIDA DE PRESIÓN.
  - 6.15.2 FUEGO EN LAS CÁMARAS.
  - 6.15.3 FALLO DE LA CALEFACCIÓN

## **CAPITULO 7 EVACUACION Y RESCATE**

- 7.1 EVACUACIÓN Y RESCATE DE BUZOS BAJO PRESIÓN.
- 7.2 SISTEMA TUP.
- 7.3 BOTE SALVAVIDAS HIPERBÁRICO.
- 7.4 CÁMARA HIPERBÁRICA DE RESCATE.

## **CAPITULO 8 LA TORRETA DEL NEPTUNO**

- 8.1 GENERALIDADES
- 8.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
- 8.3 CASCO.
  - 8.3.1 GENERALIDADES Y ESPECIFICACIONES DE CASCO, PINTURA Y RECUBRIMIENTO TÉRMICO DE LA TORRETA.

- 8.3.2. ESCLUSAS Y PORTILLOS.
  - 8.3.3. DEFENSAS EXTERIORES
  - 8.3.4. LASTRES LARGABLES
  - 8.3.5. CULOTE DEL CABLE DE SUSPENSIÓN.
  - 8.3.6. CABLE DE SUSPENSIÓN.
  - 8.3.7. UMBILICAL TORRETA
  - 8.3.8. SITUACIÓN DE PASACASCOS Y SU FUNCIÓN ESPECÍFICA
- 8.4. EQUIPOS NEUMÁTICOS.
- 8.4.1. CIRCUITO PRINCIPAL DE PRESURIZACIÓN.
  - 8.4.2. CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN PRINCIPAL A CUADRO RESPIRACIÓN BUZOS I Y II.
  - 8.4.3. CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE EMERGENCIA A CUADRO DE RESPIRACIÓN BUZOS I Y II.
  - 8.4.4. VÁLVULA DE SEGURIDAD DE FALLO DE SUMINISTRO ( DIV 38 )
  - 8.4.5. CUADRO INTERIOR TORRETA DE CONTROL RESPIRACIÓN BUZOS I Y II.
  - 8.4.6. CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN Y CUADRO INTERIOR TORRETA RESPIRACIÓN HOMBRE TORRETA (BELLMAN).
  - 8.4.7. EXHAUSTACIONES DE LA TORRETA AL EXTERIOR
  - 8.4.8. CIRCUITO DE INYECCIÓN DE OXÍGENO AL INTERIOR DE LA TORRETA
  - 8.4.9. SEÑALES DE PRESIÓN Y PROFUNDIDAD DESDE LA TORRETA HACIA SUPERFICIE.
    - 8.4.9.1. SEÑAL DE PRESIÓN INTERIOR TORRETA HACIA SUPERFICIE
    - 8.4.9.2. SEÑAL DE PRESIÓN EXTERIOR TORRETA HACIA SUPERFICIE
    - 8.4.9.3. SEÑAL DE PROFUNDIDAD DE LOS BUZOS I Y II HACIA SUPERFICIE.
  - 8.4.10. MEDIDAS DE LA PRESIÓN INTERIOR Y EXTERIOR DENTRO DE LA TORRETA
  - 8.4.11. SEÑALES DE ANÁLISIS DESDE LA TORRETA HACIA SUPERFICIE
  - 8.4.12. SISTEMA DE IGUALACIÓN DE PRESIONES ENTRE LA PORTA INTERIOR, TRONCO DE SEPARACIÓN INFERIOR, Y PORTA EXTERIOR TORRETA
  - 8.4.13. SISTEMA DE IGUALACIÓN DE PRESIONES EN EL TRONCO LATERAL DE LA TORRETA
- 8.5. SISTEMAS, CIRCUITOS, Y APARATOS ESPECIALES EN LA TORRETA
- 8.5.1. SISTEMA DE CONTROL DEL NIVEL DE AGUA DENTRO DE LA TORRETA
  - 8.5.2. CIRCUITO DE AGUA CALIENTE PARA LA TORRETA
  - 8.5.3. CONTROL HIDRÁULICO DE LA PORTA INFERIOR EXTERIOR DE LA TORRETA
  - 8.5.4. APARATO RECUPERADOR DE EMERGENCIA DE LOS BUZOS
  - 8.5.5. APARATO DE ABSORCIÓN DE CO<sub>2</sub> EN EL INTERIOR DE LA TORRETA
  - 8.5.6. SISTEMA DE LOCALIZACIÓN DE EMERGENCIA DE LA TORRETA
  - 8.5.7. SISTEMA DE TELEMEDIDA ( MINITRANS )
    - 8.5.7.1. PARTE DE FONDO O TORRETA.
    - 8.5.7.2. PARTE DE SUPERFICIE.

8.5.8. SISTEMA DE COMUNICACIONES Y CIRCUITO CERRADO DE TV. DE LA TORRETA.

8.5.8.1. SISTEMA DE COMUNICACIONES DE LA TORRETA.

8.5.8.2. SISTEMA DE COMUNICACIONES DE EMERGENCIA.

8.5.8.3 SISTEMA CIRCUITO CERRADO DE T.V. DE LA TORRETA.

8.5.9. LINEA DE SEGURIDAD (SNUB LINE).

8.5.10. UMBILICALES DE LOS BUZOS I Y II, Y HOMBRE TORRETA

8.5.10.1. UMBILICALES DE LOS BUZOS I Y II

8.5.10.2. UMBILICAL DEL HOMBRE TORRETA

8.6. SUMINISTRO ELÉCTRICO DE LA TORRETA

8.6.1. SUMINISTRO ELÉCTRICO PRINCIPAL DE LA TORRETA

8.6.2. SUMINISTRO ELÉCTRICO APARATOS INTERIOR TORRETA

8.6.3. SUMINISTRO ELÉCTRICO APARATOS EXTERIOR DE LA TORRETA.

8.6.4. SUMINISTRO ELÉCTRICO DE EMERGENCIA DE LA TORRETA.

## **BIBLIOGRAFIA**

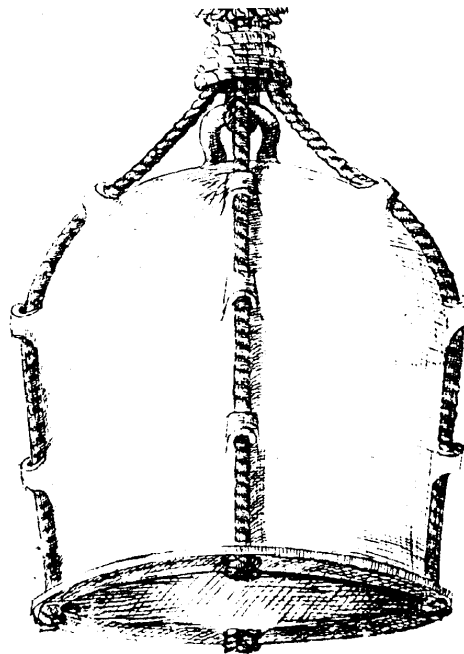




## CAPITULO 1

### ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA CAMPANA DE BUCEO

El filósofo griego *Aristóteles* (384-322 A.C.) en su obra *Problemata*, proporciona las primeras referencias históricas sobre la campana de buceo, sin duda el elemento auxiliar que el hombre ha empleado más tiempo en su trabajo a pulmón bajo el agua, a pesar de plantearse diversos problemas, siendo el mayor el hecho de que la presión del agua comprime el aire en el interior de la campana, y reduce consecuentemente su espacio vital, por ejemplo, a la profundidad 10 metros el volumen de aire de la campana es la mitad del volumen inicial, subiendo el nivel de agua, otro tanto.



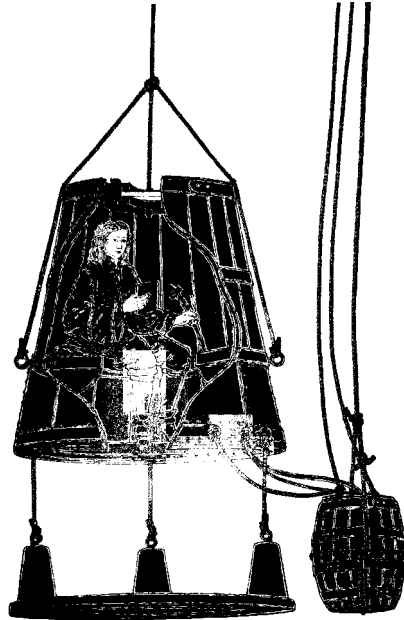
*Fig. 1.1. Campana de José Bono, 1582. (Archivo General de Indias. Sevilla).*

La reserva de aire contenida en el habitáculo se viciaba rápidamente y no existía medio alguno de renovación de este aire, hasta que el célebre astrónomo inglés *Edmund Halley* (1656 -1742), ideó un sistema para renovar el aire del interior de la campana. Aún hoy en día, tras cientos de años de uso, la campana de buceo es imprescindible para el buceo moderno a gran profundidad.

Entre los siglos XVI y XVII comienzan a aparecer diversas campanas de buceo en España, que permiten al hombre permanecer bajo el agua durante cortos intervalos de tiempo. Cabe destacar como las más importantes:

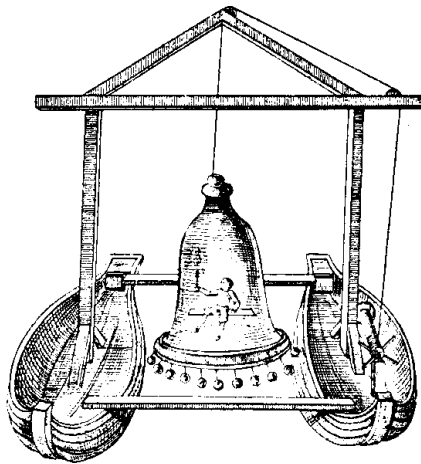
En Toledo, en el año 1538 se hizo una demostración con una campana de buceo en aguas del Tajo en presencia del Emperador *Carlos V* y más de diez mil espectadores. Fue más bien un número circense en que lo "más difícil todavía" era que los ocupantes de la campana se sumergían con una vela encendida y después de cierto tiempo en inmersión salían con la vela encendida.

Con la campana de buceo de *José Bono* (fig.1.1) , se efectuaron inmersiones en aguas de Lisboa ante delegados de *Felipe II*, recuperándose el ancla perdida por un navío. La campana de *Cadaqués* (fig. 1.3) se utilizó en la extracción de los tesoros hundidos de cabo Creus. Los ocupantes de la campana, al finalizar la jornada de trabajo recibían como salario las monedas que eran capaces de coger con la boca y las manos de una sola vez.

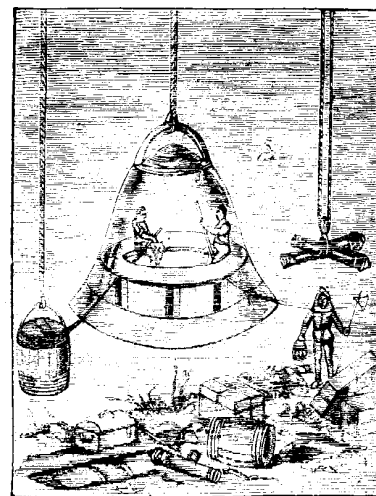


*Fig. 1.2. Campana de buceo con suministro de aire de Halley*

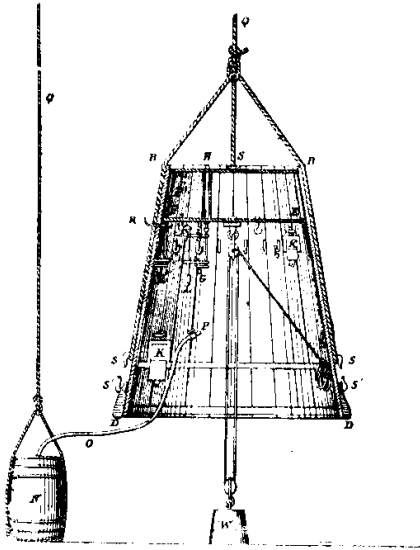
El primer éxito técnico importante en la campana, fue logrado por *Halley* (1656-1742), (fig.1.2) quien observó el problema del agotamiento de oxígeno, e ideó un sistema para enviar hacia abajo aire fresco en barriles. La comunicación entre el barril y la campana se hacía a través de "una manguera de cuero bien empapada en cera y aceite". La campana estaba provista, además, de una pequeña válvula que permitía la salida del aire expirado cuando penetraba el aire fresco.



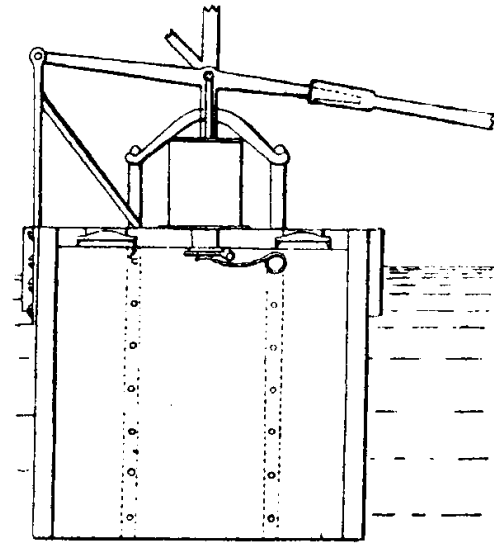
*Fig. 1.3. Campana de Cadaques.*



*Fig. 1.4. Campana de Halley*



*Fig. 1.5. Campana de Spalding.*



*Fig. 1.6. Campana de Smeaton.*

En 1690, **Halley** y cuatro compañeros utilizaron el aparato para establecer el récord de profundidad, permaneciendo sumergidos durante hora y media a 18 metros de profundidad (fig.1.4). Complacido con su descubrimiento, **Halley** se deleitaba refiriendo cómo había permanecido sentado, completamente vestido y seco en el fondo del mar, y para demostrar lo perfecto de su sistema de provisión de aire, desperdiciaba algunas veces el oxígeno encendiendo bujías en la campana.

**Danis Papin** (1674 - 1712) inventor de la primera máquina de vapor de émbolo, percibió la idea en 1689 de una bomba de aire para alimentar de forma continua las campanas de buceo. Se insuflaba aire a la campana y éste se escapaba por el borde inferior de la misma a cualquier profundidad, en lugar de dejar que el agua subiera a un nivel, pues variando la profundidad se disminuía la flotabilidad y reducía el espacio vital de los buzos. El suministro constante de aire fresco permitía prolongar indefinidamente la duración de la inmersión.

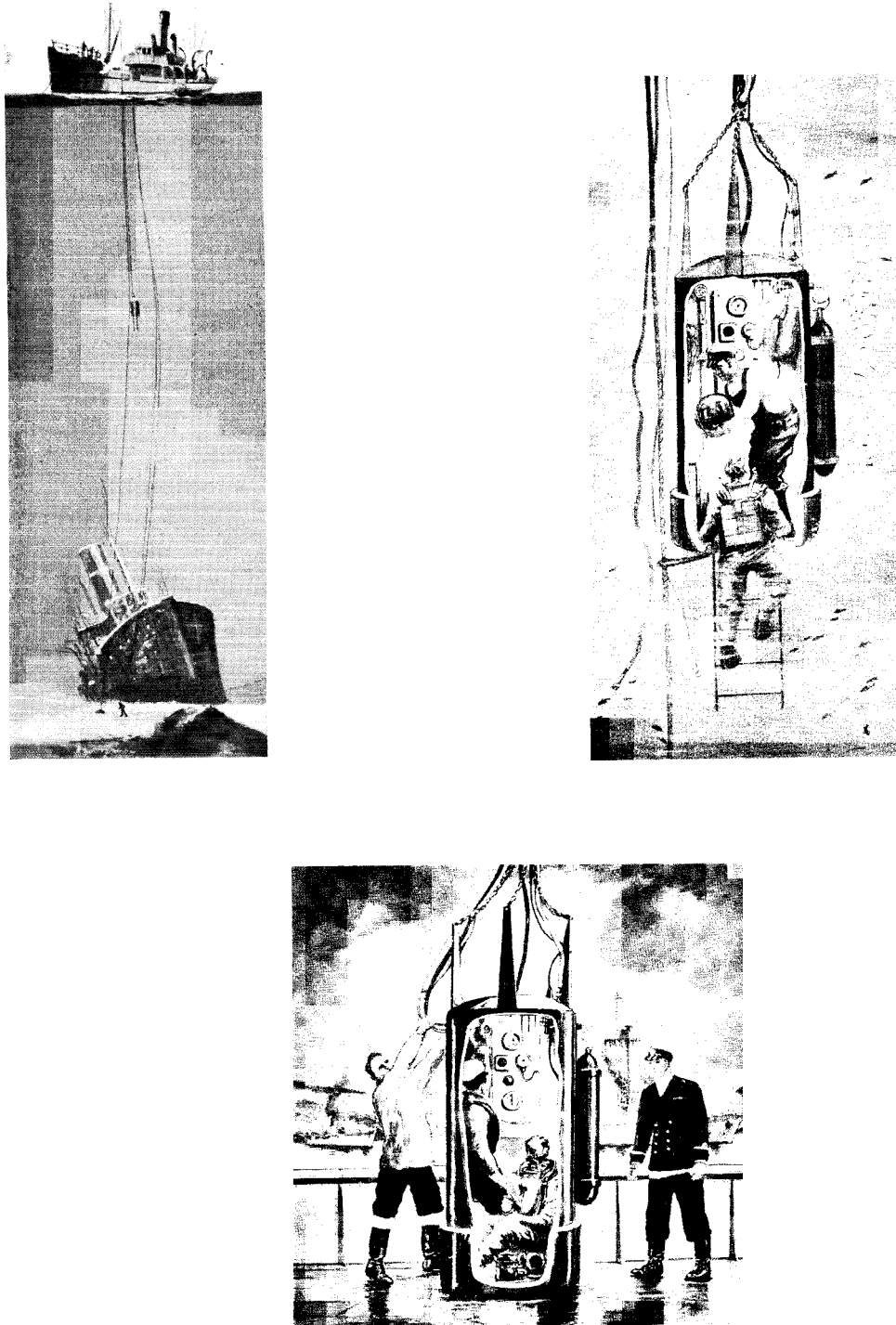
En 1775, **Spalding**, de Edinburgo, perfeccionó el aparato de **Halley** añadiendo a la parte superior de la campana una cámara provista de grifos que podía llenarse de agua para la inmersión, mientras que para emerger, el agua era expulsada. Nos hallamos ante un principio del lastre de agua que utilizan los submarinos actuales (fig. 1.5).

En 1788, **John Smeatons** (1724 -1792), construyó una campana a la cual se le suministraba mediante una manguera, aire de una bomba instalada en superficie. Esto representó una auténtica revolución técnica, produciendo la invención y desarrollo de muchos equipos de buceo (fig.1.6).

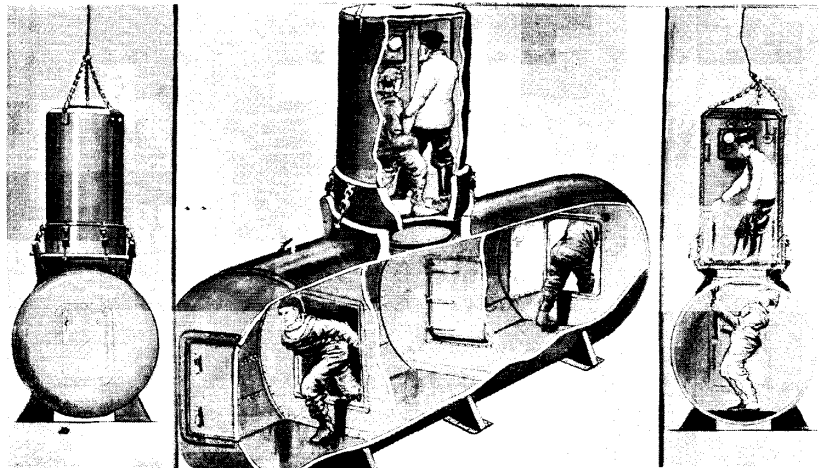
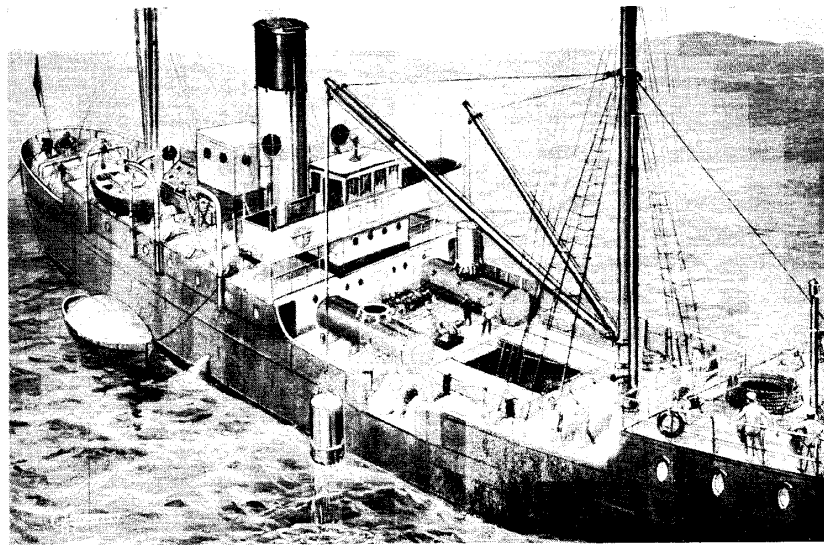
En el año 1928, y como consecuencia de los problemas planteados por las tablas de descompresión para grandes profundidades, el inglés **R.H. Davis** inventa la primera cámara de descompresión sumergible, presurizada interiormente, y se introducen las tablas de **Siebe-Gorman** de gran profundidad con aire y oxígeno. Con esta cámara sumergible se recogía al buzo en la primera parada de descompresión y se le llevaba a superficie siempre bajo presión (fig.1.7).

Una vez allí se le aplicaban las tablas con toda comodidad por estar en seco y por la posibilidad de suministrar oxígeno en caso necesario.

En 1931 el mismo Davis inventa la cámara de descompresión de tres compartimentos, fija en la cubierta del buque de apoyo, con acoplamiento para la cámara sumergible (fig.1.8). Este sistema es el que actualmente se emplea en las descompresiones a gran profundidad y en saturación.



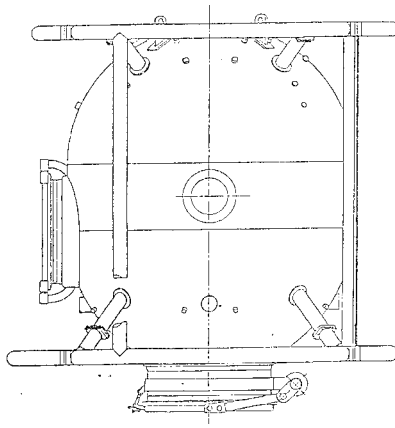
*Fig. 1.7. Buceo y descompresión en superficie empleando la cámara de descompresión.*



*Fig. 1.8. Campana de buceo con acoplamiento a cámara de descompresión del inglés R.H. Davis.*

El buzo y matemático suizo *Hennes Keller*, con una campana de buceo, en 1962 alcanzó en las costas de California una profundidad de más de 300 metros en mar abierto. Esta inmersión se realizó empleando una campana de buceo llamada *Atlantis*, similar a las utilizadas hoy en día con las que se alcanzan profundidades de 500 metros, y que guardan una gran similitud con las primitivas, si salvamos la distancia de la técnica y del tiempo. También aquí la historia se repite.

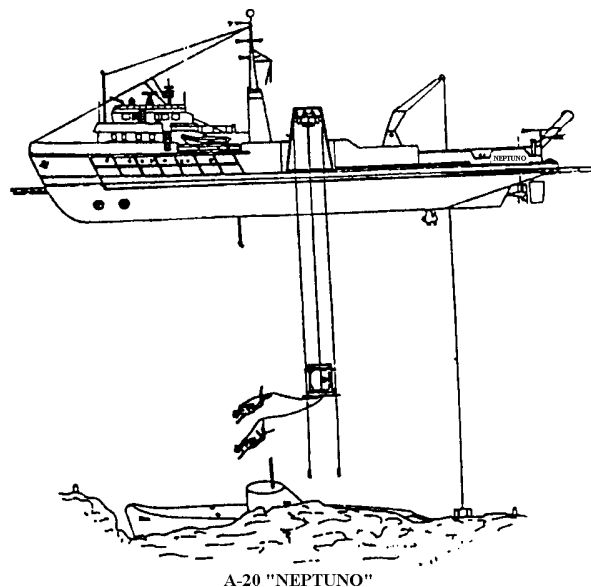
La campana de buceo se utilizó en los programas "*JANNUS*" e "*HIDRAS*" francés, en cuya operación "*JANNUS-IV*" realizada en Toulón (1977) en mar abierto, se alcanzaron los 501 MCA. , con un trabajo efectivo a 460 MCA., y donde se investigaron: la seguridad y eficiencia operativa de los procedimientos de inmersión y la máxima profundidad, y los límites de seguridad para el buceo. En la operación "*HIDRAS-VIII*" realizada en el año 1988 se alcanzaron en mar abierto 520 metros, y en noviembre de 1993 se consiguió alcanzar en simulador hiperbárico húmedo 701 metros en la experiencia "*HIDRAS XIX*".



*Fig. 1.9. Campana de buceo del Buque "Mar Rojo".*

En la Armada Española, durante los últimos años se llevaron a cabo los proyectos *"TONOFON"*, *"PRESOFON"* y *"NARCOFON"*, todos ellos encaminados a la investigación y desarrollo de técnicas de buceo a gran profundidad, con las cuales en 1.979 se contó con material y personal adiestrado en inmersiones con He-O<sub>2</sub>, pudiendo rescatar un ancla del Transporte de Ataque *GALICIA* a 90 MCA. empleando una campana abierta con suministro He-O<sub>2</sub> siendo la primera vez que se utilizó este sistema de buceo en España.

Actualmente, la Armada Española cuenta con el Buque de Buceo *"Neptuno"* (fig.1.10), el cual embarca, entre otros equipos, un moderno complejo de buceo a gran profundidad con mezcla de gases para inmersiones a saturación hasta 200 metros de profundidad y un Vehículo a Control Remoto (ROV) operativo hasta 600 metros de profundidad. Con esta unidad nuestra Armada se colocará a la altura de los países más avanzados en las técnicas del buceo.



*Fig. 1.10. El buque "Neptuno".*

## CAPITULO 2

### INMERSIONES A GRAN PROFUNDIDAD

#### 2.1. INTRODUCCION AL BUCEO.

Dentro de la tecnología oceánica, la del buceo es relativamente pequeña pero altamente desarrollada y requiere una disciplina la cual no puede ser considerada separadamente sino en el contexto del soporte de la industria petrolífera oceánica y de las actividades militares.

El uso de las campanas de buceo y la aplicación de las técnicas de buceo a gran profundidad tiene desde los años 60 ocupada una importante parte de la ingeniería oceánica.

El buceo convencional en el cual el buceador se sumerge llevando su propio suministro de aire o siéndole este suministrado a través de un umbilical es un método válido hasta ciertas profundidades. El buceador autónomo está limitado en casi todos los países a los 50 metros, y el buzo con umbilical desde superficie respirando mezclas de gases, hasta 90 metros. Hoy día el buceo a los 200 metros, es práctica normal habiendo realizado inmersiones a más de 600 metros (fig.2.1).

El límite práctico de profundidad para el buceo no puede aún establecerse y estará marcado por las limitaciones del cuerpo humano. Hay otras limitaciones que tienen que ser también consideradas una de ellas es el alto coste de las operaciones de buceo a gran profundidad y los métodos alternativos que están siendo desarrollados continuamente, los cuales son en algunos casos menos costosos y más seguros. Sin embargo los buceadores no serán reemplazados por completo en estas grandes profundidades.

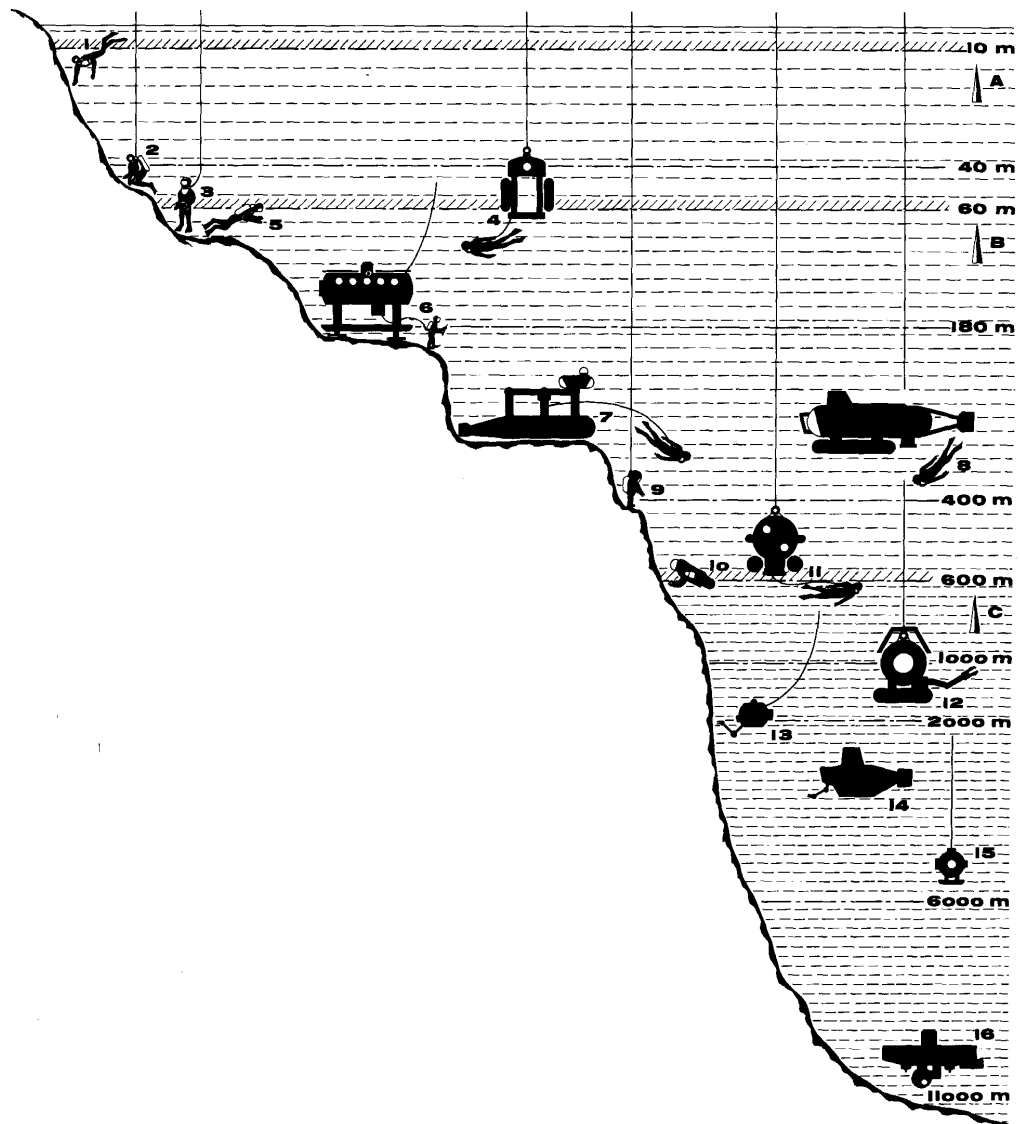
" Algunas cualidades de los Buzos son irremplazables: su sentido del tacto, su habilidad para adaptar los métodos de trabajo a las condiciones diversas y el tomar rápidamente decisiones correctas. Si esta integración de percepción sensorial, decisión y actuación, dan la solución al problema, los buceadores son indispensables".

La introducción de la campana de buceo en profundidades mayores de 50-90 metros de agua permite a los buceadores ser transportados en cámara seca a su lugar de trabajo y entrar en el agua junto a él desde la seguridad de la campana.

La campana de buceo suministrará los gases de respiración requeridos, la energía para las herramientas y el calor para los buceadores. Para pequeñas profundidades y cortas descompresiones con aire, la tabla de descompresión puede darse por completo en la campana sin transferir a los buzos a una cámara seca.

Tan grande como fue el avance del buceo desde el equipo autónomo de aire al uso de la campana de buceo, así fue el avance desde este último al buceo a saturación, en el cual unos buzos son mantenidos bajo presión los largos períodos efectuando sus inmersiones a distintas profundidades, regresando a la presión a la cual están saturados, sin requerir paradas de descompresión. Esta técnica elimina la descompresión después de cada inmersión y por lo tanto aumenta la eficacia de la operación de buceo.





*Fig. 2.1 Límite de las diferentes técnicas de inmersión en MCA.*

1. Buceo en apnea
2. Narguilé.
3. Equipo con suministro desde superficie.
4. Buzo con campana abierta.
5. Equipo autónomo.
6. Habitat submarino.
7. Submarino de transporte y apoyo de buzos.
8. Submarino de transporte y apoyo de buzos.
9. Traje de buceo a presión atmosférica.
10. Sumergible normobárico no ligado a superficie.
11. Buzo con torreta de inmersión profunda.
12. Torreta de buceo normobárico con brazo manipulador.
13. Vehículo a control remoto (ROV), con manipulador.
14. Sumergible a presión atmosférica con manipulador.
15. Torreta de observación.
16. Batiscafo.

En otras palabras, el tiempo actualmente empleado en trabajar en el fondo conocido como "tiempo en el fondo" en comparación con el tiempo de descompresión mejora drásticamente.

La introducción de las técnicas de buceo a saturación hacia mediados de los 70 fue sorprendente rápida. Antes que esta técnica fuese aceptada para uso comercial dos factores tuvieron que ser resueltos:

1. Las Tablas de Descompresión tuvieron que ser calculadas, probadas y preparadas para uso operacional.

2. Los sistemas de buceo profundos tuvieron que ser agrandados y rediseñados con medidas adicionales de seguridad para permitir acomodar a los buzos por largos períodos de tiempo y abastecerles en todo momento de sus necesidades domésticas.

Ambos factores resueltos y las técnicas operacionales fueron introducidas para permitir largos períodos de tiempo bajo el agua.

## **2.2 COMPONENTES.**

Un sistema de buceo a gran profundidad seguro y eficaz debe ser capaz de trabajar bajo las condiciones más adversas. Por lo tanto la gran cantidad de elementos que componen el sistema deben ser diseñados de tal manera que una avería no lo pueda para por completo, debiendo continuar su funcionamiento.

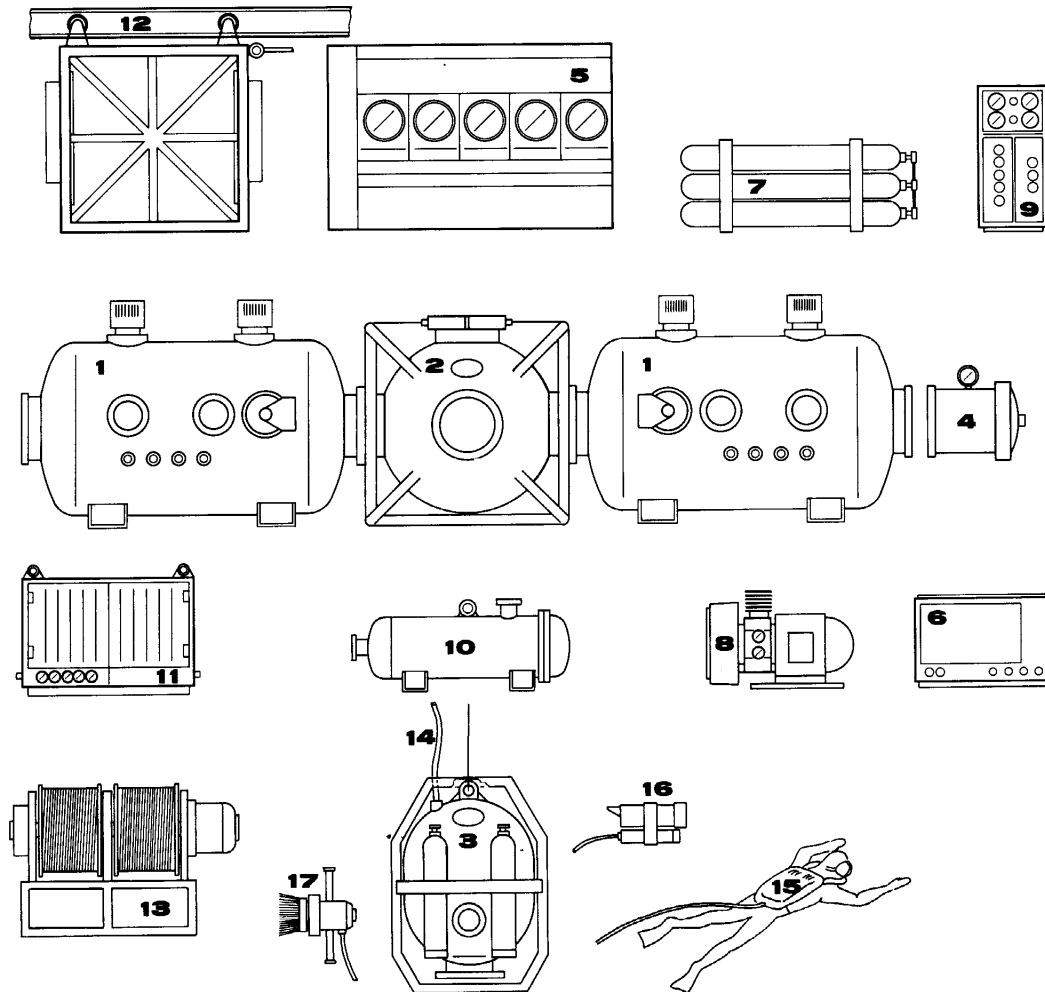
Los sistemas de buceo están diseñados para instalaciones permanentes, por ejemplo en barcos de buceo o para instalaciones móviles en diferentes embarcaciones, normalmente en plataformas de adiestramiento o barcazas.

En muchos casos los sistemas deben ser transportados y ensamblados en tierra para trabajos en embalses, pantanos y presas. Sin embargo estos sistemas deben ser capaces de desmontarse e incluso intercambiarse con otros sistemas diferentes pero con componentes standard. los avances del sistema modular lo hacen preferible por su eficacia y relativo poco coste, ya que se pueden ensamblar los elementos modulares que se requieran en cada caso de acuerdo con las necesidades.

Un buen diseño, permitiría a un pequeño sistema de buceo ampliarlo hasta convertirlo en un sistema de buceo a saturación. En la (fig.2.2), se muestran los principales componentes de un sistema de buceo a gran profundidad.

## **2.3. INMERSIONES DE OBSERVACIÓN.**

Aquí la campana de buceo es usada como una cámara de observación y como parte de un sistema completo, la campana se acopla en la parte superior de una cámara de descompresión. Y ésta se utiliza a presión atmosférica como campana de observación.

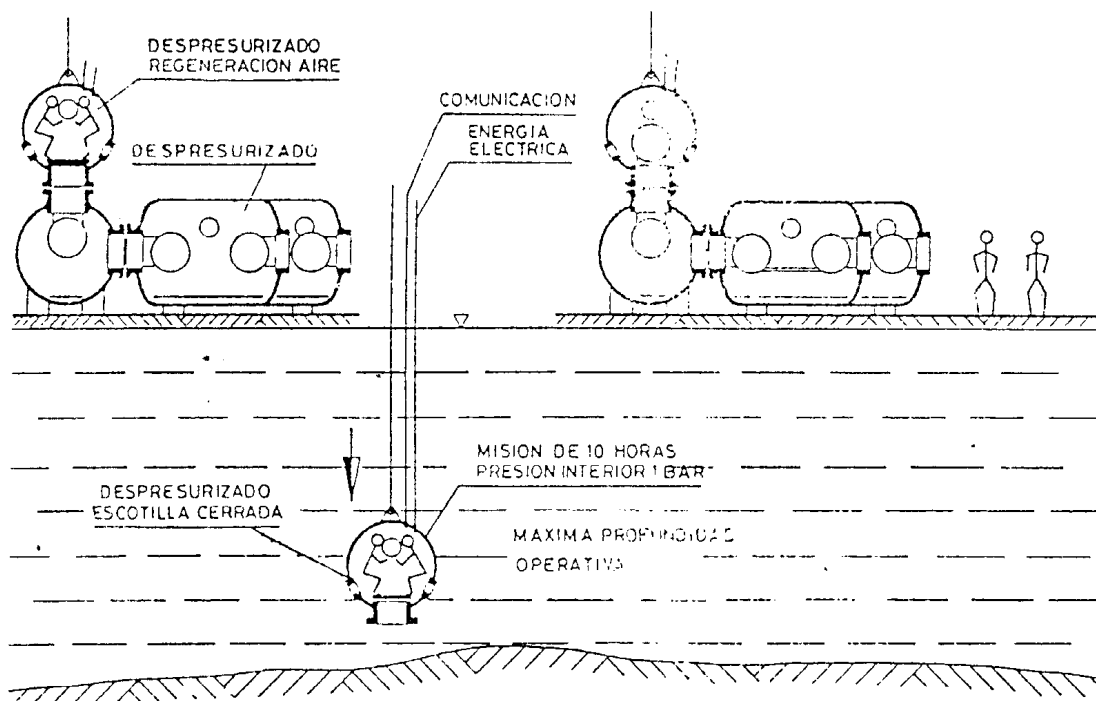


*Fig. 2.2. Esquema de un sistema de buceo a gran profundidad.*

1. Cámara de descompresión.
2. Cámara de transferencia.
3. Campana de buceo.
4. Esclusa.
5. Panel de control.
6. Unidad de aire acondicionado.
7. Batería de gases.
8. Compresor.
9. Unidad de recuperación de helio.
10. Tanque de agua y recuperación de aguas sucias.
11. Suministro de agua caliente para buzos.
12. Trole de la campana de buceo.
13. Chigres.
14. Umbilical.
15. Equipo personal de buceo.
16. Televisión submarina.
17. Herramientas submarinas.

En la fig.2.3, la campana de buceo está siendo usada como campana de observación en una segunda opción, pero algunas campanas están diseñadas únicamente para observación. La campana de buceo puede ser usada para este papel, mientras normalmente puede acomodar a dos buzos, usada para observación pueden entrar hasta 4 o más personas.

La máxima profundidad a la que puede bajar la campana es la que corresponde a la presión de trabajo, si ésta es de 50 atmósferas corresponderá a una profundidad de 500 metros. Aunque la inmersión sea corta, hay que proporcionar a los observadores los elementos necesarios para asegurar la recuperación. Si no dispone la campana de un umbilical para renovar el aire viciado, hay que instalar un absorbente de CO<sub>2</sub> y disponer de una reserva de oxígeno para reponer el consumido. Con un eficaz Life Support (mantenimiento de la vida) se podrían efectuar inmersiones de observación alrededor de 10 horas.



**Fig. 2.3. Inmersión de observación.**

Con un consumo de O<sub>2</sub> de 0,5 l/min. por persona, se consumen 90 litros de oxígeno cada hora por 3 personas. Para reemplazar este consumo, con una botella de 0,45 Litros a 200 bares basta. Con este sistema se evita tener una instalación fija de oxígeno con los riesgos que entraña.

El equipo interior que debe llevar es relativamente simple, consiste en:

1. Sistema de regeneración de aire con un suministro de oxígeno, absorbente de CO<sub>2</sub> y a veces un deshumidificador.
2. Sistema de comunicaciones por cable o teléfono submarino.
3. Luces interiores, exteriores y calefacción.
4. Panel de instrumentos donde se indique la presión exterior, presiones parciales de oxígeno y CO<sub>2</sub>, cronómetro etc.

5. Mecanismos para las labores operacionales, tales como cámaras fotográficas, televisión, termómetros, salinómetros, etc.. Esto permite a sus ocupantes poder estar de pie más confortablemente y convertirla más tarde en una SCC (cámara de compresión sumergible). Los lastres alrededor de la escotilla pueden ser accionados desde el interior para una subida libre.

Una campana tipo, tiene aproximadamente 144 horas/hombre de Life Support (oxígeno y absorbente de CO<sub>2</sub>) y fue utilizada para el rescate de un caza F-14 Americano perdido en verano de 1976 desde un portaaviones a 459 metros de profundidad. Esta campana provista de numerosos portillos permite la observación alrededor de toda ella. La escotilla tiene cierre a bayoneta y se puede abrir desde fuera.

## 2.4. INMERSIONES DE INTERVENCIÓN CON AIRE.

En ciertas ocasiones, un sistema de buceo a gran profundidad puede ser utilizado eficazmente en profundidades menores de 50 metros, o mayores usando, aire como gas respirable. Si un sistema de buceo está siendo utilizado a gran profundidad, donde es necesario usar mezclas de gases, pero se presenta la oportunidad de usarlo en aguas menos profundas donde se puede operar con aire, el resultado es un ahorro económico y un aumento en la seguridad por la utilización de la campana de buceo.

Cuando se bucea con equipo autónomo, o con umbilical desde superficie, se está expuesto a las condiciones climatológicas y a las corrientes marinas. Estas exposiciones se reflejan en los accidentes de buceo en aguas poco profundas, y por lo tanto al utilizar la campana es más efectiva y segura.

Para inmersiones en aguas poco profundas, pueden ir en la campana dos buzos y un ayudante supervisor de la inmersión (fig.2.5).

La campana se sumerge a la profundidad de la inmersión a presión atmosférica, usándola como una campana de observación. Cuando los buzos están preparados se aumenta la presión interior hasta igualarla con la exterior, usando aire comprimido desde la superficie a través de un umbilical o desde la campana con su propia capacidad de almacenamiento.

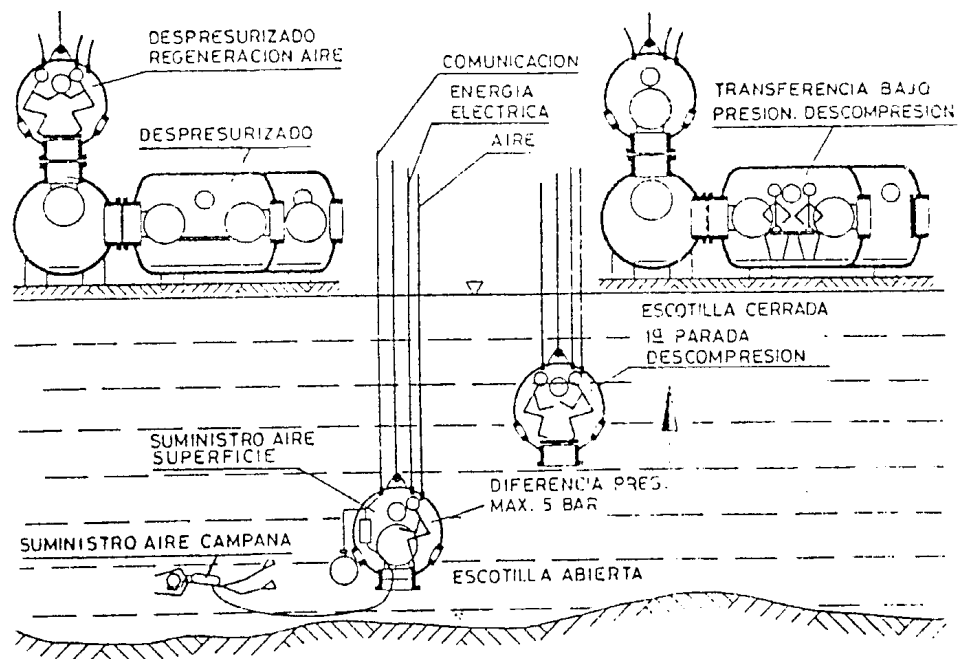
La escotilla inferior destrincada, se abrirá cuando la presión interna se iguale con la presión exterior, cerrando entonces la válvula de suministro de aire.

La campana se ventila con aire fresco, normalmente bajo el control de sus ocupantes quienes abren y cierran la válvula de suministro de aire, aunque esta puede ser también controlada desde superficie. Los ocupantes de la campana, buzos y ayudante pueden respirar libremente del aire de la campana. Para la inmersión, los buzos pueden usar equipo autónomo, aunque es preferible un equipo con umbilical desde la campana.

El umbilical es el suministro más seguro, no sólo porque provee de aire ilimitado al buzo sino también porque el ayudante tiene mayor control sobre la situación y estado de éste.

En el caso de que el suministro de aire a través del umbilical fallase, el buzo dispone de una botella de emergencia para posibilitarle el regreso a la seguridad de la campana.

El aire suministrado al buceador puede ser almacenado en botellas alrededor de la campana o ser suministrado desde la superficie. A una profundidad de 50 metros, se necesitan unos 16.000 litros de aire comprimido, por término medio, debiendo estibarlos en el exterior de la campana.



**Fig. 2.5. Inmersiones de intervención con aire hasta 50 metros.**

Cuando el buceador finaliza su tarea, regresa a la campana, y ésta es llevada a la primera parada de descompresión con la escotilla inferior abierta, exhaustando por ella el aire sobrante correspondiente a la reducción de presión.

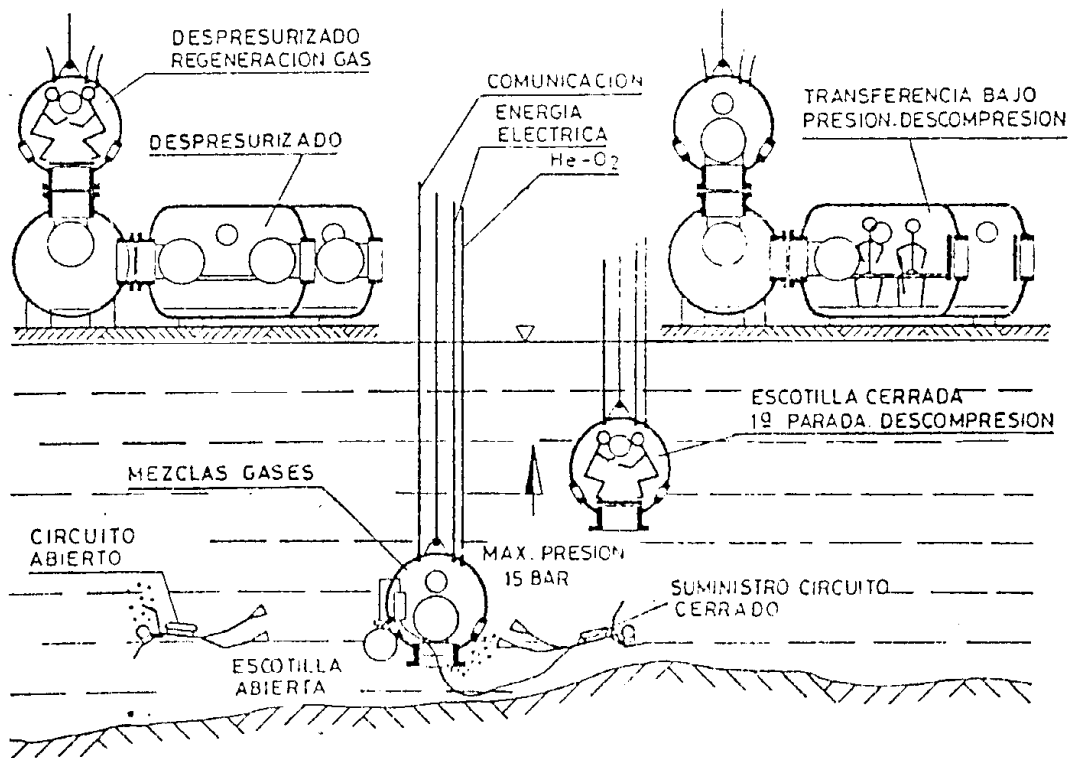
La escotilla inferior se cierra y la campana es izada fuera del agua y ensamblada a la cámara de descompresión.

Esta cámara se encuentra a la misma presión que la campana y en ella los buceadores finalizan la descompresión cómodamente.

## 2.5. INMERSIONES DE INTERVENCIÓN USANDO MEZCLAS DE GASES.

El límite fisiológico del buceo con aire es aproximadamente los 100 metros de profundidad, pero el rápido ataque de la narcosis del nitrógeno por debajo de los 50 metros requiere una reducción del contenido de nitrógeno en el aire, usando helio como sustituto o eliminando completamente el nitrógeno. Hay muchas variaciones en las proporciones de la mezcla nitrógeno, helio y oxígeno (TRIMIX) y la de helio-oxígeno (Heliox) dependiendo de la profundidad y de la forma en que la tabla de descompresión ha sido calculada.

El uso de otro gas mucho más barato que el helio, el hidrógeno, como gas inerte no ha encontrado aún aplicación práctica por los problemas de almacenamiento y riesgos de explosión.



**Fig. 2.6. Inmersiones de intervención a más de 50 metros.**

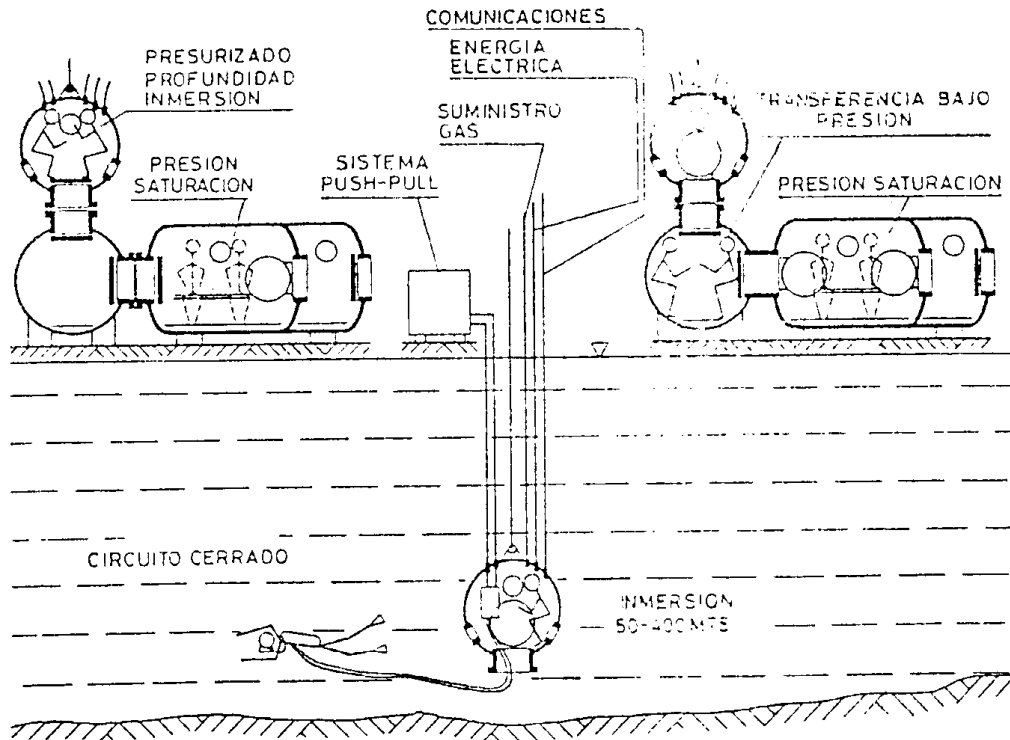
Las diferentes mezclas respiratorias pueden ser utilizadas en cualquiera de los sistemas respiratorios normalmente en uso no requiriendo ninguna modificación. El sistema más simple de respiración es conocido como circuito abierto y es usado universalmente en inmersiones con aire.

Cuando se usa el equipo autónomo o suministro con umbilical, el aire exhalado va directamente al exterior. La reducción de alta presión a baja presión, y finalmente a presión ambiente es sencilla y segura.

El consumo de gas es muy alto, y mientras esto es perfectamente razonable respirando aire, los sistemas de circuito abierto deben ser evitados, siempre que sea posible, con las mezclas de helio debido al gran costo y a la dificultad de acopio de mezcla respirable (fig.2.6).

En inmersiones por debajo de 50 metros con campanas de buceo, aún se usan sistemas a circuito abierto, a pesar del alto consumo, pero existen además otros sistemas como son los circuitos semicerrados y los cerrados. El alto costo de estos equipos y la necesidad de un mantenimiento especializado para estos sistemas integrados de respiración, son compensados por la reducción en el consumo de helio.

La secuencia de la inmersión es similar a la del aire, excepto que la campana es presurizada una vez en el fondo con la mezcla respirable correcta para la profundidad de la inmersión. La presurización es rápida y el buceador entra en el agua tan pronto como la escotilla inferior se abre, cuando la presión interna y la del agua se igualan, así se reduce el tiempo en el fondo todo lo posible. Incluso pequeñas reducciones de tiempo en el fondo afectan a la duración de la descompresión



**Fig. 2.7. Inmersiones a saturación, con circuito cerrado.**

La campana es presurizada desde la superficie a través de un umbilical, y el buzo tiene el suyo propio alimentado desde superficie o de las botellas que lleva estibadas alrededor de ella. El buzo está comunicado telefónicamente con el ayudante en la campana, y éste con los supervisores en superficie.

Un sistema de agua caliente o calefacción eléctrica puede ser necesario por debajo de los 50 metros, dependiendo de la temperatura del agua, y la manguera para este servicio se amadrina con la de respiración y línea telefónica.

El ayudante dentro de la campana está siempre listo para ir al agua para asistir al buceador en una emergencia, y mientras, respira la mezcla de la campana en la que se controlan las presiones parciales de oxígeno y  $\text{CO}_2$ . El ayudante debe respirar de una fuente distinta de la de los buzos por seguridad. Las mascarillas de respiración de emergencia se usan cuando el gas se vuelve inseguro para respirar (fig.2.7).

Las profundidades para este tipo de inmersión - inmersiones de intervención - están normalmente restringidas a los 150 metros. Incluso con pequeños tiempos en el fondo, en profundidades mayores de los 150 metros las inmersiones a saturación son inevitables. En las inmersiones de intervención, tan pronto como el buceador finaliza su trabajo, entra en la campana, se cierra la escotilla y se la lleva a la presión de la primera parada de descompresión.

Se pueden utilizar varias mezclas respirables dependiendo de la profundidad de las paradas, enriqueciéndola en oxígeno en las paradas finales y respirando oxígeno puro en las últimas. Por último la campana es izada a bordo y acoplada a la cámara de descompresión en superficie donde los buceadores finalizan su descompresión.



## 2.6 INMERSIONES A SATURACIÓN.

Las inmersiones por debajo de 150 metros o algunas inmersiones a menor profundidad, con mayor tiempo en el fondo requieren los procedimientos de las inmersiones a saturación.

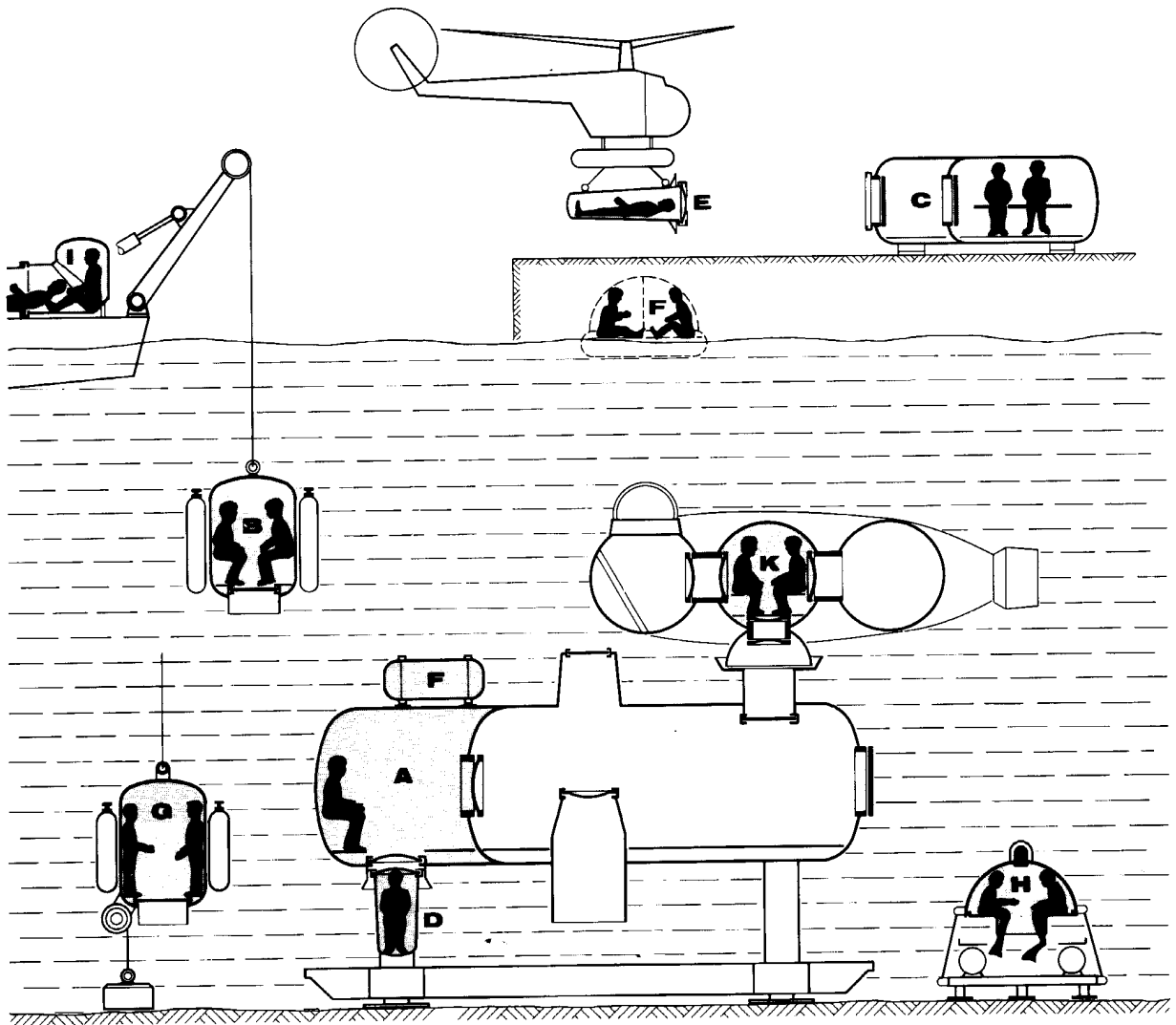
En este tipo de inmersiones, los tejidos del cuerpo humano se saturan de gas inerte, requiriendo descompresiones de días, por lo que llega a ser económico mantener a buceadores a la presión de saturación durante semanas.

Los buceadores están dentro de la cámara en superficie con la presión a la de la profundidad de inmersión pasando a la campana de buceo donde se les lleva al agua. Aunque se pueden usar sistemas respiratorios a circuito abierto o semicerrado, es preferible por su gran ventaja el sistema de circuito cerrado.

Los buceadores bajo saturación en la cámara de superficie son aleccionados sobre su trabajo y transferidos a la campana de buceo con la misma mezcla de gas. El protocolo de la inmersión es similar al de buceo de intervención. La presión de la campana se aumenta hasta la del fondo y la escotilla se abre cuando las presiones se igualan (fig.2.7).

En el sistema de respiración a circuito cerrado el buceador conecta el umbilical a la línea de circulación y entra en el agua. El sistema Life-Support de respiración es puesto en circulación a través de un compresor y sistema de filtros.

El procedimiento de recuperación es igual al de las inmersiones de intervención cuando los buceadores finalizan su trabajo y regresan a la campana, se cierra la escotilla y se iza hasta acoplarla a la cámara en superficie reduciendo la presión hasta la presión de saturación. Los buceadores regresan a la cámara donde viven y son reemplazados por otros buceadores, también en saturación, trabajando así por turnos. Cuando el trabajo finaliza, todos los buceadores pueden ser descomprimidos o si el trabajo continúa, otros equipos de buceadores pueden rotar entrando y saliendo de saturación (fig.2.8).



*Fig. 2.8. Sistema prototipo de buceo a saturación en mar abierto.*

- A. Habitat submarino.
- B. Torreta cerrada de inmersión.
- C. Cámara de descompresión en superficie..
- D. Escotilla de acceso al habitat.
- E. Transporte aéreo hiperbárico.
- F. Bote salvavidas hiperbárico.
- G. Torreta cerrada de inmersión con sistema de lastrado.
- H. Cápsula refugio habitable.
- I. Cámara hiperbárica terapéutica transportable.
- K. Sumergible de transferencia.

## CAPITULO 3

### LA CAMPANA DE BUCEO

#### 3.1. INTRODUCCION.

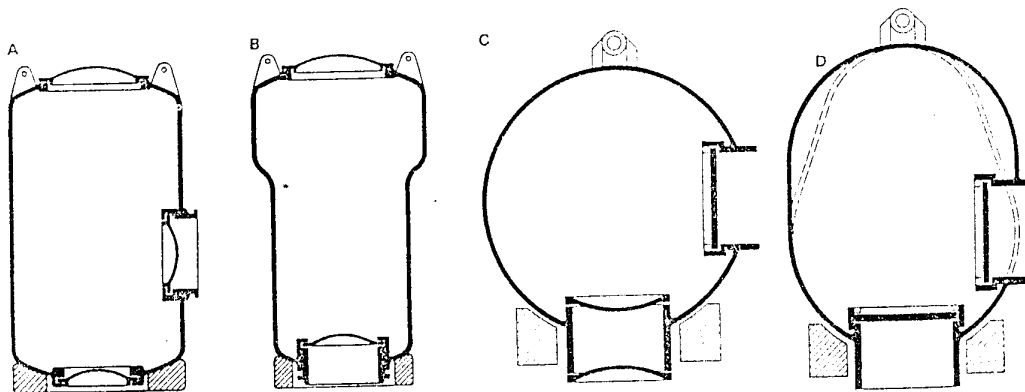
La campana de buceo, denominada también, torreta, SCC, (Sumersible Compresión Chamber) o PTC (Personnel Transfer Capsule), es un contenedor estanco al agua y al gas, generalmente sin sistema de propulsión, que es arriada al agua mediante chigres o grúas y desde el cual salen los buzos. A veces montan propulsores eléctricos e hidráulicos a fin de dar un movimiento radial horizontal limitado. El objeto de la campana es proporcionar, un transporte vertical a los buzos desde la superficie hasta el lugar de trabajo y actuar de refugio de los buzos.

Con la introducción del buceo a saturación, el uso de la campana ha llegado a ser esencial, ya que permite el movimiento vertical de buzos a la profundidad deseada independiente de la presión interior, y de la misma forma también es esencial hoy en día en el buceo profundo de intervención.

Las campanas mantienen a los buzos calientes, secos, iluminados y relativamente confortables. Todos estos factores juntos reducen los esfuerzos físicos y psíquicos de los buzos. Es normal que los buzos se les suministre el calor eléctricamente o por agua caliente y el gas respirable desde la campana. La campana también suministra luz y observación visual y supervisión de los buzos dentro de lo posible.

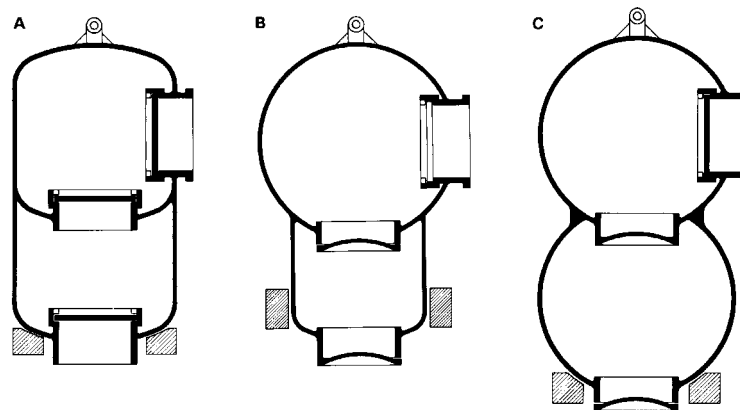
Las campanas pueden ser (fig.3.1): cilíndricas, esféricas y ovaladas; las de forma esférica son las ideales para soportar una presión exterior elevada, siendo sus principales inconvenientes que su construcción es compleja, por ser superficies de doble curvatura y que el espacio que encierra no es del todo aprovechable, siendo, por tanto, las formas cilíndricas las más sencillas para la distribución de aparatos.

A Cilíndrica.    B Doble diámetro    C Esférica..    D Ovalada.

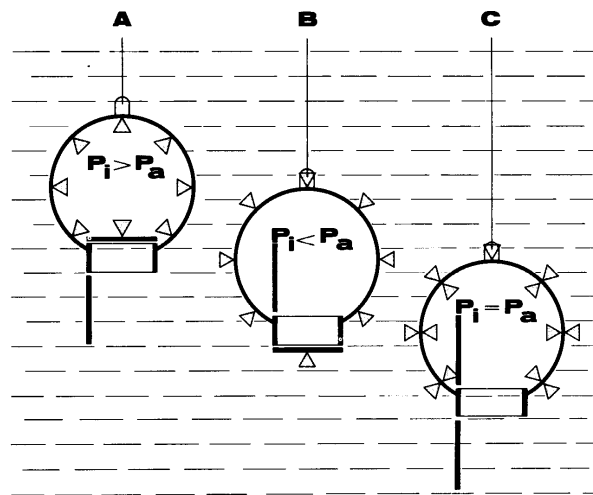


*Fig. 3.1. Diversas formas de campanas de buceo.*

Existen campanas de uno o dos compartimentos independientes y estancos (fig.3.2). La más simple, económica y utilizable, es la de un compartimento, tienen unas dimensiones pequeñas, por lo tanto un peso razonable, con la particularidad de que el ayudante, (bellman o tender) está sometido a la misma presión que los buzos, por si estos requieren auxilio inmediato. Por eso hoy en día se utilizan las de un solo compartimento



*Fig. 3.2 Campana de buceo con dos compartimentos.*



*Fig. 3.3 Diversas condiciones de presión en el interior de una campana.*

Las campanas, se pueden presurizar tanto desde el interior como desde el exterior, pudiendo soportar la presión tanto interna como exteriormente, por lo que se puede aprovechar en las siguientes condiciones:

- Presión interna superior: Cuando los buzos están bajo presión en la campana, siendo la presión interna mayor que la externa. Ocurrirá, tanto cuando los buzos estén presurizados en superficie, antes de ser arriados a la profundidad de trabajo, como cuando están regresando a superficie efectuando descompresión.

- Presión exterior: Cuando la campana se usa en inmersiones de observación y la presión interna es la atmosférica, mientras que la presión externa corresponde a la profundidad de la inmersión.

- Presiones iguales: Cuando la campana está despresurizada en cubierta o cuando los buzos salen de la misma para efectuar el trabajo.

### 3.2 COMPONENTES DE LA CAMPANA DE BUCEO.

Son aquellos elementos que configuran cada tipo de campana, son muy variados, puertas o escotillas, portillos, lastres, acoplos, umbilicales etc. pero los rasgos principales son los mismos, aunque difieran los detalles que están en continua evolución debido a nuevos requerimientos, métodos y materiales de construcción.

#### 3.2.1 PUERTAS O ESCOTILLAS.

Las escotillas de las campanas son similares a las de las cámaras de descompresión, es decir circulares y las puertas que cierran en el centro presentan una concavidad; tan solo difieren de las cámaras en las dimensiones que en lugar de 800 mm. de diámetro estándar en las cámaras, por restricciones de espacio se usan de 600 y 700 mm. en las campanas.

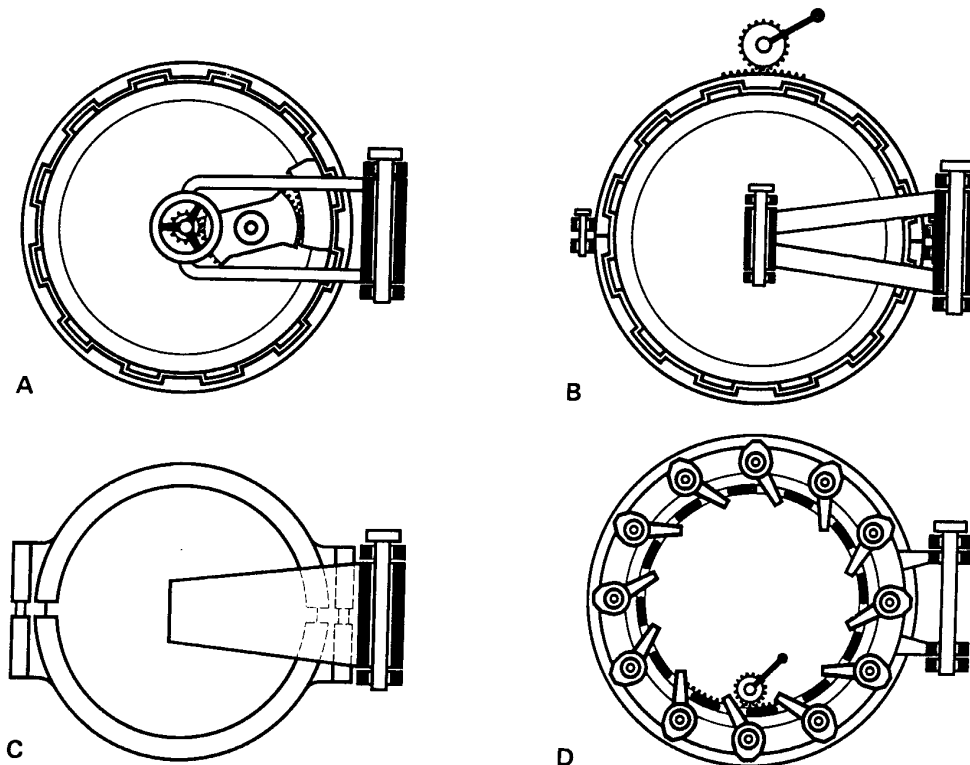
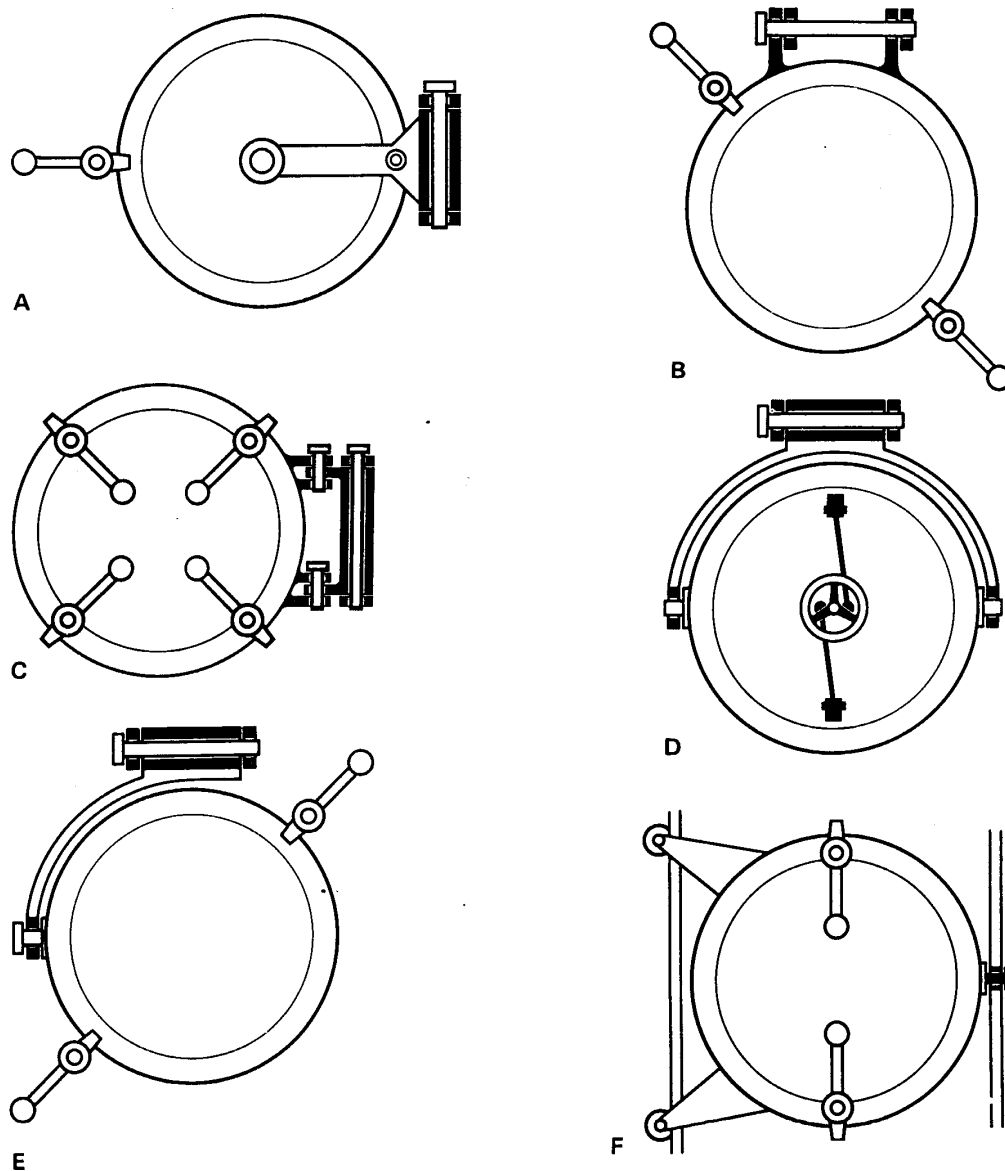


Fig. 3.4 Puertas para soportar la presión por ambas caras.

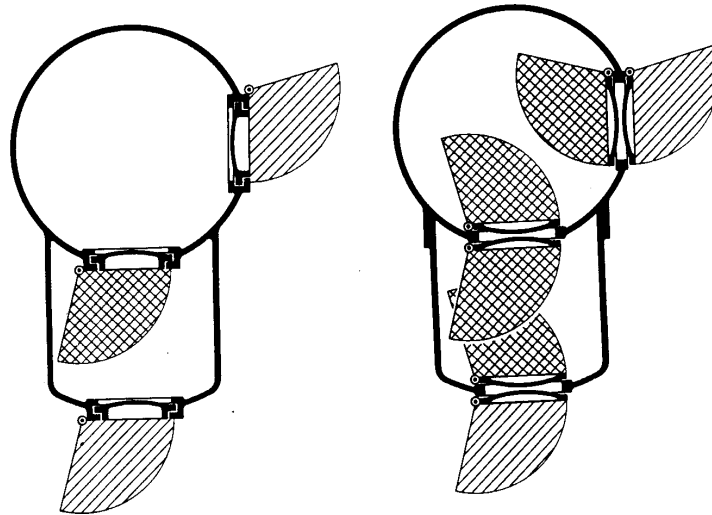
- A Cierre de bayoneta con sistema de engranaje de piñón.
- B Cierre de bayoneta con sistema rotatorio de bayoneta.
- C Cierre con abrazadera y junta lisa.
- D Cerrojo múltiple.



**Fig. 3.4. Puertas para soportar presión por una cara.**

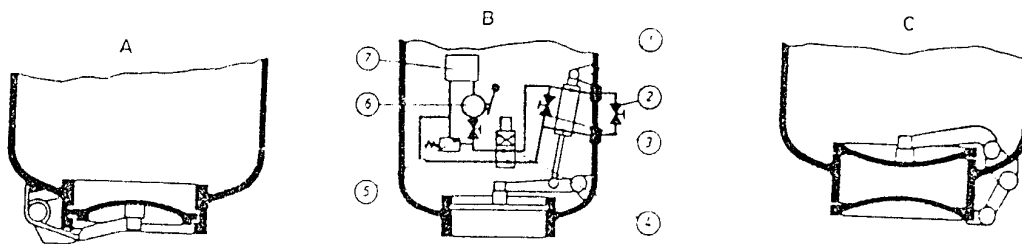
- A Suspensión central, cerrojo y bisagra de presión..
- B Suspensión de bisagra y dos cerrojos.
- C Doble bisagra corta y cuatro cerrojos.
- D Suspensión de doble bisagra de orquilla.
- E Suspensión de bisagra de orquilla.
- F Suspensión de tres puntos y raíl guía.

El movimiento de las puertas puede realizarse mediante un sistema hidráulico o mecánico, para que sea fácilmente manejada por los buzos bajo presión. Hay puertas que sólo soportan presión por una sola cara, mientras otras lo hacen por ambas caras. Cuando lo permita el espacio se deben instalar dos puertas, requiriendo así un doble elemento plegable. Las puertas deben tener apertura desde el exterior para ser abiertas en caso de emergencia por un fallo del mecanismo.



*Fig. 3.5. Espacio requerido para en movimiento de las puertas en el interior de la campana.*

La salida del fondo requiere una especial atención y los materiales deben ser seleccionados, para que la constante exposición a las condiciones marinas no las deteriore, siendo construido el anillo circular preferiblemente de acero inoxidable.



*Fig. 3.6 Sistema de escotillas de salida por el fondo de la campana.*

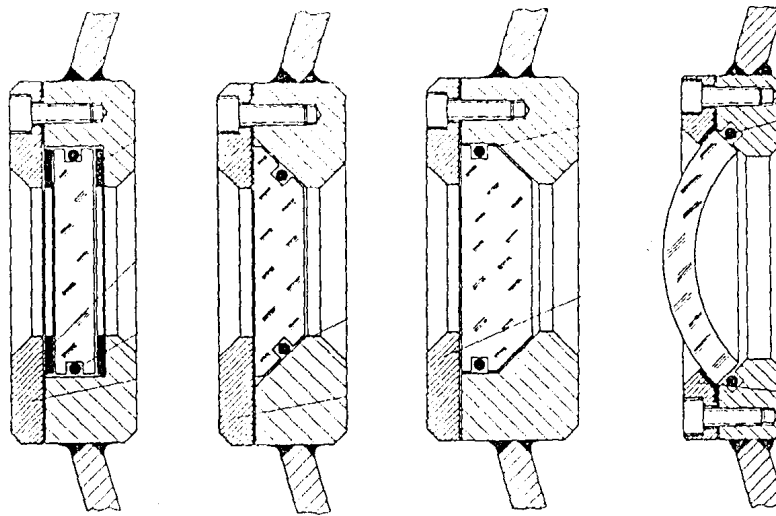
- A. Puerta con cierre a bayoneta que abre hacia fuera, pudiendo soportar presión por las dos caras. Es muy utilizada y su movimiento de rotación y elevación se realiza hidráulicamente.
- B. Puerta que se abre hacia dentro hidráulicamente.
1. Cilindro hidráulico.
  2. Válvula de circuito exterior.
  3. Válvula de circuito interior.
  4. Válvula de mano.
  5. Válvula de compensación y de seguridad.
  6. Bomba hidráulica.
  7. Recipiente del líquido hidráulico.
- C. Escotilla con dos puertas y doble sistemas hidráulicos de apertura.

### 3.2.2. PORTILLOS.

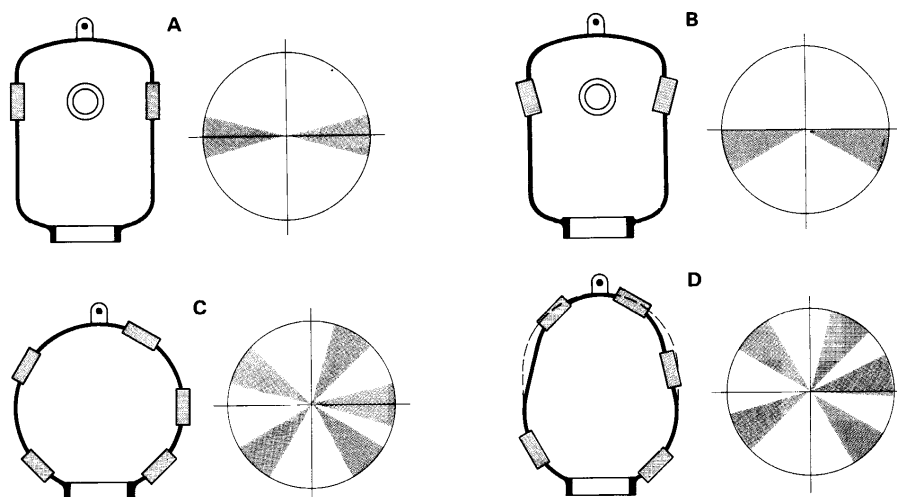
Son las “ventanas” de la campana y se usan exclusivamente para la observación desde el interior. El número, tamaño y posición vendrá determinado por la necesidad de colocar arcos blindados. Como la presión la sufre por ambos lados, hay que tener en cuenta que las juntas externas reciben toda la presión interna, por ello requieren una protección mecánica.

Como elemento transparente (a modo de cristal) se usa un material acrílico por ser el más apropiado por sus cualidades mecánicas y resistencia.

Generalmente los portillos son de forma ovalada o circular y pueden ser simples o dobles. También los hay cuyos platos son curvos, siendo cada vez menos usados.



*Fig. 3.7. Diferentes formas de los elementos acrílicos transparentes..*



*Fig. 3.8. Portillos. Típica situación de los portillos en una campana y ángulo de visión.*



### 3.2.3 SISTEMAS DE ACOPLAMIENTO.

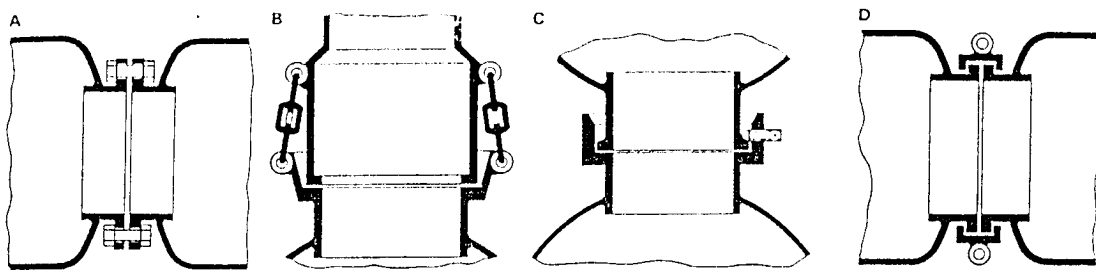
Este sistema está hecho para permitir el paso bajo presión de los buzos, de la campana a la cámara de descompresión. El tipo dependerá de la capacidad en ambos lados.

Tipo A. Fue muy común, pero actualmente se emplea poco, debido al tiempo que se necesita para colocar los tornillos y las tuercas que componen el sistema. Se emplea sólo para operaciones permanentes.

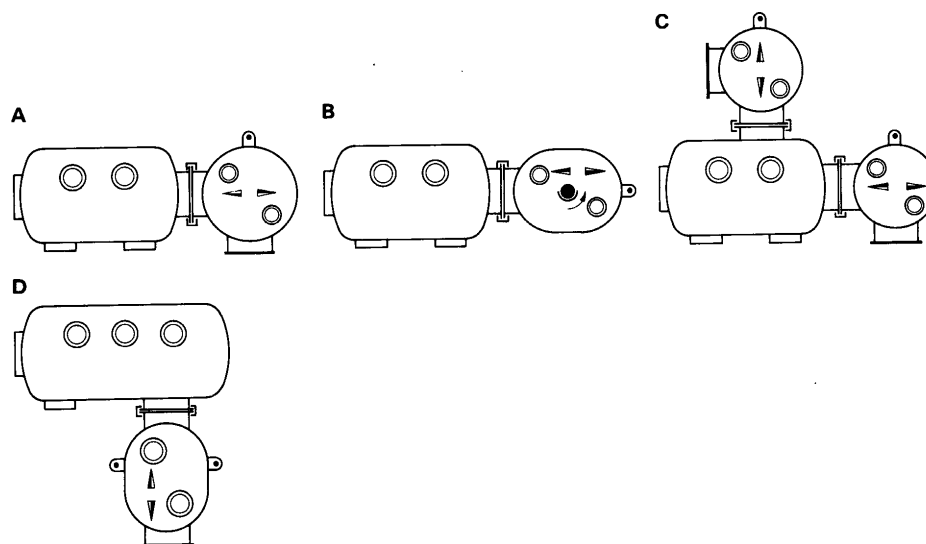
Tipo B. Es un sistema a base de barras tensoras, pero éstas son pequeñas para soportar altas presiones.

Tipo C. Este es un sistema utilizado internacionalmente en campanas. Los cerrojos cónicos son de fácil manejo sobre el borde también cónico. Es un sistema fiable.

Tipo D. Este sistema de acoplo es a base de un anillo que abraza las brazolas de la campana y cámara que se unen a bayoneta con dos o tres encastres; puede manejarse manualmente o por medio de un sistema hidráulico o neumático. Es un sistema apropiado para altas presiones.



*Fig. 3.9 Diversos tipos de acoplamientos entre cámara y campana.*



*Fig. 3.10. Diversos acoplos entre la campana de buceo y la cámara de descompresión.*

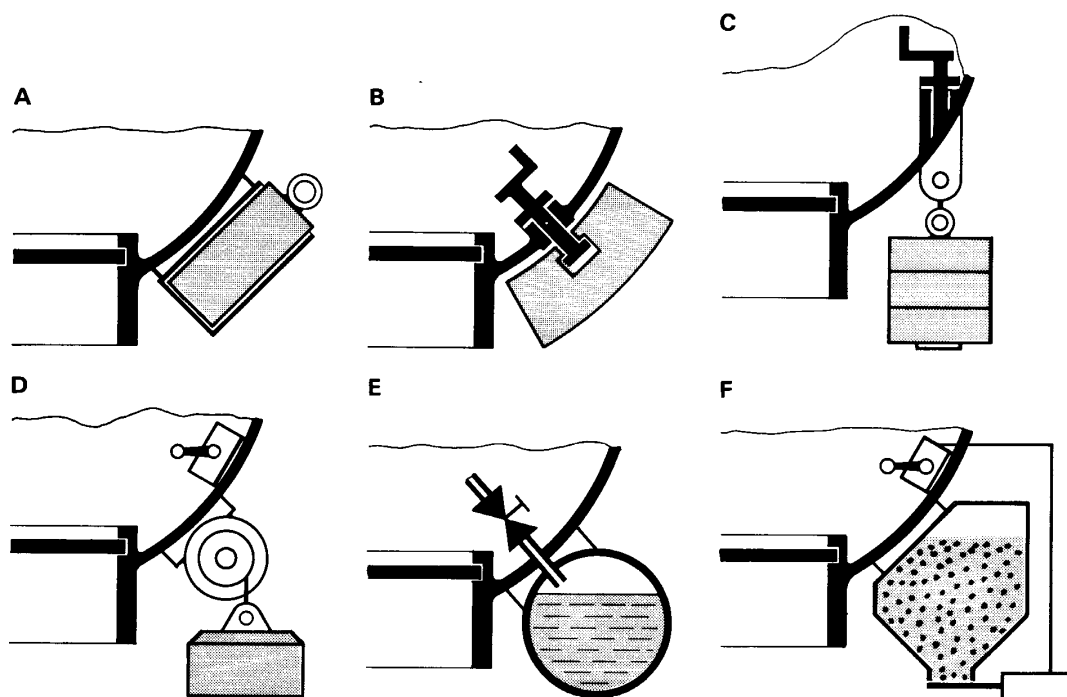
- A. Acoplo lateralmente.
- B. Acoplo lateral con giro de 90°
- C. Acoplamiento combinado por el fondo y lateral.
- D. Acoplamiento por el fondo.

### 3.2.4. LASTRES.

Los lastres son pesos muertos, normalmente de plomo necesarios para equilibrar o contrarrestar la flotabilidad positiva cuando la campana se encuentra en el punto de trabajo. Estos lastres se usan también como sistema de emergencia para ganar flotabilidad positiva que le permita volver a superficie por sí sola, incluso estando la campana completamente equipada.

Independiente del tamaño y tipo de operación se requerirá una flotabilidad mínima de 0.2 Toneladas.

Los diversos tipos de lastres según la figura 3.10 son:



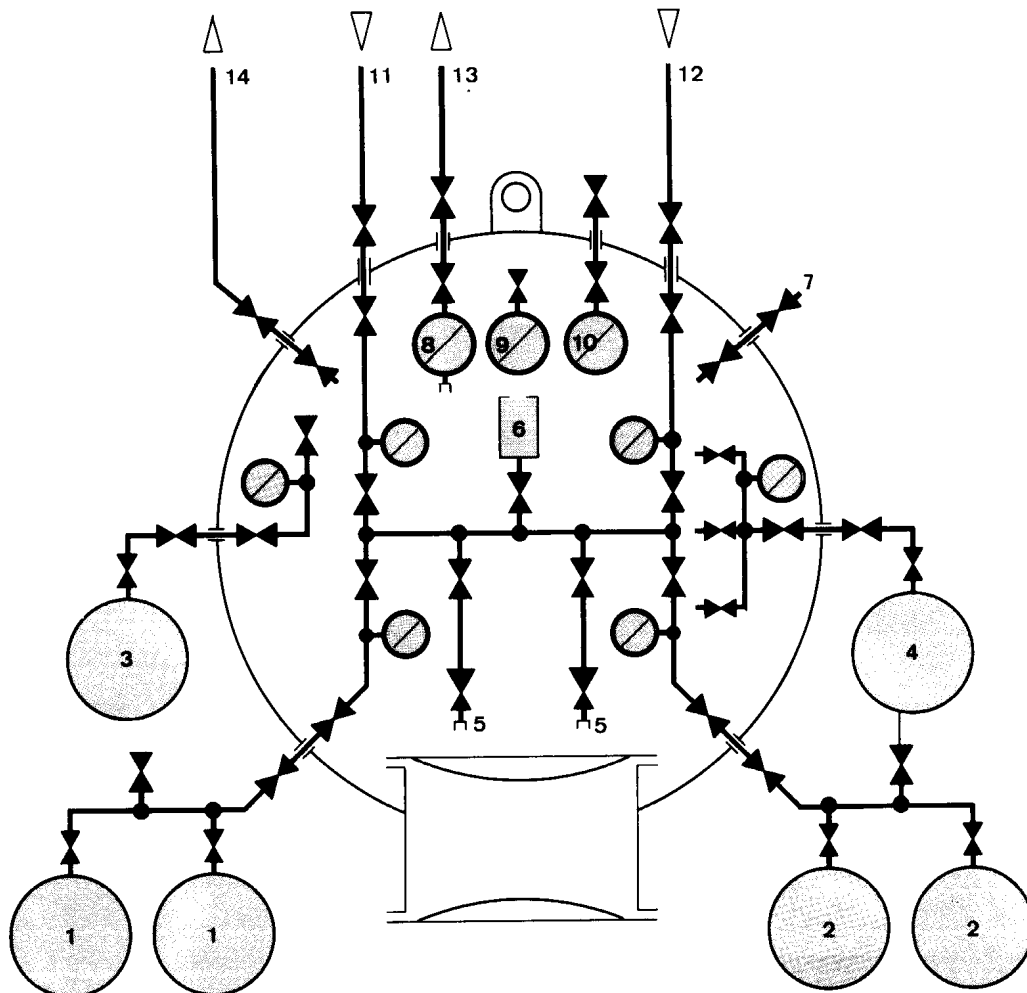
*Fig. 3.11 Varios tipos de lastres.*

- A. Es el sistema más simple y económico. El peso va dentro de una cajonera no pudiendo ser largado desde el interior, por eso ese sistema es inaceptable por razones de seguridad.
- B. El lastre es en forma de anillos esféricos, pudiendo ser liberados rápidamente desde el interior de la campana. Al mecanismo liberador se le debe adaptar un sistema de seguridad para prevenir operaciones imprevistas.
- C. Permite a la campana permanecer flotando a la distancia correcta del fondo, para permitir al buzo salir fuera de la campana. Está diseñada con un sistema de armazón en la parte inferior. También en este caso el lastre puede ser liberado desde el interior.
- D. Es un raro sistema el cual permite a la campana hundirse hasta la correcta distancia del fondo, mediante la manipulación de una manivela interior y prevenir que el movimiento del barco sea transmitido a la campana durante las operaciones.
- E. Este sistema es igual al empleado en los submarinos, consiste en tanques llenos de agua que al soplarlos con aire desaloja el agua, ganando así flotabilidad positiva.

F. En este caso el lastre se presenta por pedazos de metal (perdigones) retenidos o liberados mecánicamente, hidráulicamente o electrónicamente desde el interior de la campana.

Otros sistemas más modernos permiten alternar los diferentes sistemas según requieran los operadores.

### 3.2.5. SUMINISTRO DE GASES A LA CAMPANA.



*Fig. 3.12 Diagrama del suministro de gas a una campana de buceo.*

- 1 y 2. Suministro de gas de emergencia para buzos.
3. Suministro de oxígeno de emergencia para campana.
4. Suministro de oxígeno de emergencia para buzos.
5. Salida de gas para buzos.
6. Suministro de gas para campana.
7. Exhaustación de la campana al exterior.
8. Manómetro de presión interior a superficie.
9. Manómetro de presión del interior de la campana.
10. Manómetro exterior de la campana.
11. Suministro de gas desde superficie.
12. Suministro adicional de gas desde superficie.
13. Salida de presión a manómetro de superficie.
14. Exhaustación de gas a superficie.

El suministro de gases a una campana tiene dos funciones: proporcionar el sostenimiento vital para los ocupantes y la presurización de la campana para contrarrestar la presión ambiental exterior.

Básicamente hay tres tipos:

A.- Mediante recipientes en la campana.

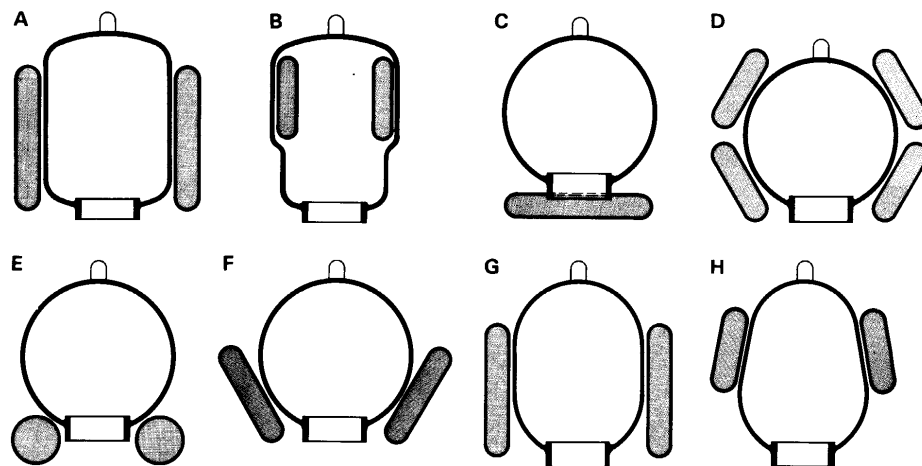
B.- Mediante suministro desde la superficie a través de un umbilical.

C.- Mediante combinación de los dos sistemas anteriores.

En el tipo A, el suministro está limitado por la necesidad de presurizar la campana y las restricciones del depósito.

En el tipo B, proporciona una capacidad ilimitada pero tiene el riesgo de corte de suministro debido a posibles daños del umbilical.

Consecuentemente el tipo C es el más utilizado.



*Fig. 3.13 Forma de adosar los cilindros de gases a la campana.*

### 3.2.6 UMBILICALES.

Para minimizar el riesgo de que se enrede el umbilical es conveniente tener algunas conexiones entre el cable umbilical y el de izado. La práctica muestra que las interconexiones siguientes son necesarias:

- Suministro de gas a la campana.
- Exhaustación de gas desde la campana.
- Suministro eléctrico.
- Suministro de agua caliente.
- Medición de la profundidad y presión de la campana.
- Comunicación telefónica, televisión, etc..
- Medición del gas de la campana.
- Datos fisiológicos de los buzos.

El resultado será una extensa agrupación de cables y mangueras muchas de las cuales requerirán una duplicación por seguridad.

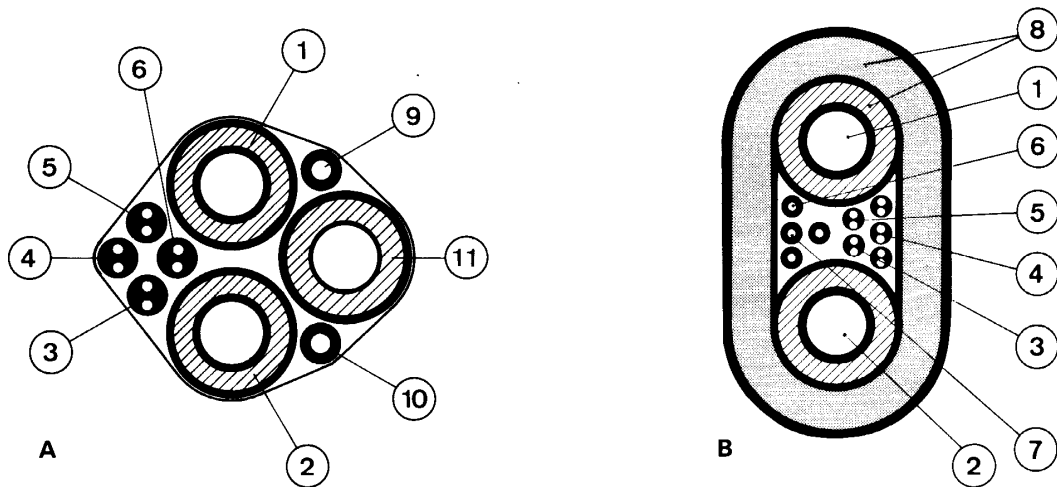


Fig. 3.14 Corte transversal de dos tipos de umbilicales.

1. Suministro de gas.
2. Exhaustación de gas.
3. Sistema de señales.
4. Sistema telefónico.
5. Sistema intercomunicación.
6. Suministro de emergencia 1.
7. Suministro de emergencia 2.
8. Revestimiento.
9. Señales de manómetros.
- 10 Disponible.
11. Calefacción para buzos.

### 3.2.7 SUMINISTRO DE ENERGÍA A LA CAMPANA.

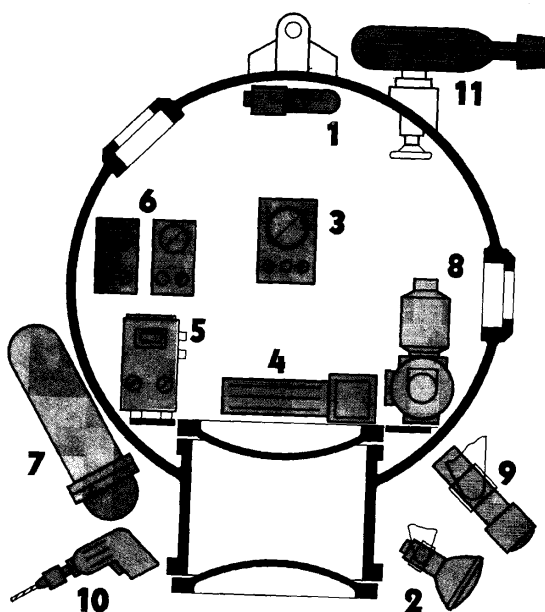


Fig. 3.15 Consumos aproximados de energía eléctrica en una campana de buceo.

1. Luces interiores (50-100).
2. Luces exteriores fijas y móviles (1000-2000).
3. Sistema de comunicaciones (50).
4. Calefacción eléctrica. (2000-2500).
5. Generador de agua caliente para buzos (5000-10000).
6. Instrumentos de mezclas de gases.
7. Compresor del circuito cerrado (5000).
8. Bomba del absorbente de CO<sub>2</sub> (200).
9. Sistema de televisión interior-externo (750).
10. Herramientas y aparatos de comprobación (1000).
11. Propulsores eléctricos (5000-20000).

La campana de buceo no solo transporta y cobija a los buzos en la profundidad de trabajo, también debe de suministrar energía suficiente para hacer funcionar los aparatos, muy importantes para su integridad física, como puede ser calefacción, depuradores de CO<sub>2</sub>, etc., al mismo tiempo dar energía para hacer funcionar las distintas herramientas empleadas por los buzos en el fondo. La figura 43 nos muestra el número de vatios aproximado requerido para el funcionamiento de equipos y herramientas.

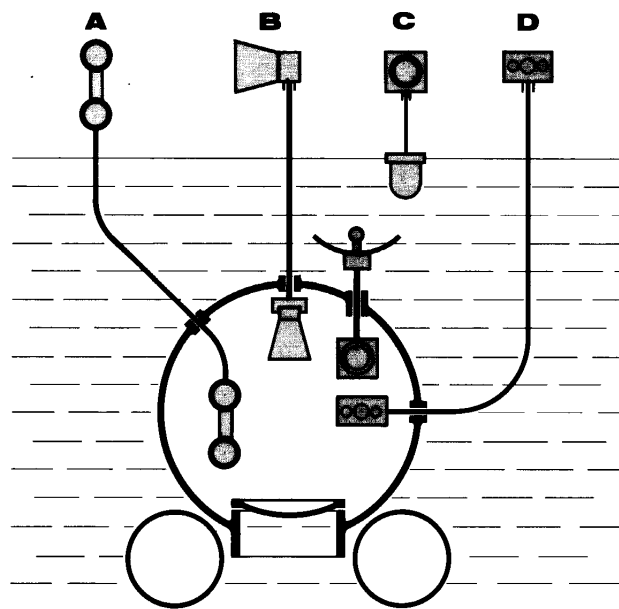
### 3.2.8 COMUNICACIONES.

El tener buenas comunicaciones es fundamental en todas las operaciones de buceo. Un fallo en el sistema reduce significativamente la seguridad y, si no se corrige, puede traer riesgos innecesarios a los buzos. Lo ideal sería montar un sistema de comunicaciones que tuviese además del principal, un sistema secundario de emergencia. Esta norma es mucho más importante cuando se trata de una campana de buceo. En caso extremo, si hubiese fallado todo, se puede mantener comunicaciones entre los buzos de la campana y los operadores de superficie, a través de los portillos de observación cuando la campana está en superficie.

Generalmente como sistema principal se suele utilizar el interfono, pues no es necesario pulsar ningún botón para hablar, y además el sistema, requiere muy poco voltaje para funcionar correctamente. Como sistema de emergencia se suele utilizar en caso de fallo de alimentación o si no funciona correctamente el sistema principal.

En caso de utilizar mezclas respiratorias de He-O<sub>2</sub>, es necesario asociar al sistema principal un decodificador, pues el helio hace la voz más rara y distorsiona la conversación.

También se puede considerar dentro de las comunicaciones la TV., que pueden llevar la campana y los buzos en el casco de buceo, los pinger y demás sistemas de señales.

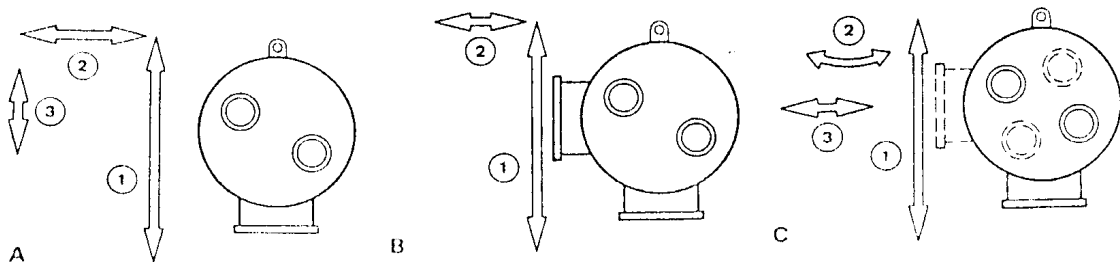


**Fig. 3.16** Sistema de comunicaciones entre la campana de buceo y superficie.

- A. Sistema de comunicación secundario.
- B. Sistema de comunicación principal.
- C. Sistema de comunicación a través del agua (sonar).
- D. Sistema de transmisión de mensajes, cuando no es posible la comunicación visual.

### 3.3 LA MANIOBRA DE LA CAMPANA.

El sistema de maniobra de la campana debe ser capaz de controlar la profundidad y además su posición en cubierta, para acoplarla luego a la cámara de descompresión. Básicamente en cubierta tiene tres posibilidades de acoplo a la cámara de descompresión.



*Fig. 3.17 Movimientos básicos de una campana.*

#### A. Transferencia vertical.

1. Movimiento vertical de grandes distancias.
2. Movimiento horizontal de varios metros.
3. Procedimiento de acoplo.

#### B. Transferencia lateral.

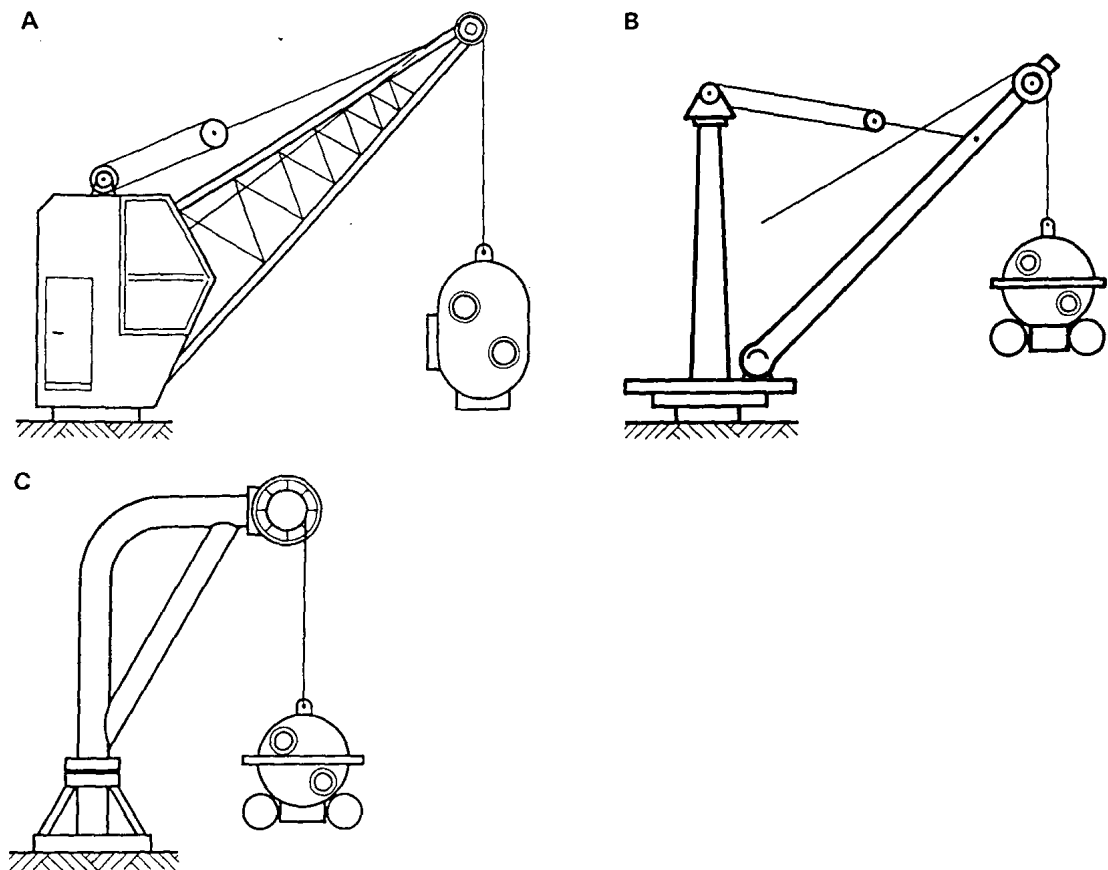
1. Movimiento vertical de grandes distancias.
2. Movimiento horizontal de pequeñas distancias.

#### C. Transferencia lateral con giro.

1. Movimiento vertical de grandes distancias.
2. Giro de 90°.
3. Movimiento horizontal de pequeñas distancias.

#### 3.2.1. MODOS DE LANZAMIENTO DE LA CAMPANA.

Existen dos sistemas básicos de lanzamiento de la campana al agua, uno en la parte exterior del buque, desde la cubierta (por la proa o por uno de los costados) y otro interior a través de un pozo (moonpool). Para arriarla por el costado se debe utilizar un pescante o un marco extensible tipo pórtico a fin de mantener la campana libre del buque. Para arriarla por el interior, cada barco tiene un sistema diferente dependiendo de cómo haya sido construido.

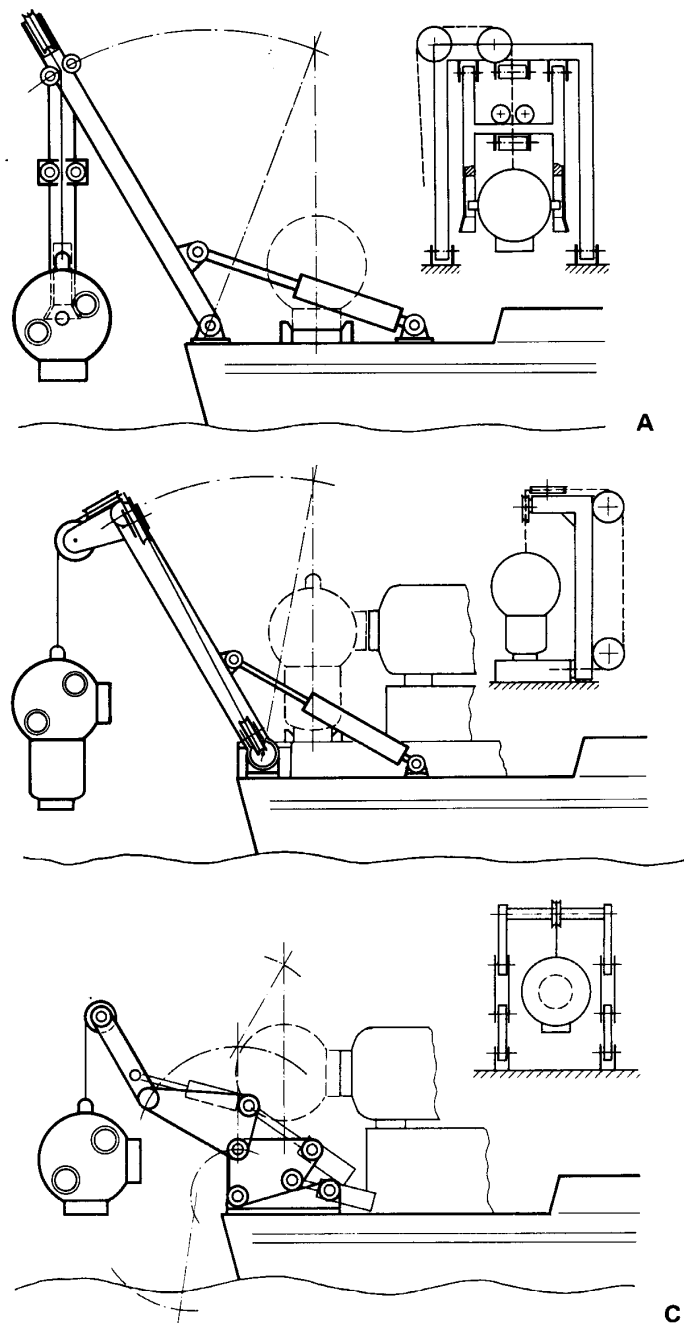


**Fig. 3.18** Tipos de grúas para el arriado de la campana.

- A. Grúa de buque de elevación variable.
- B. Pescante. Elevación variable.
- C. Pescante con chigre propio de elevación fija.

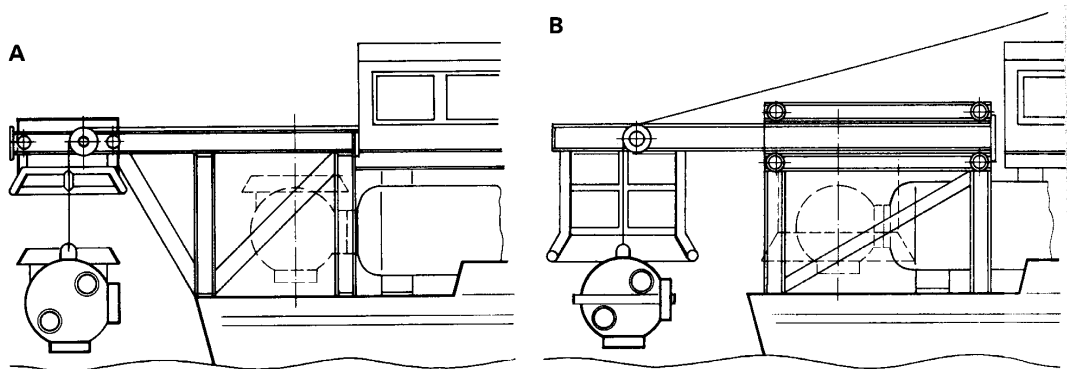
Un medio de incrementar la capacidad de manejo de la campana con mal tiempo es por medio del cursor, este puede ser activo o pasivo. El cursor activo consiste en un gran peso asegurado en los raíles verticales que se puede unir a la campana; se baja por medio de motores adicionales permitiendo a la campana hundirse de forma continua a través de la superficie del agua, desprendiéndose de la campana cerca del fondo del barco, donde el balanceo de los barcos no es tan grande.





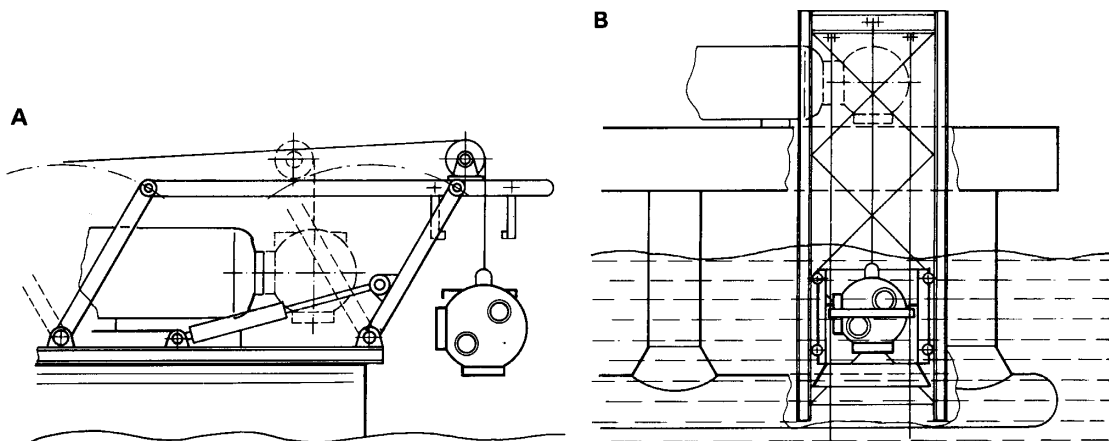
**Fig. 3.19 Estructura para maniobra de campanas en A, L, y articulada.**

- A. Estructura en A con brazo hidráulico y guía en H.
- B. Estructura en L para el manejo de campana de dos cámaras.
- C. Estructura articulada para arriar la campana desde debajo de la superficie.



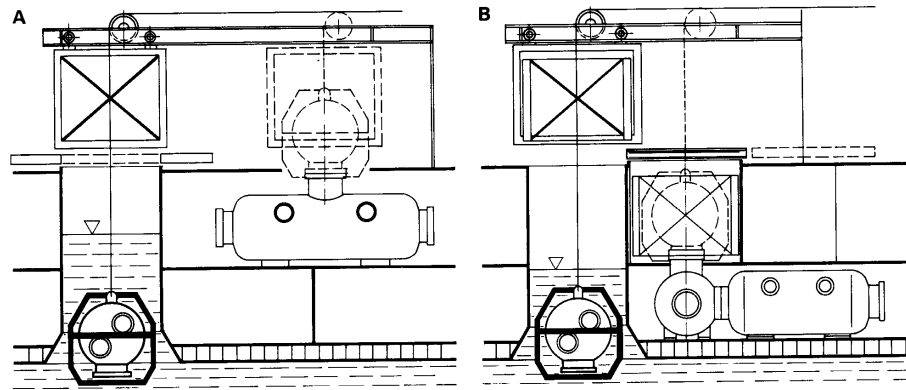
**Fig. 3.20** *Guía móvil y estructura telescópica.*

- A. Guía móvil con acoplo para la campana. Principalmente para lanzamiento por la popa.
- B. Estructura telescópica. Utilizable tanto por el costado como por la popa.



**Fig. 3.21** *Sistema de paralelogramos por raíles.*

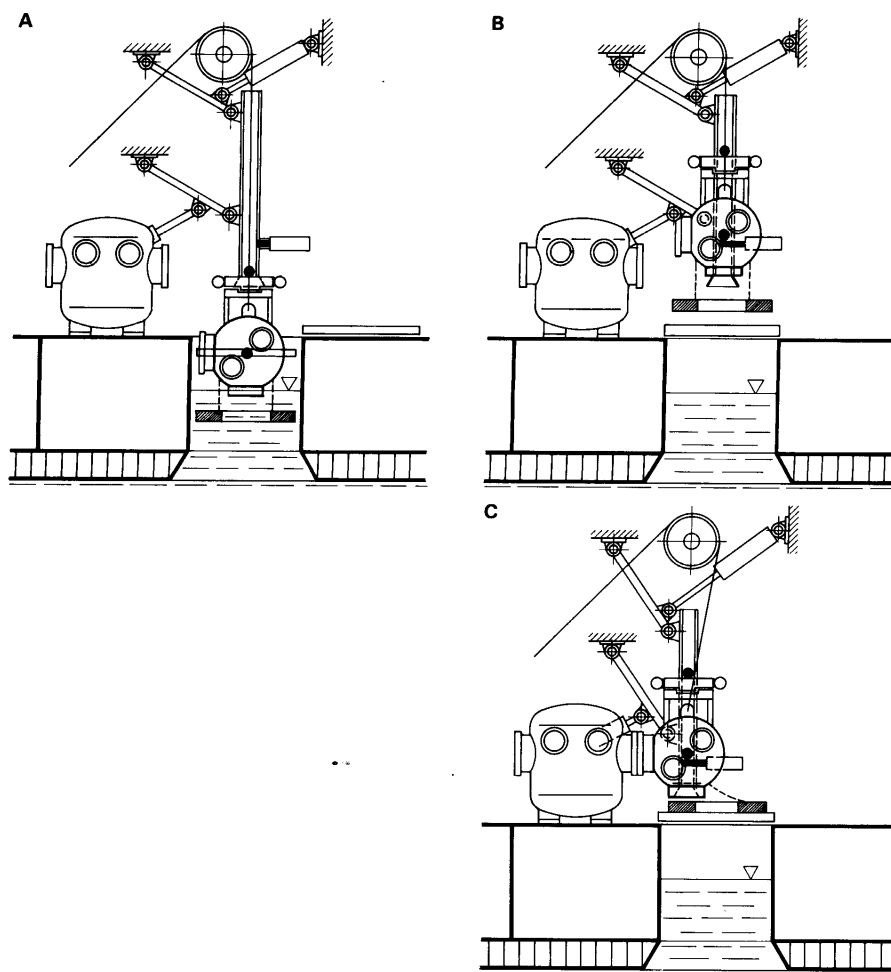
- A. Paralelogramo para movimiento horizontal de la campana.
- B. Sistema de guía por raíles.



*Fig. 3.22 Sistema simple y doble para transferencia vertical de la campana.*

A. Sistema simple.

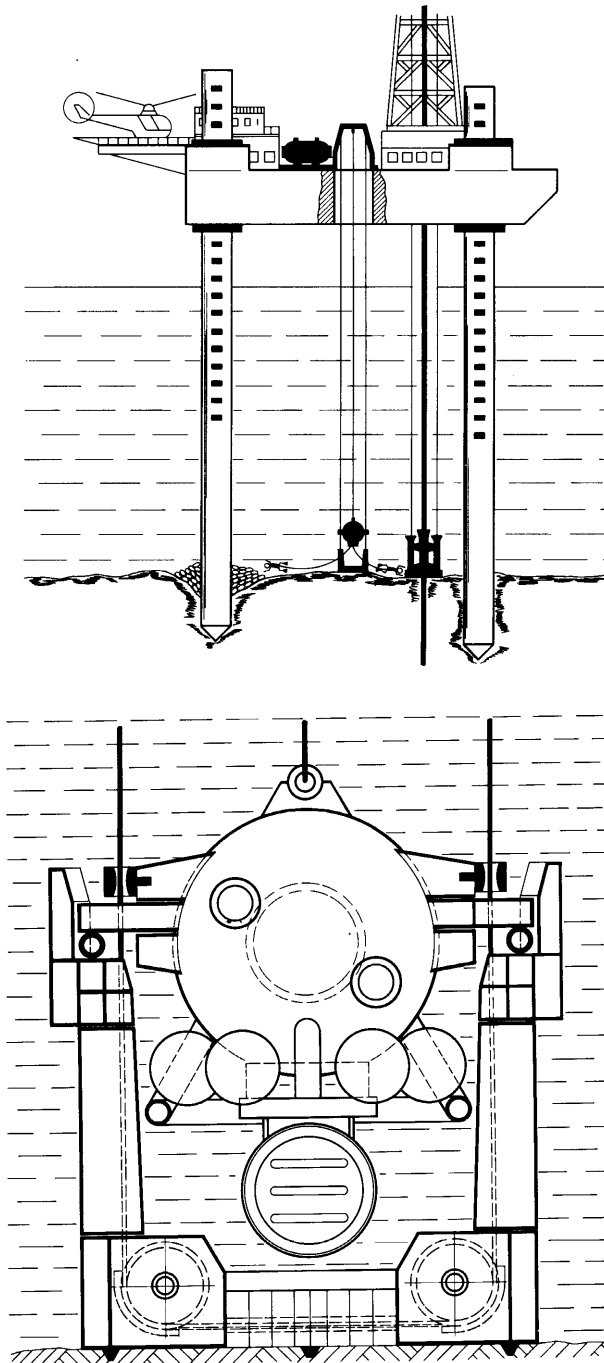
B. Sistema doble.



*Fig. 3.23 Brazo con mecanismo de rotación para transferencia lateral de la campana.*

### 3.2.2. GUIADO DE LA CAMPANA.

Para algunas operaciones de buceo es suficiente un simple cable, cuando la posición de la campana no es prioritaria. En caso de corrientes o que sea necesario un posicionamiento lo más exacto de la campana, para comodidad de los buzos, es necesario utilizar un guiado de doble cable y anclaje. También se pueden montar compensadores en el cableado principal, y posicionamiento dinámico a la plataforma de buceo

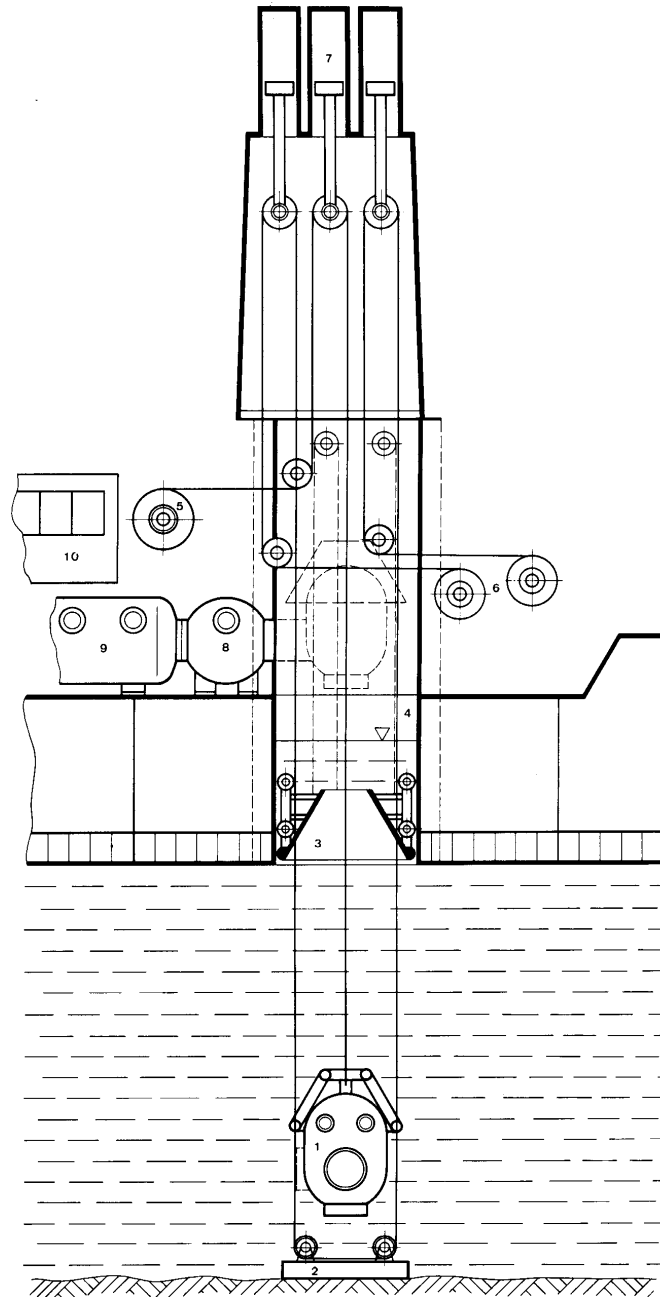


*Fig. 3.24 Sistema de guiado de una campana de buceo.*

### 3.2.3 CARRETELES Y CHIGRES.

El arriado o izado de la campana en la mayoría de los casos es efectuado usando un carretel por lo que se requieren unas normas de seguridad para los buceadores. Las normas nacionales generalmente cumplen los siguientes requerimientos:

1. La operación normal de arriado de la campana debe ser controlada por el motor principal y no con el freno.
2. El control de los movimientos y la velocidad deben de ser regulares y no presentar ningún exceso de carga en el sistema.
3. En caso de fallo de energía eléctrica se debe parar automáticamente manteniendo la posición de la campana.
4. El carretel debe ser diseñado para soportar 1,5 veces la carga estática con el freno.
5. Debe tener una parada automática en el límite máximo de profundidad de la SCC.
6. Además del motor principal de izado, debe haber un sistema secundario de recuperación de la cámara en el caso de fallo del primero. Este podría ser el sistema de cables guías o del umbilical .
7. El control debe ser diseñado con un interruptor de "hombre muerto".
8. El chigre de izado debe ser diseñado para una carga de trabajo calculando el doble del peso operativo. Este peso se cuenta como sigue:
  - a) Máximo peso de la campana en el aire.
  - b) La combinación de la máxima flotabilidad negativa de la SCC sumergida más el peso del cable de izado para la máxima profundidad.
9. El factor de seguridad del cable de izado debe ser ocho (8).

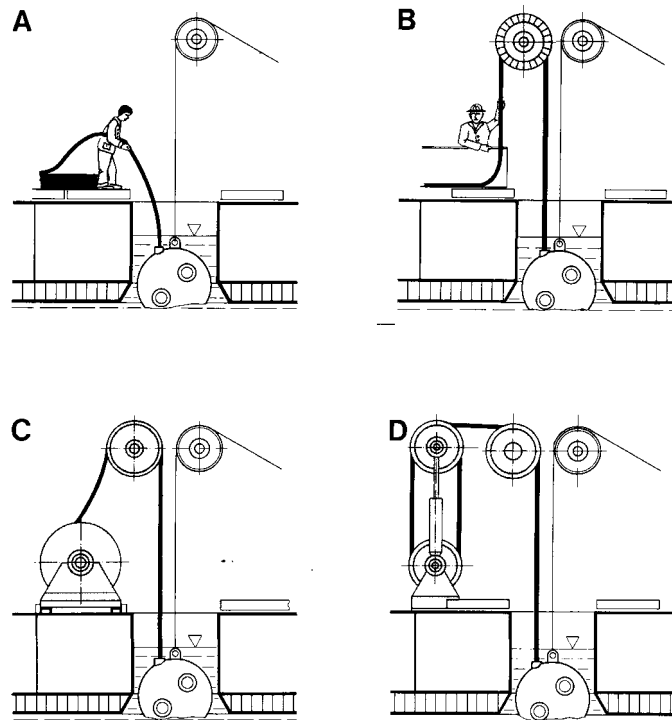


**Fig. 3.25** Maniobra de la campana de buceo del buque "Katterturm".

1. Campana de buceo.
2. Contrapeso de guiado.
3. Cursor de pozo.
4. Pozo. (Moonpool)
5. Carretel de la SCC.
6. Carreteles de guiado.
7. Compensadores.
8. Cámara de transferencia
9. Cámara de descompresión.
10. Cabina de control de maniobras.

### 3.2.4 MANEJO DEL UMBILICAL.

Hay dos formas de umbilicales distintas, una en la que los distintos cables y mangueras que componen el umbilical están embutidos en un forro y otra en la que están unidos por tiras cada cierta longitud. Un umbilical forrado es al menos tres veces más caro que uno atado, debido no sólo al coste adicional del forro sino también al gasto de unir el umbilical al tambor, ya que si el forro es caro, la pieza de acople de umbilical al carretel giratorio también lo es. Para sistemas de buceo que deben operar en aguas poco profundas se usa el umbilical suelto que se iza a bordo a mano con la ayuda de un tambor de potencia.



*Fig. 3.26 Diferentes métodos de manejo de umbilicales.*

- A. Solo Manual. Para profundidades medias y umbilicales ligeros sin forrar, es de bajo costo pero necesita personal para la operación y mucho espacio para su estiba.
- B. Tambor Hidráulico. Apropiado para umbilicales con y sin forro, es de bajo costo, necesita poco espacio para su estiba. Sólo es necesario personal para estibarlos.
- C. Umbilical en carretel con anillas de acople. Adecuado sólo para umbilicales forrados, tiene un alto costo. Se necesita poco espacio para la estiba con un mínimo de personal.
- D. Bloque y polea. Se necesita una longitud adicional de umbilical pero requiere poco personal. Raramente es usado.





## CAPITULO 4

### DISEÑOS DEL COMPLEJO DE BUCEO

#### 4.1 CRITERIOS DE DISEÑO.

Antes de diseñar un sistema tienen que ser definidas claramente sus necesidades operacionales. Estos criterios pueden ser definidos de la siguiente manera:

##### 4.1.1 CRITERIOS GENERALES.

- Máxima profundidad de trabajo.
- Máxima profundidad de observación.
- Número de buceadores bajo presión.
- Certificación por sociedades aseguradoras.
- Suministro de energía eléctrica.

##### 4.1.2 CAMPANA DE BUCEO (SCC, SUBMERSIBLE COMPRESSION CHAMBER).

- Tipo de transferencia (Superior, por el costado, por abajo).
- Forma de la campana (cilíndrica, oval, esférica, cónica truncada).
- Escotillas: Sistemas de cierre, número y diámetro.
- Portillos: Tipo, número, tamaño y situación.
- Tipo de aislamiento térmico.
- Diseño de los lastres (simples, segmentos, bolas).
- Diseño de la instalación de suministro de gas.
- Sistema de comunicaciones (teléfono, altavoces, televisión sin cable).
- Tipo de sistema life-support.
- Diseño de umbilicales para la campana y los buceadores.
- Calefacción.

##### 4.1.3 CÁMARA DE TRANSFERENCIA.

- Forma y dimensiones de la cámara de transferencia (Cilíndrica horizontal o vertical, esférica).
- Número de puertas y conexiones para la DCC.
- Número, tamaño y situación de las esclusas de aprovisionamiento
- Alumbrado (interior o exterior).
- Sistemas de comunicaciones (teléfono, altavoz, televisión).
- Unidades de control de la atmósfera de la cámara tales como O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO y otras.
- Panel de control de gases.
- Sistema life-support.
- Mobiliario general: literas, armarios, etc.

##### 4.1.4 CÁMARA DE DESCOMPRESIÓN EN SUPERFICIE.

- Tamaño y dimensión de la cámara de descompresión (cilindro horizontal o vertical, esfera).

- Diseño con o sin esclusa de sanitario.
- Portillos: Tipo, número, tamaño y localización.
- Alumbrado (interior o exterior).
- Sistema de comunicaciones (teléfono, altavoz).
- Unidades de control de la atmósfera de la cámara tales como O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO y otras.
- Panel de control de gases.
- Sistema life-support.
- Mobiliario general, literas, asientos, etc.
- Instalación sanitaria; W.C., ducha, lavabo.
- Esclusas de aprovisionamiento.
- Sistema de aspersión - contra incendios

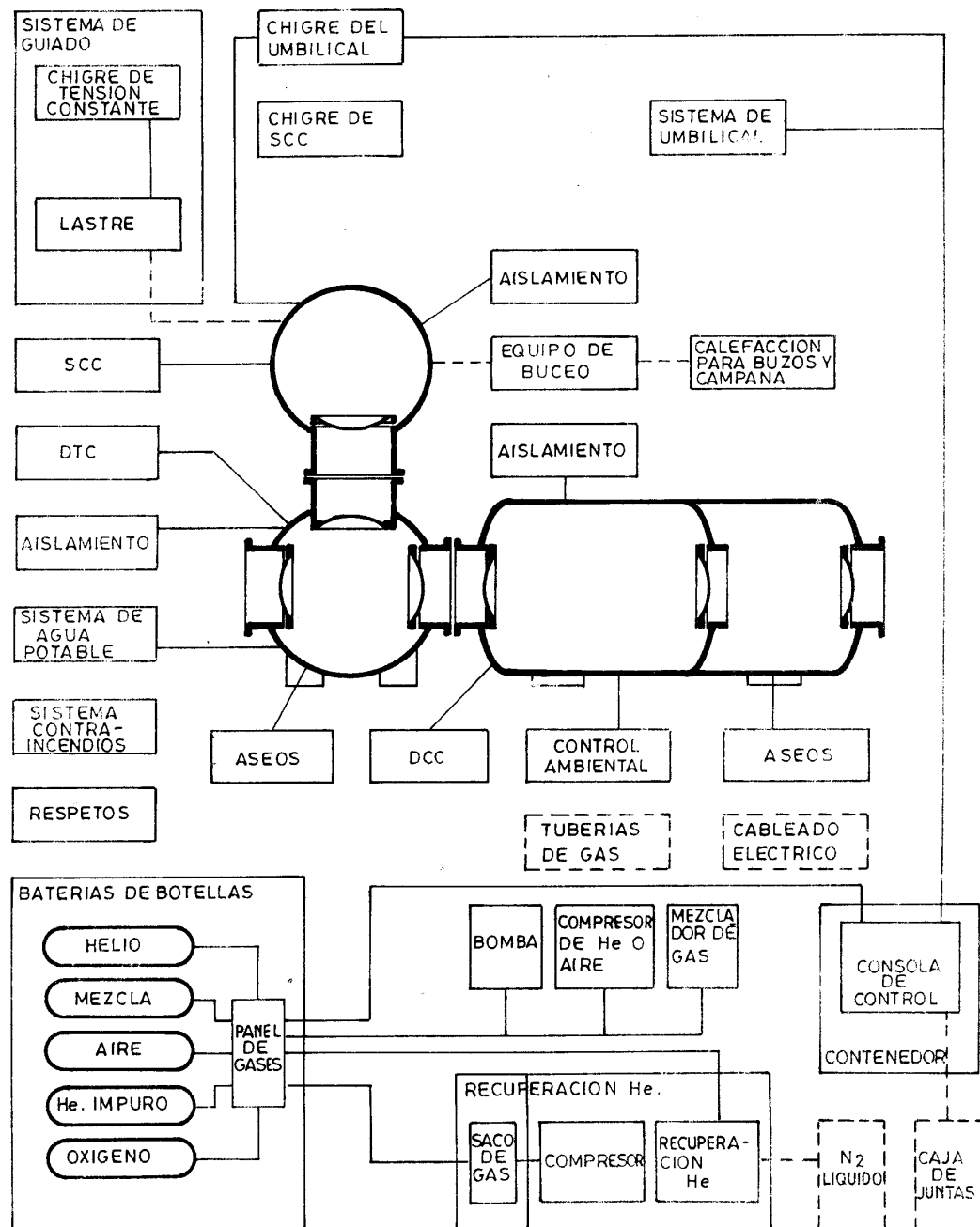


Fig. 4.1 Diagrama de bloques de un sistema de buceo profundo.

#### 4.1.5 CÁMARA DE RESCATE PARA EL PROCEDIMIENTO DE ABANDONO DE BUQUE.

- Equipos adicionales tales como bote salvavidas hiperbárico.

#### 4.1.6 PANEL DE CONTROL.

- Tipo de instalación (contenedor, compartimento del barco).
- Instrumentación.
- Protección a la explosión.
- El tamaño, volumen y peso se determinan por los criterios de diseño siguiente:
  - Sistema de manejo.
  - Almacenamiento de gas.
  - Regeneración de gas.
  - Sistema de calefacción.
  - Sistema de compresores.
  - Servicios sanitarios.

#### 4.2 CONFIGURACIONES DE LAS CÁMARAS DE COMPRESIÓN A BORDO.

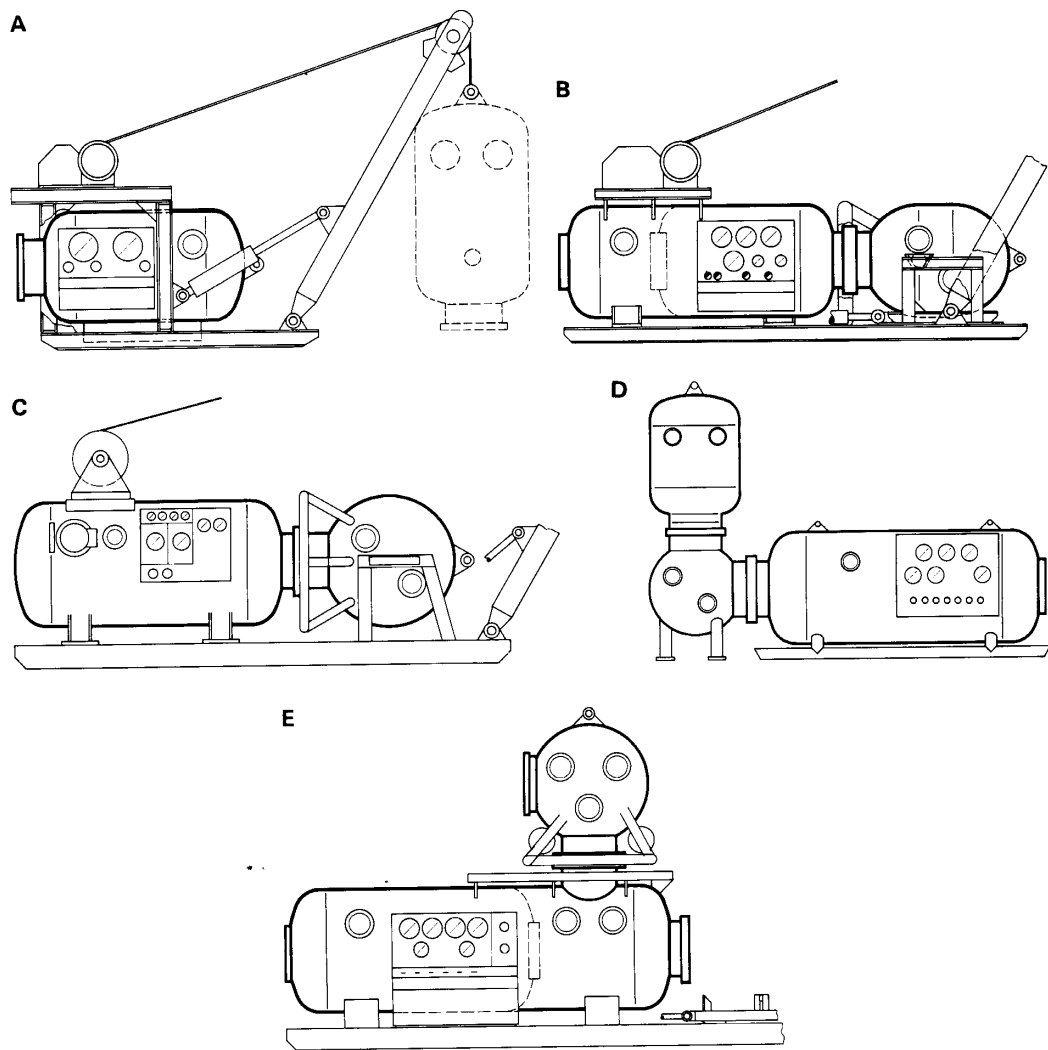
Los factores que afectan al tamaño y posición de las cámaras usadas para compresión y descompresión son los siguientes:

1. Tipo de operación de buceo (intervención/saturación).
2. Número de buceadores bajo presión.
3. Tipo de barco o plataforma.

La profundidad de la inmersión no afecta a la configuración. El tipo de inmersión y el número de buceadores hace que mientras un sistema a bordo de una plataforma de adiestramiento puede tener dos o tres cámaras de compresión separadas, un barco de buceo, empleado en mantenimiento, reparación o trabajos de construcción puede necesitar tener hasta 24 buceadores bajo presión, cubriendo la compresión, trabajo, descansos y descompresión.

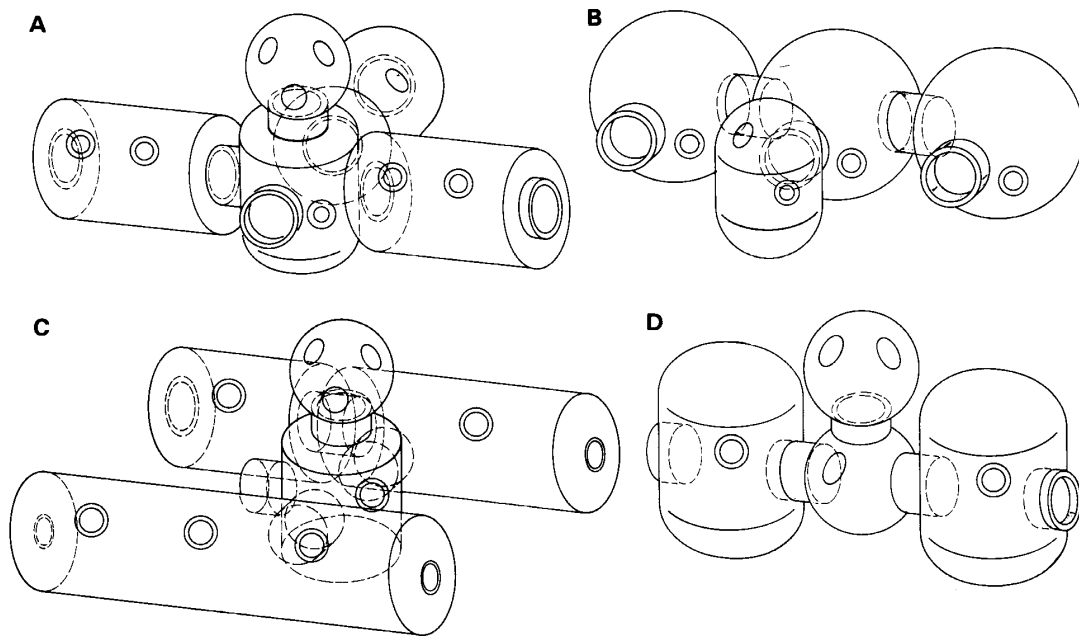
Idealmente, la configuración de la cámara será diseñada a la vez que el barco. La mayoría de los sistemas han tenido que ser incorporados en el interior de un barco que no ha sido diseñado para buceo. Sin embargo se construyen también barcos especiales para buceo, donde se pueden diseñar las instalaciones de buceo con todos los adelantos.

En la figura 4.2 se ven configuraciones de cámaras para sistemas de buceo empleadas en inmersiones de intervención. Simplicidad, solidez, mínimo peso y facilidad de desmontaje para el transporte a otra plataforma son las principales características. Los sistemas A, B y C están montados sobre calzos con un sistema de manejo integrado. Estos sistemas están diseñados para una rápida movilización, siendo algunos transportables por aire.



**Fig. 4.2** *Sistemas de buceo para inmersiones de intervención.*

- A. Sistema Dräger Subcom para 200 m. DCC y SCC 1500 mm. de diámetro. Sistema Rollover. Dos o tres buceadores.
- B. Sistema Haux para 100 m. DCC 1500 mm. de diámetro. Doble cierre.
- C. Sistema Perry para 206 m. DCC 1500 mm. diámetro. Doble cierre. SCC 1680 mm. diámetro. Dos buceadores.
- D. Sistema Perry para 122 m. DCC 1500 mm. Doble cierre. SCC transferencia superior Rollover. Dos buceadores.
- E. Sistema Dräger para 200 m. DCC 2200 mm. diámetro. Doble cierre. SCC 1900 mm. diámetro. Transferencia lateral o superior. Tres buceadores.



**Fig. 4.3 Configuraciones usadas en complejos de buceo a saturación.**

- A. Modulo Dräger para 500 metros. DCC 2200 mm., DTC 2200 mm., SCC 1900 mm., diámetro. Para 9 buzos.
- B. Ray McDermott. Transferencia lateral y 9 buzos.
- C. Sistema de buceo Dräger del buque "Artic Surveyor, para 500 metros. DCC 2200 mm., SCC 1900 mm., de diámetro. Transferencia superior. Para 12 buzos.
- D. Solus Ocean Systems, para 500 metros. Para 6 buzos.

La figura 4.3, da una clasificación de las configuraciones usadas en complejos de buceo a saturación. Las variaciones en el diseño son considerables. En la figura "A" se ve el sistema más común usado, donde una, dos o tres cámaras se agrupan alrededor de una cámara de transferencia.

#### **4.2.1 SISTEMA DE BUCEO A SATURACION DEL BUQUE HMS. "CHALLENGER"**

El sistema que con más éxito ha sido usado y uno de los más grandes es el "C", el cual fue diseñado y construido para el barco de buceo "Artic Surveyor". Diseñado con transferencia superior, la cámara principal tiene ocho literas y hay cuatro más en otra cámara. Además hay una cámara de rescate pensada para poder separarla si por una emergencia a bordo se necesita evacuar a los buceadores. El sistema "D", está basado principalmente en cámaras verticales, mientras que el "A" y "C" son esencialmente configuraciones horizontales.

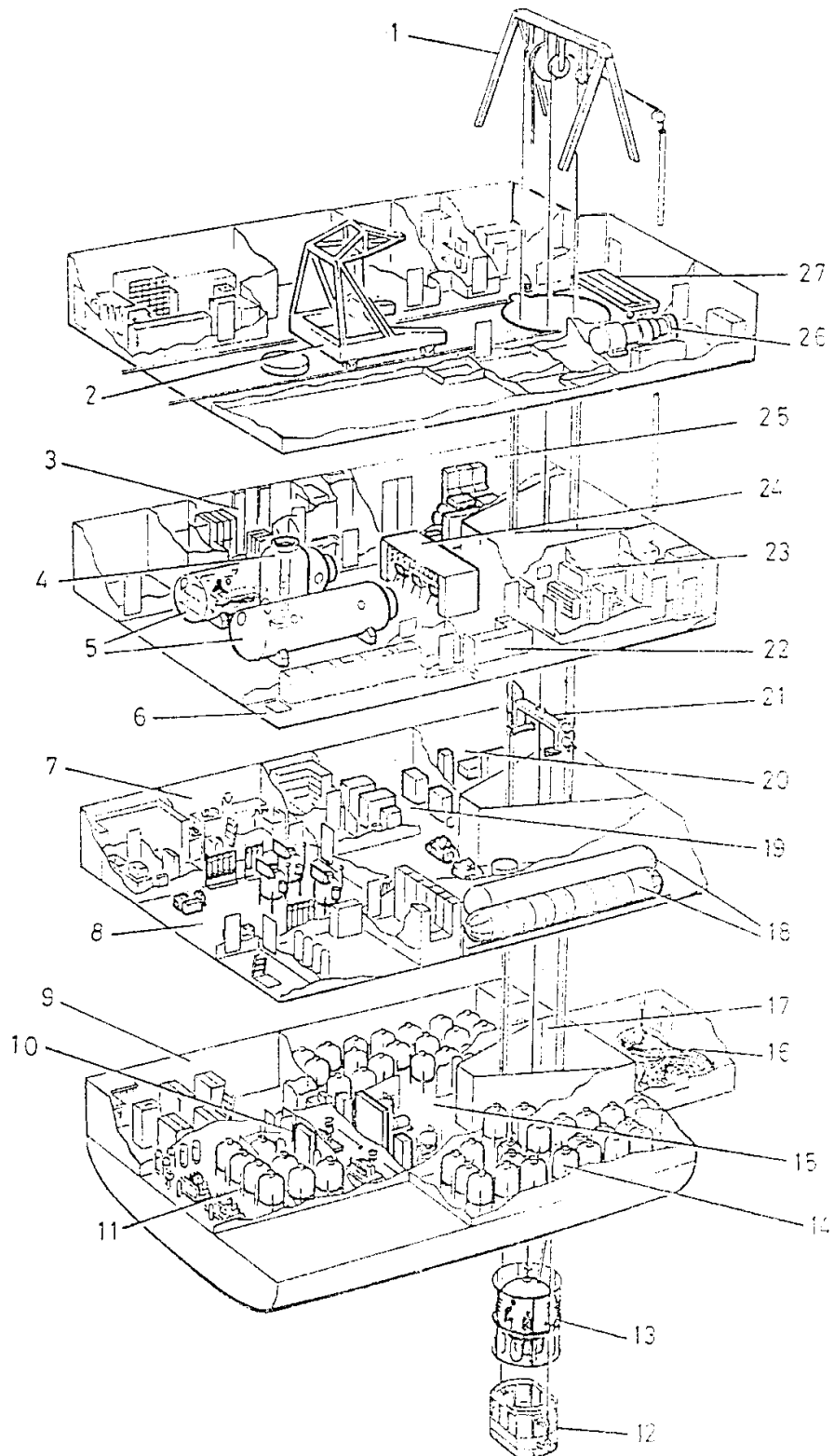


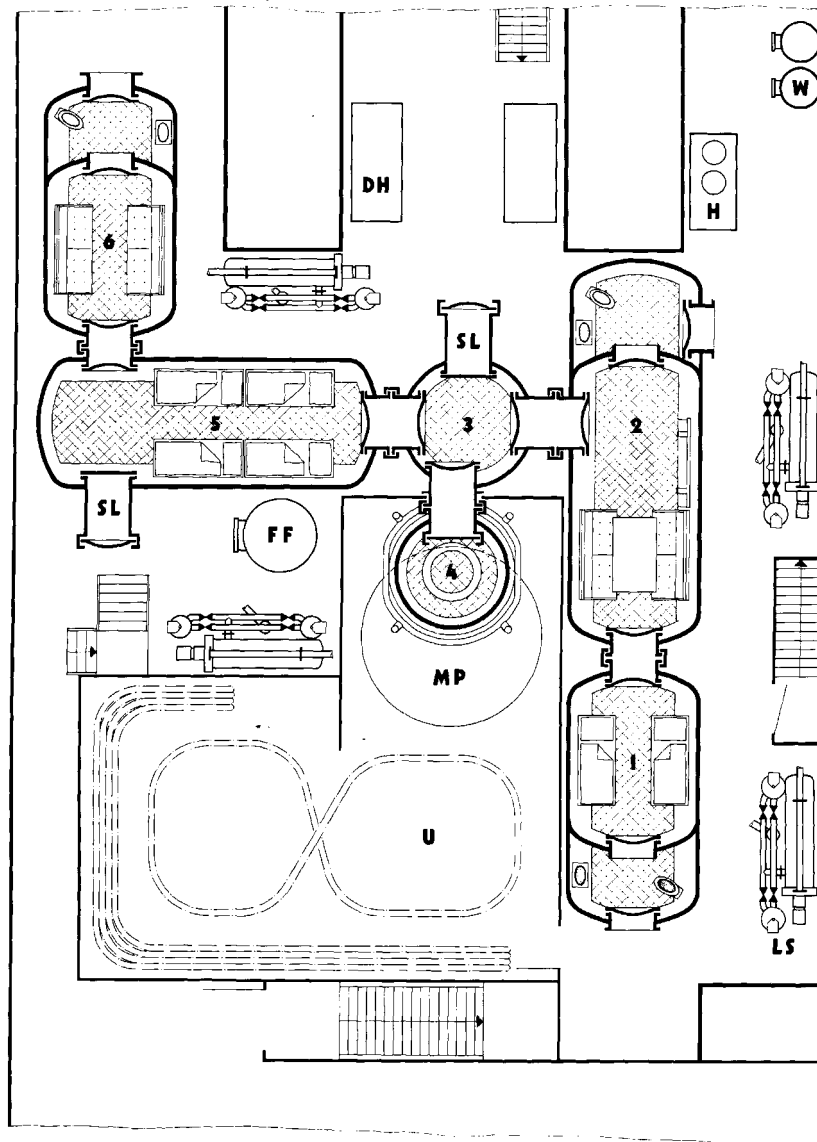
Fig. 4.4 Sistema de buceo a saturación del buque "HMS. CHALLENGER".

1. Grúa
2. Soporte móvil de la SCC.
3. Vestuarios.
4. Cámara de transferencia CTC.
5. Cámara de descompresión, DCC
6. Laboratorio.
7. Pañol de trabajo.
8. Entrada al control.
9. Pañol de buceo.
10. Baterías y trasvasadores de O<sub>2</sub>.
11. Batería de aire y compresores.
12. Contrapeso.
13. Campana de buceo. SCC.
14. Batería de Helio.
15. Planta de mezclas.
16. Pañol de umbilicales.
17. Pozo.
18. Tanques de reciclaje de helio.
19. Equipos de soporte de vida y planta de agua caliente.
20. Planta de recuperación He.
21. Cursor y ascensor de SCC.
22. Despensa.
23. Oficina de buceo.
24. Control de buceo.
25. Maniobra de la SCC, en cubierta.
26. Generador de emergencia.
27. Contrapeso de reserva.

#### ***De la figura 4.4***

La instalación de literas en las cámaras verticales ofrece cierta dificultad. En la "B", el uso de las esferas da la máxima economía de espacio, y la forma también permite las más altas presiones, pero el aprovechamiento del espacio interior es el peor.

Las disposición del sistema en el barco de buceo "Artic Seal" se ve en la figura 12, tiene 4 cámaras independientes para vivir, alrededor de la cámara de transferencia. Tres de estas cámaras tienen compartimentos sanitarios separados con W.C. ducha y lavabos, pudiendo operar separadamente, permitiendo así a los equipos de buceadores relevar cada 24 horas.



*Fig. 4.5 Configuración del sistema de buceo a saturación del "Artic Seal".*

- |                    |                               |
|--------------------|-------------------------------|
| 1. DCC 1 (40 bar). | 2. DCC 2 (40 bar).            |
| 3. DCC 3 (40 bar). | 4. Campana de buceo (50 bar). |
| 5. DCC 4 (40 bar). | 6. Cámara rescate (40 bar).   |

DH. Calentador agua para trajes con circulación agua caliente.

W. Sistema suministro agua fría y caliente a las cámaras.

LS. Sistema sustentadores de vida.

U. Umbilical.

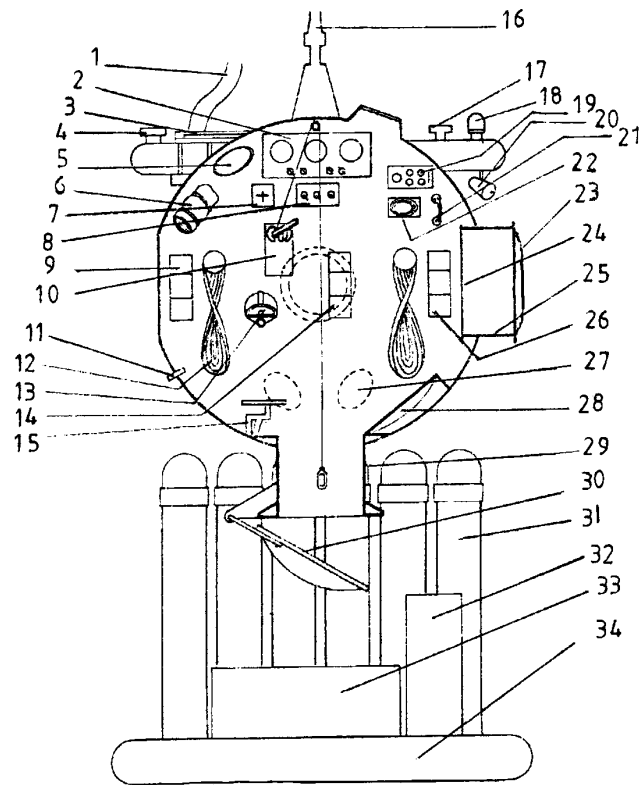
MP. Apertura para la campana.

FF. Tanque agua sistema contraincendios.

SL. Esclusa aprovisionamiento.

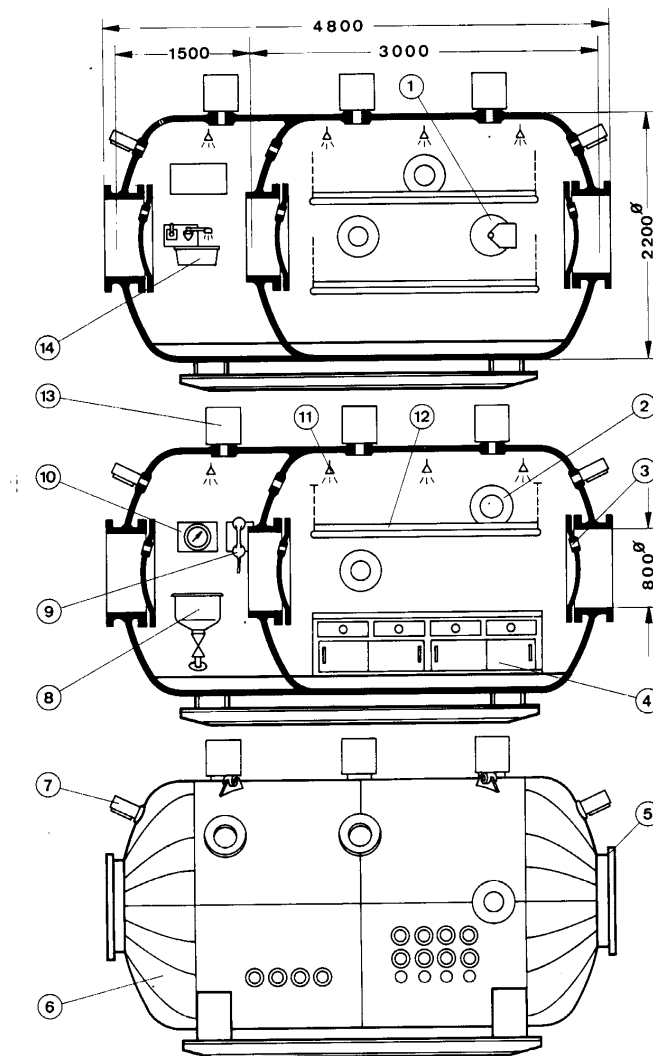
H. Calefactor del sistema sustentador de vida.





**Fig. 4.6 Elementos básicos de una campana o torreta de buceo**

- |  |  |
|--|--|
| 1. Umbilical de campana.                       | 18. Luz estroboscópica.                      |
| 2. Cuadro de suministro y control de gases.    | 19. Equipo de comunicaciones.                |
| 3. Cortador hidráulico del umbilical.          | 20. Iluminación exterior.                    |
| 4. Equipo de localización de torreta.          | 21. Comunicaciones autoexcitadas.            |
| 5. Iluminación interior.                       | 22. Comunicación de emergencia.              |
| 6. Sacos de supervivencia.                     | 23. Escotilla exterior.                      |
| 7. Botiquín.                                   | 24. Escotilla interior.                      |
| 8. Cuadro de control agua caliente.            | 25. Brazola lateral.                         |
| 9. Recuperación de gas.                        | 26. Cartucho de absorbente CO <sub>2</sub> . |
| 10. Carraca de recuperación de buzos y puerta. | 27. Mirillas.                                |
| 11. Mecanismo zafado de lastre.                | 28. Escotilla interior torreta.              |
| 12. Umbilicales de buzos.                      | 29. Brazola de fondo.                        |
| 13. Cascos o máscaras de buzos.                | 30. Escotilla exterior.                      |
| 14. Calentador de gas.                         | 31. Suministro de gas de reserva.            |
| 15. Banqueta.                                  | 32. Batería.                                 |
| 16. Cable de arriado e izado de la torreta.    | 33. Lastre torreta.                          |
| 17. Transducir de comunicaciones acuático.     | 34. Plataforma inferior.                     |



**Fig. 4.7 Dimensiones y elementos de una cámara de descompresión estándar, de un sistema de buceo profundo.**

1. Esclusa aprovisionamiento.
2. Portillo grande.
3. Portillo pequeño.
4. Armarios y cama.
5. Anillo de unión.
6. Aislante.
7. Cámara T.V.
8. W.C.
9. Ducha.
10. Manómetro presión interna.
11. Salida rociadores C.I.
12. Literas.
13. Luz fibra óptica.
14. Lavabo.

### 4.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE BUCEO.

Las diferentes unidades de un sistema completo de buceo son las siguientes:

1. Cámara de descompresión en cubierta y cámara de rescate (DCC)
2. Cámara de transferencia (DTC).
3. Cámara sumergible o campana (SCC).
4. Esclusas de aprovisionamiento.
5. Centro de control.
6. Sistema sustentador de vida.
7. Almacenamiento de gas para He, O<sub>2</sub>, mezcla de gases, etc.
8. Compresores.
9. Sistema recuperación He.
10. Suministro de agua y aire comprimido.
11. Sistema de agua caliente.
12. Sistema manual para SCC y cámara de rescate.
13. Chigres para la SCC, umbilical, fondeo y cables de guiado.
14. Umbilical.
15. Trajes de buceo
16. Comunicaciones.
17. Herramientas submarinas

Ningún componente es menos importante que otro. Una avería en uno de ellos que no pueda ser solucionada o reemplazada la unidad por otra, hará inoperativo todo el sistema. Veamos ahora en detalle algunos de estos elementos.

#### 4.3.1 CAMPANA DE BUCEO o SCC (Submersible compression chamber).

Las SCC usadas para inmersiones a saturación varían en pocos aspectos de las usadas en inmersiones de intervención a poca profundidad. Las opciones para la transferencia bajo presión son efectuar ésta por la parte superior de la cámara (top) o lateralmente (side). Para dar mayor flexibilidad al sistema, se pueden diseñar con ambos sistemas, uno por cada lado. La maniobra de acoplamiento es la más difícil y de más riesgo para los buzos y el personal de cubierta. La transferencia lateral permite las dos opciones, la escotilla inferior para la salida al exterior y la lateral para hacerlo a una DTC. Existe también las cámaras tipo "rollover". Con este sistema, la cámara tiene que girar 90° sobre su costado y así la escotilla inferior efectúa una transferencia lateral con lo que solo necesitamos una puerta.

Algunas SCC fueron construidas con dos compartimentos internos, uno sobre otro. El de arriba se usaba como compartimento de control; generalmente a presión atmosférica aunque con posibilidad de usarlo a una presión intermedia. El compartimento bajo desde el cual los buzos bajaban al agua se presurizaba y el sistema tenía claras ventajas con respecto al control de los procedimientos de seguridad. por otro lado, tenía otros grandes inconvenientes, aparte del costo adicional, las cámaras eran pesadas y difíciles de manejar, requiriendo grandes instalaciones de sistemas de izado y arriado.

Siempre se usa un sistema de guiado por cable para controlar y dirigir el movimiento de la campana. El sistema más efectivo de guiado tiene dos cables asegurados constantemente al peso fondeado. Aunque también se usa el sistema de fondeo con un cable, se necesita un especial cuidado para no liar el umbilical con el cable de guiado. Un mecanismo de tensión constante sobre el cable de guiado es lo que se usa normalmente para reducir o eliminar, dependiendo de la eficiencia del

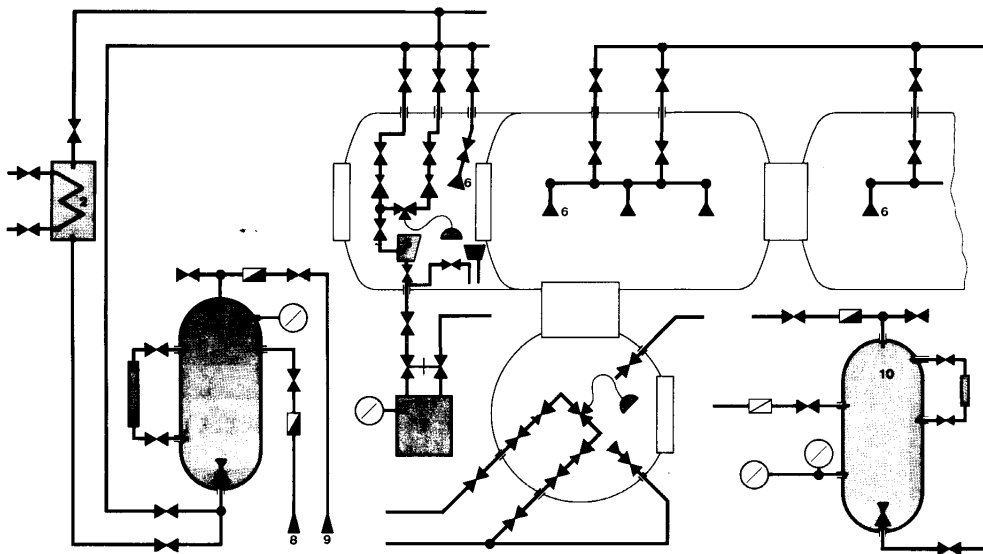
compensador, los movimientos verticales producidos en el barco o plataforma debido al estado de la mar.

#### 4.3.2 CÁMARA DE DESCOMPRESIÓN DE CUBIERTA. (DCC).

En la figura 4.7, se ve una pequeña unidad que pueda ser usada en buceo profundo.

La experiencia señala que los sanitarios y lavabos deben estar separados del resto de la cámara por razones higiénicas.

Un lavabo, una ducha y un water son esenciales para inmersiones de larga duración. El sistema debe tener válvulas de seguridad para que el sistema de evacuación de agua no deje escapar la presión mientras se esté usando. el compartimento sanitario separado puede ser despresurizado y desinfectado si fuese necesario.



*Fig. 4.8 Instalación sanitaria de un sistema de buceo profundo.*

1. Tanque presurizado de agua corriente.
2. Calentador de agua.
3. Ducha.
4. Lavabo.
5. W.C.
6. Extintores.
7. Tanque presurizado de aguas sucias.
8. Conexión agua corriente.
9. Conexión aire presión.
10. Tanque presurizado agua contra incendios.

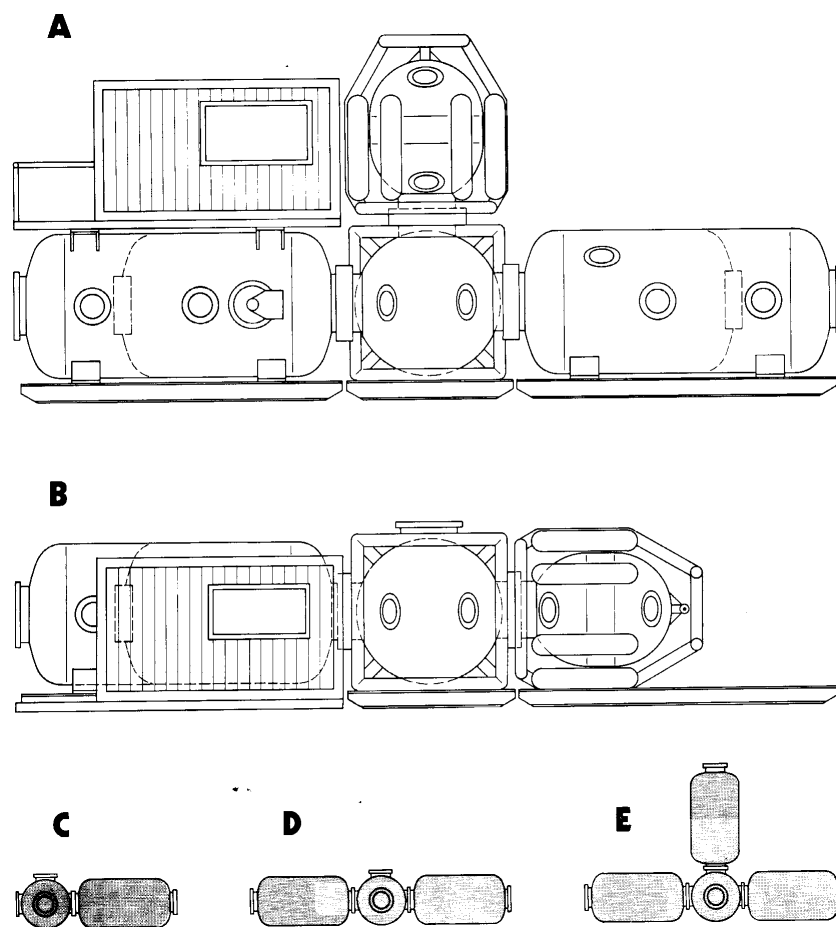
#### 4.3.3 CÁMARA DE TRANSFERENCIA. (DTC).

La cámara de transferencia es la unidad modular central de cualquier sistema de buceo a saturación. En pequeños sistemas, la cámara de transferencia puede ser la antecámara o cámara principal de descompresión. En sistemas más complejos, a esta cámara se conectará la campana de

buceo y las cámaras de descompresión en cubierta siendo el punto focal del sistema. Las cámara de transferencia se usa también para mantenimiento de los equipos de buceo, herramientas y accesorios y para proporcionar a los buceadores un sitio donde ponerse y quitarse sus trajes de buceo y llevar a cabo cualquier operación para la preparación y ejecución de la inmersión.

El tamaño de las DTC varía considerablemente, desde pequeñas esferas a grandes cilindros verticales.

El concepto modular por medio del cual las distintas unidades pueden ser ensambladas y posteriormente alteradas en varias configuraciones es un método costoso pero efectivo de adaptación a las diferentes situaciones.



**Fig. 4.9 Módulos de buceo a profundidad con transferencia superior y lateral.**

Un complejo modular desarrollado por Dräger permite por el diseño de la DTC que ésta sea de transferencia superior o lateral con girar la SCC 90°. La figura 4.9 nos muestra el sistema completo con varias configuraciones. En A, dos o más cámaras son conectadas a la DTC por la transferencia superior con la SCC, mientras que en la B, la SCC está girada 90° para transferencia lateral. Los tipos C, D y E nos muestran varias conexiones posibles.

El mecanismo de ensamblado normalmente es por dos o cuatro segmentos en U unidos por pernos. Este tipo de conexión ha sido probado con éxito y se emplea en los dos tipos de transferencia lateral y superior.

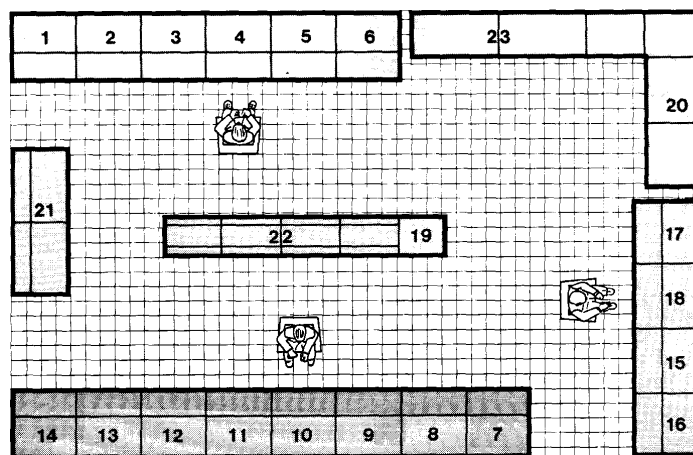
El sistema de fijación de los segmentos puede ser por cilindros hidráulicos con un sistema mecánico para mantenerlos fijos aun sin presión hidráulica.

Otros ensamblajes, usados por los americanos tienen un sistema de guía roscada atravesada por un perno en vez de cilindros hidráulicos.

#### 4.3.4 CENTRO DE CONTROL.

Desde aquí se puede controlar todo el sistema, operando las DCCs y DTC. El manejo de la SCC normalmente se hace donde la operación pueda ser controlada visualmente.

Los paneles de control están divididos por cámaras, con instrumentos apropiados para cada sistema.



*Fig. 4.10 Esquema del compartimento del control central de buceo del sistema de gran profundidad del buque "Artic Seal".*

1 al 14. Paneles de control de DCC., (presión, manómetros, válvulas, comunicaciones, TV., etc.

15 y 16. Paneles de control de la campana.

17 y 18. Paneles de control de transferencia.

19 y 20. Caja de conexiones eléctricas.

21. Panel de control de gases.

22 y 23. Panel de control del suministro de potencia eléctrica.

#### 4.3.5 PANEL DE CONTROL DE LA DCC.

La base del diseño para los paneles de control es que debe presentarse la información claramente sin fatigar la visión del controlador y sin que esté demasiado concentrada. La información vital, tal como la lectura de manómetros de precisión deben estar diseñados para que no le afecten las vibraciones y ser capaces de finos ajustes.

En inmersiones a saturación se necesitan ajustes muy finos de la presión para mantenerla en las paradas por largos períodos de tiempo y variarla lentamente entre paradas.

Existen calculadores para el control de la presión que manejan automáticamente las válvulas, aunque los operadores prefieren controlar las descompresiones manualmente. Para tener un alto grado de precisión, y como prueba de precisión de los manómetros, el sistema puede ser provisto de un medidor de flujo. Basado en el conocimiento del volumen de la cámara, la cantidad de muestra de gas que pasa por él en un tiempo dado, registrará exactamente la presión interna.

En la mayoría de las operaciones de buceo profundo son necesarias varias mezclas de gases. En una inmersión profunda a saturación se necesitan: aire comprimido, dos ó más mezclas distintas de helio-oxígeno, oxígeno puro y helio puro. Los gases seleccionados deben ser suministrados a cada cámara independientemente y cada sistema de gas debe ser diseñado con válvulas de corte en serie y válvulas de exhaustación intermedia (purgas) para evitar las mezclas residuales y suministrar la mezcla correcta sin error.

La instalación lleva válvulas de no retorno para evitar el retroceso de la presión desde la cámara al sistema de manipulación así como válvulas de seguridad timbradas y alarmas de exceso de presión. En el panel están representadas las indicaciones de los gases, sistema de controles fisiológicos, calefacción, humedad y temperatura. Hay también comunicaciones y televisión en todas las cámaras.

El diseño de un sistema de control de gases integrado con monitores y comunicaciones dentro del panel, con posibilidad para reproducir todos o parte de los datos seleccionados en un período de tiempo, debe como primera prioridad, considerar la necesidad de tener un fácil y rápido acceso a todos sus componentes para su mantenimiento y reparación.

#### **4.3.6 PANEL DE CONTROL DE LA DTC.**

Los paneles de control de la DTC son prácticamente iguales que los de las DCC. Tienen además dos válvulas con las que se pueden controlar la igualación de presiones cuando se transfiere los buceadores hacia y desde la campana y DCC.

#### **4.3.7 PANEL DE CONTROL DE LA SCC.**

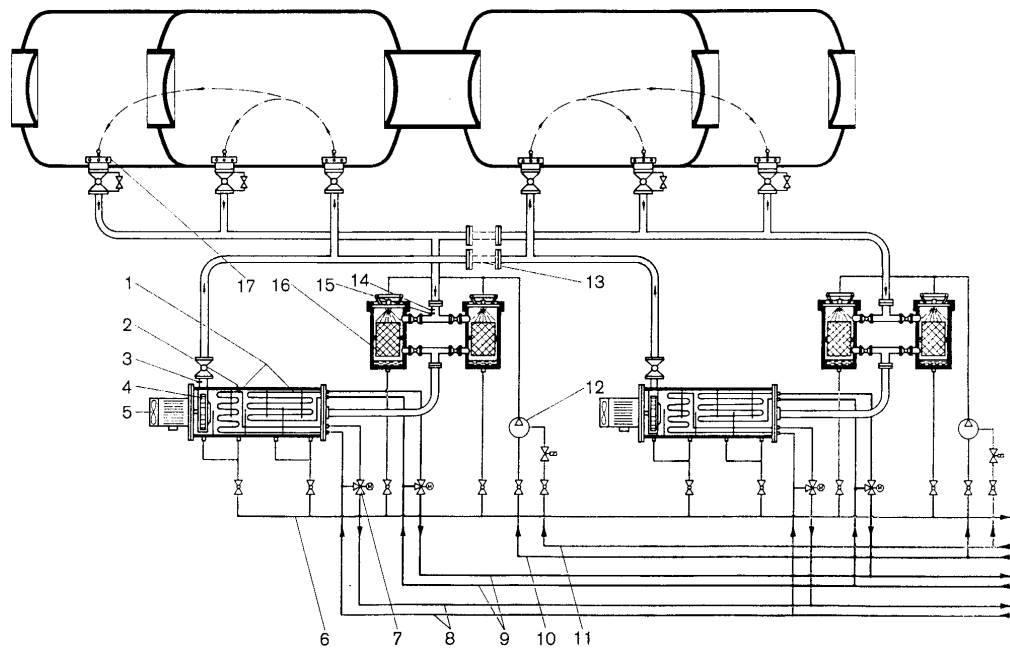
Además de la información presentada en los paneles de otras cámaras, los de la SCC indican también la presión interna y la exterior de la campana. Hay también, cuando éste existe, control sobre el circuito abierto de agua caliente que a través del umbilical calienta al buzo. Las reductoras de presión se instalan para pasar de los 200 Kg/cm<sup>2</sup> a 40 Kg/cm<sup>2</sup>. los gases respirables.

#### **4.3.8 PANEL CENTRAL DE SUMINISTRO DE GAS.**

Este panel indica las presiones de los gases disponibles, y con una válvula selectora puede cortar el suministro principal o suministrar el gas solicitado a los paneles de control de DDCs.

#### **4.3.9 SISTEMA DE CONTROL AMBIENTAL.**

El panel indicador de las medidas de los gases en las diferentes cámaras, es el corazón del sistema sustentador de vida. La figura 18 muestra, muestra un esquema de un control de atmósfera exterior de unas DDCs.



**Fig. 4.11** Sistema de control de atmósfera Dräger, LSS 500 para inmersiones a 500 metros.

1. Centro de intercambio de calor y humedad.
2. Interruptor de temperatura.
3. Sensor de temperatura.
4. Ventilador de alta presión.
5. Motor.
6. Tuberías de drenaje.
7. Válvula de control.
8. Agua caliente.
9. Agua de refrigeración.
10. Agua fría.
11. Aire de baja presión.
12. Bomba de inyección de agua a presión.
13. Bridas de conexión.
14. Sensor de temperatura.
15. Sensor de humedad.
16. Canister de absorbente de CO<sub>2</sub>, humedad y malos olores.

#### 4.3.10 PANEL DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.

Desde un panel separado del resto se distribuye la energía eléctrica para todo el complejo, incluida la potencia necesaria para el manejo de la campana. El grupo de emergencia normalmente es un generador diesel controlado a través de la caja de distribución.

#### 4.3.11 ALMACENAMIENTO DE GASES Y SU DISTRIBUCIÓN.

La cantidad y clase de mezclas son determinadas considerando los siguientes factores:

1. Máxima profundidad de la inmersión y números de buzos.

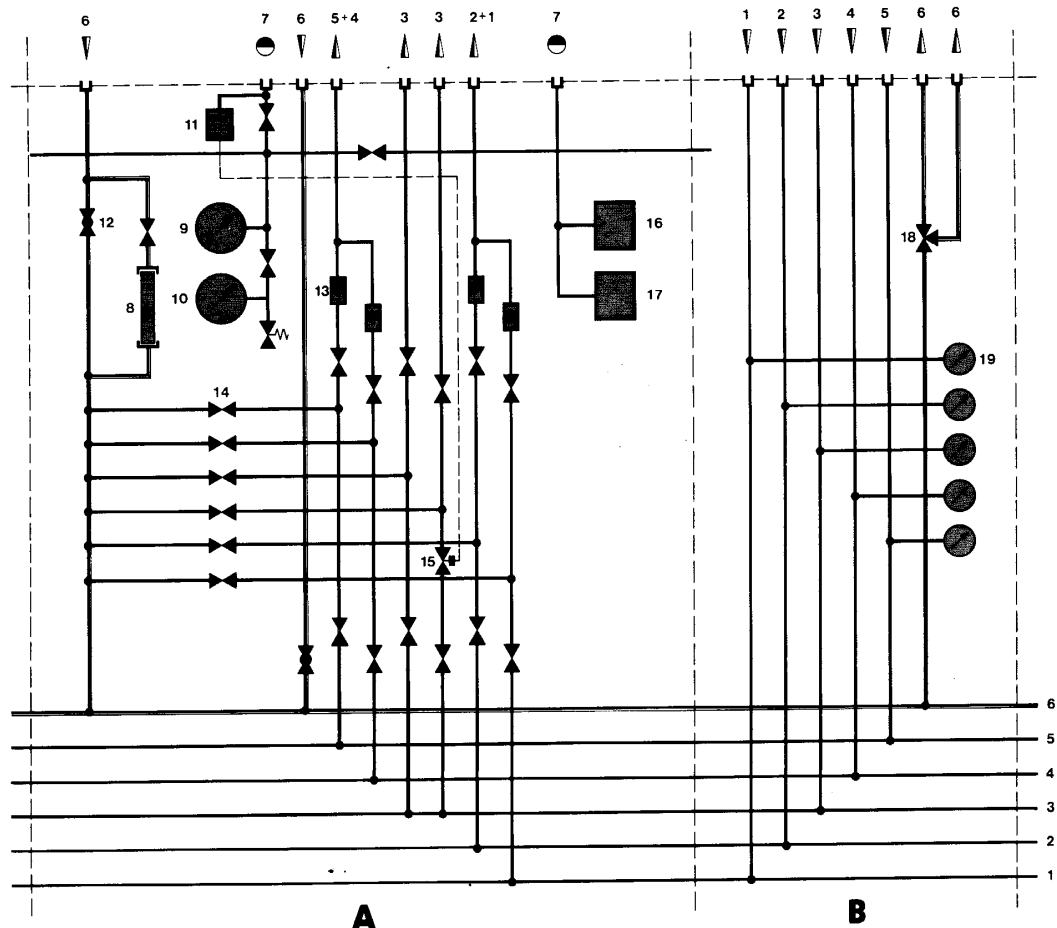


2. Volumen total y máxima presión operativa de todas las cámaras presurizables.
3. Tipo de inmersión (intervención o saturación).
4. Tipo de equipamiento (abierto, semicerrado, cerrado).
5. Máximo tiempo operativo de buceo.
6. Posibilidades de espacio.
7. Logística teniendo en cuenta el área de operaciones y posibilidades de reabastecimiento.
8. Necesidades del suministro de emergencia.

El tamaño y disposición del sistema de almacenamiento de gas es determinado por el tipo de inmersión afrontada, teniendo en cuenta las mismas consideraciones que para la elección del sistema de buceo. Las inmersiones de adiestramiento e intervención necesitan cortas descompresiones, mientras que las inmersiones con vista al mantenimiento y reparación de instalaciones profundas necesitan del buceo a saturación, y esto significa grandes sistemas de almacenamiento de gas.

Para inmersiones de intervención, el gas suministrado puede estar contenido en botellas de 50 litros colocadas convenientemente en un pequeño banco, el cual es fácilmente transportable y situarlo en cualquier hueco. Para las inmersiones a saturación se usan cilindros de más de 200 litros para suministrar el gas necesario para respiración y presurización de las cámaras. Todos los cilindros de almacenamiento tiene al menos una presión de trabajo de 200 bar.

Los sistemas de almacenamiento de gas ya sean de alta o baja capacidad están divididos al menos en 5 grupos. La figura 20 nos muestra el esquema de un típico sistema que podría suministrar gases a un complejo de buceo pequeño.



**Fig. 4.12** *Panel de control de un sistema de buceo a profundidad.*

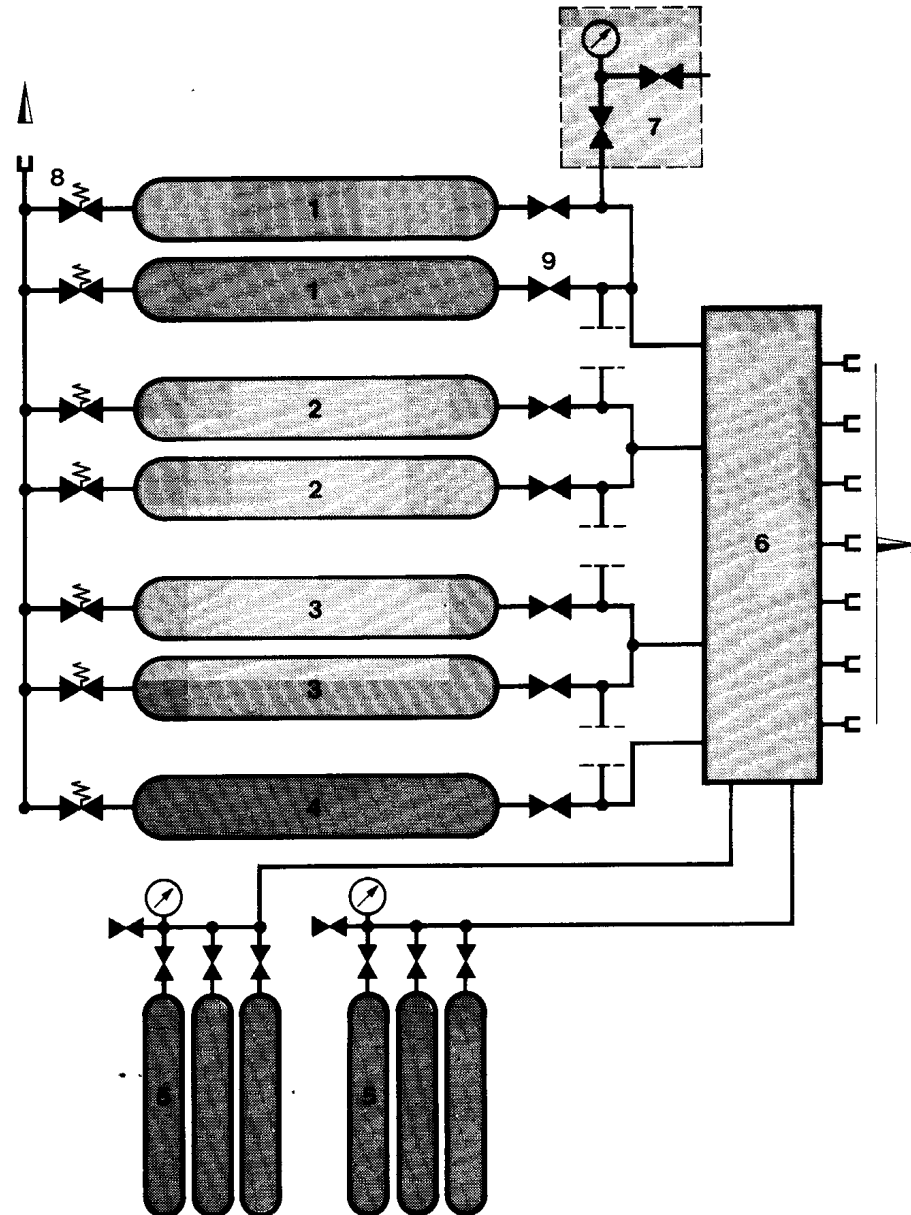
*A) Panel de control de la descompresión.*

*B) Panel de distribución de gases.*

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1. He-O <sub>2</sub> (200 Bar).      | 10. Manómetro para presiones pequeñas. |
| 2. He-O <sub>2</sub> (200 Bar).      | 11. Sensor de presión.                 |
| 3. O <sub>2</sub> (80 Bar).          | 12. Válvula de corte de gran caudal.   |
| 4. Aire (200 Bar).                   | 13. Válvula de un solo paso.           |
| 5. Helio (200 Bar).                  | 14. Válvula de corte.                  |
| 6. Exhaustación 1.                   | 15. Válvula solenoide.                 |
| 7. Exhaustación 2.                   | 16. Registrador de presiones.          |
| 8. Caudalímetro.                     | 17. Presostato.                        |
| 9. Manómetro para la máxima presión. | 18. Válvula de tres vías               |
|                                      | 19. Presión de gas en tubería.         |

#### 4.3.12 AIRE COMPRIMIDO.

Aunque el aire no se usa como mezcla respiratoria más allá de los 75 mts, tiene otros usos en un sistema de buceo profundo. Como gas portador de N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> el aire puede mezclarse con He para hacer la mezcla conocida como TRIMIX usada en inmersiones profundas y descompresiones. Para profundidades hasta 75 mts. se usa aire en las DCC y SCC y equipos respiratorios. En las inmersiones con suministro desde superficie, el aire le llega al buceador a baja presión a través del umbilical o alta presión a través de las botellas de emergencia.



*Fig. 4.12 Disposición de un banco de suministro de gases para un sistema de buceo profundo.*

1. Helio puro.
2. He-O<sub>2</sub>.
3. Aire comprimido.
4. Helio usado.
5. Oxígeno.
6. Cuadro suministro gas.
7. Panel de gases.
8. Válvula de seguridad.
9. Válvulas de corte.

### 4.3.13 ALMACENAMIENTO DE OXÍGENO.

El oxígeno es el gas fundamental para la vida. Una reserva de oxígeno puro nos vale para mantener una presión parcial de  $O_2$  ( $PO_2$ ) correcta mezclándolo con helio o nitrógeno. Respirado puro se usa en las descompresiones por encima de los 18 metros. Cuando se respira  $O_2$  puro se le suministra al buceador a baja presión, y como aumenta el riesgo de incendio hay que tomar grandes precauciones. Normalmente se suministra en botellas de 50 litros manejadas así en grupos debido al peligro del suministro desde grandes contenedores. Los grupos de botellas de oxígeno normalmente se guardan en espacios abiertos y ventilados, pero si es necesario estibarlas bajo cubierta se deberá dar al local una adecuada ventilación.

Además hay normas estrictas para aplicar al uso de materiales que pueden entrar en contacto con el oxígeno o con mezclas con más del 23%  $O_2$ . El oxígeno debe de ser reducido de alta a baja presión para su aplicación, no permitiéndose que entre oxígeno a alta presión en el sistema sostenimiento de la vida. Las líneas de oxígeno no deben tener codos agudos, pues una partícula metálica que se hubiese introducido en las líneas procedente de otro gas podría provocar en su choque, alguna chispa con el consiguiente riesgo de explosión. Cuando es necesario descargar oxígeno puro a través de una línea con codos agudos, hacerlo al aire libre y evitar riesgos de incendio. La práctica aceptada del no uso de ciertos hidrocarburos o grasas a través de todo el sistema de suministro de gases es particularmente importante para las líneas de suministro de oxígeno o mezclas con alto contenido de él. Para limpieza se recomienda el uso de agentes no tóxicos.

### 4.3.14 HELIO.

Grandes cantidades de éste, caro y casi acabado gas, se necesitan para la realización de las operaciones de buceo profundo y comprende al menos el 90 % del volumen total del gas consumido. Para economizarlo se usan sistemas de respiración a circuito cerrado y semicerrado, pero las cámaras y la campana también se presurizan con  $He-O_2$  y a veces no puede ser recuperado. El He puro se usa para hacer mezclas respiratorias, mezclándolo con  $O_2$  o aire.

### 4.3.15 HELIO-OXÍGENO (HE- $O_2$ ).

Cada inmersión profunda requerirá el uso de la mezcla apropiada teniendo en cuenta los límites de exposición a  $PO_2$  y la duración de la descompresión. Se tendrán normalmente dos mezclas distintas para cubrir las inmersiones hasta una cierta profundidad. Si hiciese falta modificar la mezcla se añadirá He puro u  $O_2$  puro para conseguir las proporciones deseadas, dando este método una gran flexibilidad y autonomía.

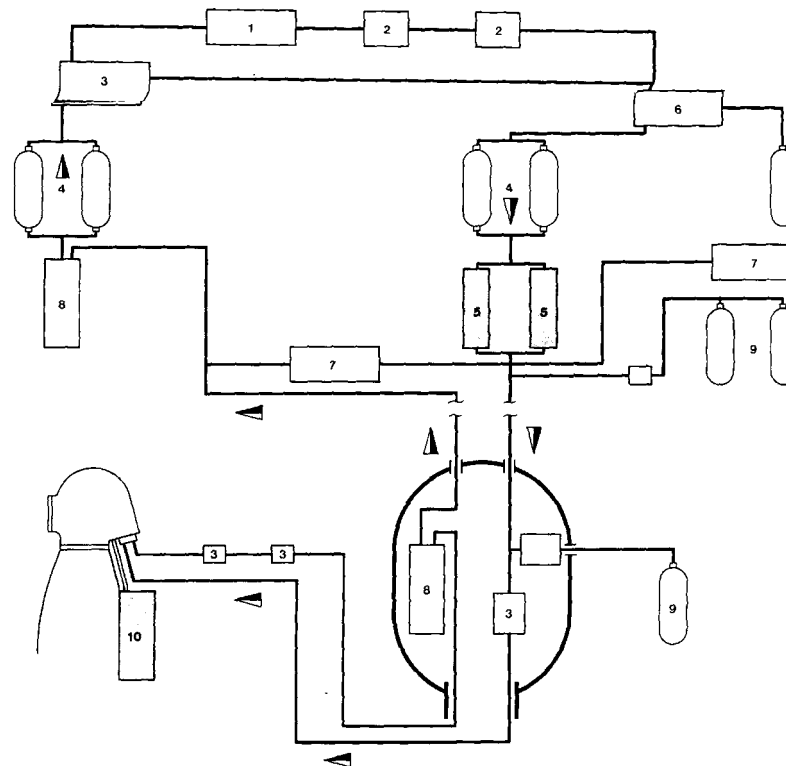
### 4.3.16 RECUPERACIÓN DE GASES.

Mientras la presión parcial de oxígeno ( $PO_2$ ) permanece constante, la proporción de helio aumenta con la profundidad, y en el buceo a saturación, la recuperación del gas durante la descompresión es económicamente aconsejable y atractiva, debido al alto costo del helio. Hoy día hay muchos ingenios para reciclar y volver a usar el gas como atmósfera respirable.

El buceo comercial ha llegado a ser muy competitivo usándose sistemas respiratorios de circuito cerrado en unión con sistemas de recuperación de gas. Los grandes volúmenes que salen de las cámaras son recogidos en un recipiente de gas, mientras un compresor bombea este gas usado al

interior de las botellas de almacenamiento de gas contaminado. Este gas, contiene nitrógeno junto con algo de  $\text{CO}_2$  y otras impurezas minoritarias tales como metano, CO y vapores orgánicos.

Una vez los gases han sido recogidos hay varios métodos de recuperar el helio. Un método es la purificación criogénica, donde el gas es enfriado alrededor de  $-195^\circ\text{C}$  y los gases y vapores distintos de he se condensan o licuan separándose del He mecánicamente. Como el proceso se ha llevado a cabo a alta presión no es necesario comprimir el gas después de purificarlo. Otro método es la absorción selectiva de gases y vapores, usando alúmina y técnicas moleculares. Ambos procesos tienen un rendimiento entre el 93 y 98% de helio, pudiéndose repetir obteniendo una pureza del 99% o más.



**Fig. 4.14** Sistema de reciclaje de gases en un complejo de buceo a gran profundidad.

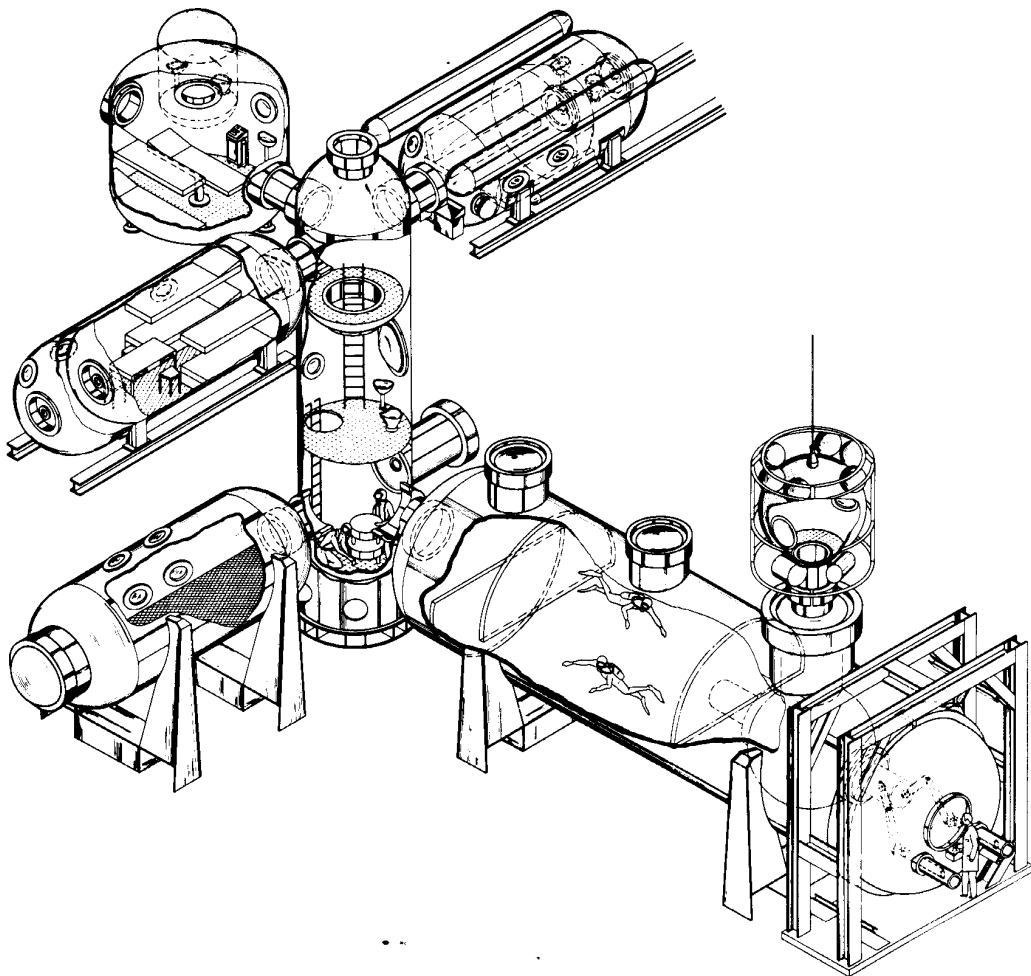
1. Compresor.
2. Filtro.
3. Regulador de presión.
4. Separador.
5. Absorbente.
6. Sistema de regulación de  $\text{O}_2$ .
7. Control de  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ .
8. Separador de agua.
9. Sistema de respiración de emergencia.

## CAPÍTULO 5

### SERVICIOS DE LA CÁMARA DE DESCOMPRESIÓN

#### 5.1 CÁMARAS DE DESCOMPRESIÓN (DDC).

Las cámaras de descompresión se usan para descompresiones normales en operaciones de buceo, para pruebas de aptitud, para entrenamiento e investigación y para tratamientos terapéuticos de enfermedades descompresivas.



*Fig. 46. Complejo hiperbárico de entrenamiento y de investigación GUSI de Alemania, construido por Drüger en 1982, para soportar presiones de hasta 100 bares. Está formado por varias cámaras de descompresión.*

Los requisitos mínimos que deben tener una cámara de descompresión son:

- A. Al menos dos compartimentos. (Cámara y antecámara).
- B. Espacio suficiente al menos en uno de los compartimentos para permitir a dos buzos acostarse en el interior; si la cámara va a ser utilizada durante más de 12 horas, las dimensiones interiores deben ser tales que permitan al buzo estar de pie.
- C. Adecuadas facilidades ambientales y de vida, tomadas teniendo en cuenta la necesidad de disminuir el ruido y el riesgo de incendio, buenas comunicaciones y adecuados servicios sanitarios.
- D. Una pequeña esclusa que permita el suministro de alimentos y medicinas.

Las cámaras empleadas para inmersiones a saturación debe permitir:

- Que la compresión en la cámara haya de ser como mínimo, igual a la de trabajo de los buzos en el agua.
- Que tenga un sistema de acoplo directo con la campana de buceo, para facilitar los procesos descompresión. (Cámara de transferencia).

Por regla general el diseño más utilizado es el cilíndrico horizontal y rara vez son esféricas o cilíndricas verticales. La configuración viene determinada:

- A) Tipo de operación de buceo (saturación/intervención).
- B) Número de buzos bajo presión.
- C) Tipo de buque donde se va a montar.

Idealmente la configuración de la cámara se debe diseñar al mismo tiempo que el buque que la monta, sin embargo la mayoría de los sistemas de buceo han sido incorporados a buques que no han sido diseñados como buque de buceo.

## **5.2 SERVICIOS**

### **5.2.1 SISTEMAS SANITARIOS.**

Cada complejo necesitará adecuar su instalación sanitaria, incluyendo el suministro de agua caliente y fría para los buceadores. El sistema contraincendios para un complejo de inmersiones a saturación normalmente va incorporado.

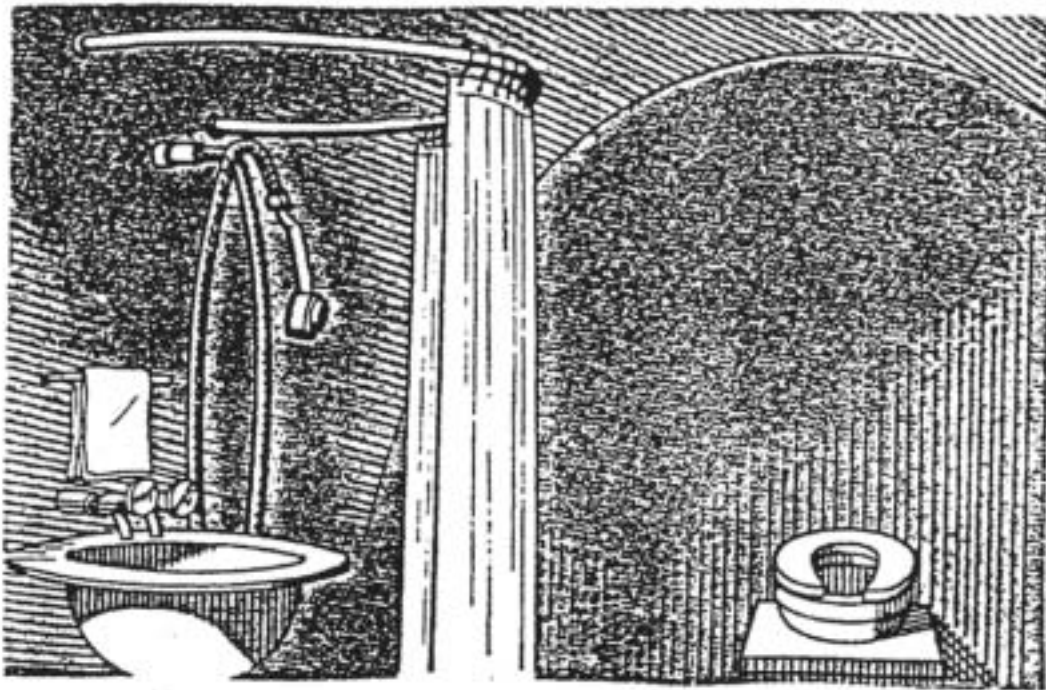
### **5.2.2 SISTEMA DE AGUA CORRIENTE.**

El agua corriente se suministra a través de un tanque central, manteniendo su presión interna con la mezcla respiratoria He/O<sub>2</sub>. Por medio de un regulador apropiado, el agua se mantiene con una ligera sobrepresión sobre la presión interna de la cámara donde debe de ser usada. El agua caliente se obtiene

haciendo pasar la fría por un calentador no presurizado. El agua fría y caliente van al lavabo y ducha, y la fría sólo al retrete.

### 5.2.3 AGUAS SUCIAS.

Todos los fluidos, las aguas de lavado y retrete son vertidas en un tanque presurizado fuera de la cámara principal, con una capacidad de 30-50 litros. El agua usada de la ducha pasa a la sentina de la cámara y desde allí, junto con los fluidos del retrete, se pasan a través de una conducción con doble válvula hacia el exterior de la cámara a un tanque de colector, el cual desagua a un tanque común que descarga al mar a presión normal.



*Fig. 5.2 Servicios sanitarios en una cámara. Normalmente se colocan en la antecámara o cámara de transferencia.*

### 5.2.4 SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE.

El agua caliente para calefacción de los buceadores y la SCC es también suministrada desde la central y puede ser dulce o salada. Normalmente se usa agua salada si ésta no es recirculada. El agua fluye a través de la manguera aislada del umbilical, y después de pasar por el radiador de la SCC y por los trajes de los buzos se descarga al mar. El sistema de agua caliente debe tener una conexión que permita el uso de otro sistema en caso de fallo.

### 5.2.5 SISTEMAS CONTRAINCENDIOS.

Son poco conocidos los efectos fisiológicos de los extintores si son usados en cámaras hiperbáricas bajo presión. Hay que asumir que aunque sean efectivos, ya que extinguen el fuego, podrían contaminar la atmósfera de la cámara y ser peligrosos. Se ha propuesto el uso de gases inertes tales como Helio para extintores de gas de las cámaras, pero hay algunos problemas. Si el gas inerte



no es Helio, una parte de él se disolverá en los tejidos de los buceadores provocando problemas fisiológicos desconocidos, incluyendo la posibilidad de narcosis y puede incluso ser tóxico. El uso de gas inerte, llevará consigo también un aumento de presión.

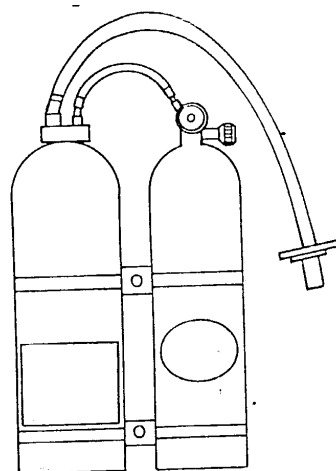
El fuego en una cámara hiperbárica requiere una fuente de ignición y un combustible y el riesgo es grande dada la densidad de las moléculas de oxígeno que es el comburente. Cuando el porcentaje de oxígeno está por debajo del porcentaje a presión atmosférica 21%, el riesgo decrece y puede en algunos casos ser inexistente.

Cuando la presión parcial de  $O_2$  aumenta, en la misma medida lo hace el riesgo de incendio y se puede provocar una combustión espontánea si existen combustibles apropiado. Por consiguiente, aunque en el buceo con mezcla de gases el riesgo de incendios es bajo, el uso de mezclas con alto contenido de  $O_2$ , u  $O_2$  puro para descompresiones normales o terapéuticas, necesita mucha precaución y el uso de mascarilla con exhaustación al exterior. Si se produce un incendio en una cámara presurizada con una mezcla de He, se propagaría rápidamente debido a la alta conductividad térmica del He.

En cámaras con aire comprimido el riesgo es considerablemente más alto que con mezcla de gases y los ocupantes normalmente serán incapaces de hacer algo para sofocar el fuego ni incluso pedir ayuda, es por lo tanto esencial que un sistema detector de incendios sea virtualmente instantáneo, activando unos extintores seguros, y no debe ser sensible a ningún otro cambio ambiental sino el producido por un fuego incipiente. El desarrollo de equipos detectores de infrarrojos para detectar elevadas temperaturas, es un método efectivo para la detección del fuego.

El extintor más efectivo es el de agua, y la mejor técnica posible es forzar el agua a alta presión a través de orificios de niebla que produzcan una atmósfera supersaturada. El agua debe estar tan fría como sea posible. No se debe usar agua salada pues, siendo conductora podría iniciar una reacción electrolítica con la fuente del fuego, produciéndose gases peligrosos, por ejemplo hidrógeno. El agua salada puede también complicar el tratamiento de las quemaduras de los buceadores.

El diseño deberá permitir la entrada de 2000 litros de agua almacenada con una sobrepresión de 10 bar sobre la máxima presión operativa de la cámara al activarse el detector de incendios. El sistema debe ser capaz también de poderse operar desde el interior y/o el exterior. Idealmente el sistema debe ser selectivo para su uso sólo en cámaras afectadas. En el caso de incendio en la SCC, si es posible, puede usarse la ducha.



**Fig. 5.3** Extintor de agua y gas compatible con la cámara hiperbárica.

## CAPITULO 6

### EL MANEJO DE LAS CÁMARAS.

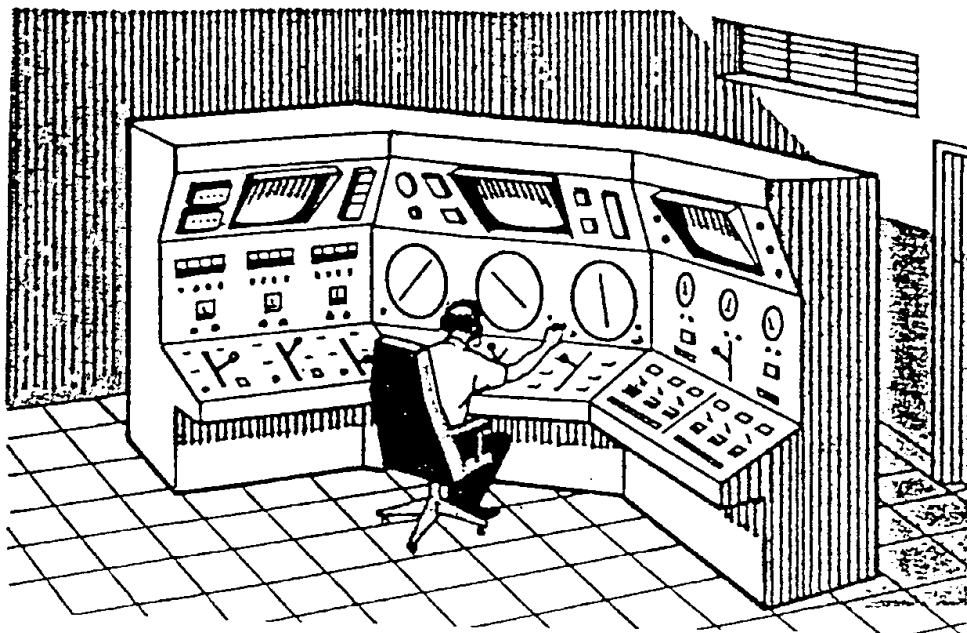
#### 6.1 EL OPERADOR

Los operadores de los sistemas de buceo son los responsables de mantener el interior de las cámaras y campanas de buceo, en las mejores condiciones de vida. Estos cuidados son el mantenimiento constante de los niveles de oxígeno correcto, mantenimiento del nivel del dióxido de carbono al mínimo y controlar la temperatura y humedad. Incluye también el manejo de la cámara en las fases de compresión y descompresión.

Se trata de un puesto de mucha responsabilidad que requiere un alto nivel profesional, esencial para mantener con vida y en perfecto estado a los buzos.

El operador debe mantener un estado de control de todo el sistema, examinando cada detalle y valorándolo; ¿hay algún riesgo de incendio?, ¿hay algún riesgo de toxicidad?, ¿hay algún riesgo para la salud del buzo?, ¿hay algún riesgo de presión?, ¿hay algún riesgo de pérdida de presión?, etc..

La siguiente información pretende ser solamente una guía personal, cuyos procedimientos deben tenerse siempre presentes.



*Fig. 6.1 Control de la inmersión.*

#### 6.2 CONTROL DEL TIEMPO Y PROFUNDIDAD.

**Control del tiempo:** Se necesita medirlo siempre exactamente al segundo si es posible. El control de los relojes, ya sean analógicos o digitales, deben ser en tiempo local.

**Control de profundidad:** Los profundímetros y manómetros requieren calibraciones frecuentes. En la práctica se adopta como estándar la medida en M.C.A. (metros de columna de agua), donde 10 M.C.A. equivalen a 1 bar. La legislación en muchos países establece las normas sobre la frecuencia y exactitud de la calibración. Lo normal es que se realice anualmente.

Todas las cámaras hiperbáricas tendrán manómetros adecuados en el interior y exteriormente en el cuadro de control. Es aconsejable que posean una triple lectura en m.c.a., pies, y Kilogramos por centímetro cuadrado

## 6.3 COMPOSICIÓN DE LOS GASES.

### 6.3.1 COMPOSICION DEL AIRE.

La composición del gas de la cámara deberá ser lo más parecida posible a la composición del aire atmosférico, a no ser que el supervisor de la inmersión ordene un distinto proceder.

**TABLA 6.1 COMPOSICIÓN DEL AIRE**

¡Error! Marcador no definido.	Composición	Márgenes
Oxígeno	20,946 %	20-22 %
Nitrógeno	78,084 %	78-80 %
Dióxido de carbono.	0,033 %	Menos de 0,005 bar
Humedad relativa	50-60 %	50-80 %

### 6.3.2 COMPOSICION DE LA MEZCLA HE-O<sub>2</sub>:

Oxígeno: 0,2 - 0,6 bar, tolerancia  $\pm$  0,10 bar.  
 Nitrógeno: Menor de 0,10; por encima de 0,8 bar debe de considerarse "Trimix".  
 Dióxido de carbono: Menor de 0,005 bar.  
 Helio: Permanente.  
 Humedad relativa: 50 - 60 % preferida, 50 - 80 % tolerable. Menor para profundidades mayores de 300m.

### 6.3.3 COMPOSICION DE LA MEZCLA DE HE-O<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> (TRIMIX).

Como en el caso anterior, el nitrógeno contenido será especificado en cada porcentaje del volumen o presión parcial constante. Si el porcentaje de  $\pm$  0,5 ha sido llevado a cabo; si la presión parcial es de  $\pm$  0,1 bar.

**NOTA:** Estos datos han sido recopilados del libro *The Professional Diver's Handbook*

## 6.4 CONTROL DEL OXÍGENO.

Hay que mantener un control muy estricto de los niveles de oxígeno por una serie de razones importantes:

- Para abastecer los requerimientos corporales del buceador.
- Para evitar la hipoxia.
- Para evitar la toxicidad por oxígeno.
- Para mantener la efectividad de la tabla de descompresión.
- Para minimizar el riesgo de incendio.

Los procedimientos acompañantes especificarán los niveles de oxígeno requeridos, que se deben mantener en los diferentes estadios de una inmersión.

El oxígeno se debe adicionar cuidadosamente para mantener los niveles correctos. Hay que tener un cuidado especial en asegurar la mezcla del oxígeno y tomar las precauciones por el riesgo de incendio.

El oxígeno en la cámara no debe superar el 25% . La demanda de oxígeno dependerá del número de ocupantes y de la actividad física.

En general, las presiones parciales de oxígeno elevadas pueden tener ventajas tales como:

- Tiempos de descompresión menores.
- Reducción de la incidencia de Bends.
- Mayor tolerancia a una repentina interrupción suministro del gas.

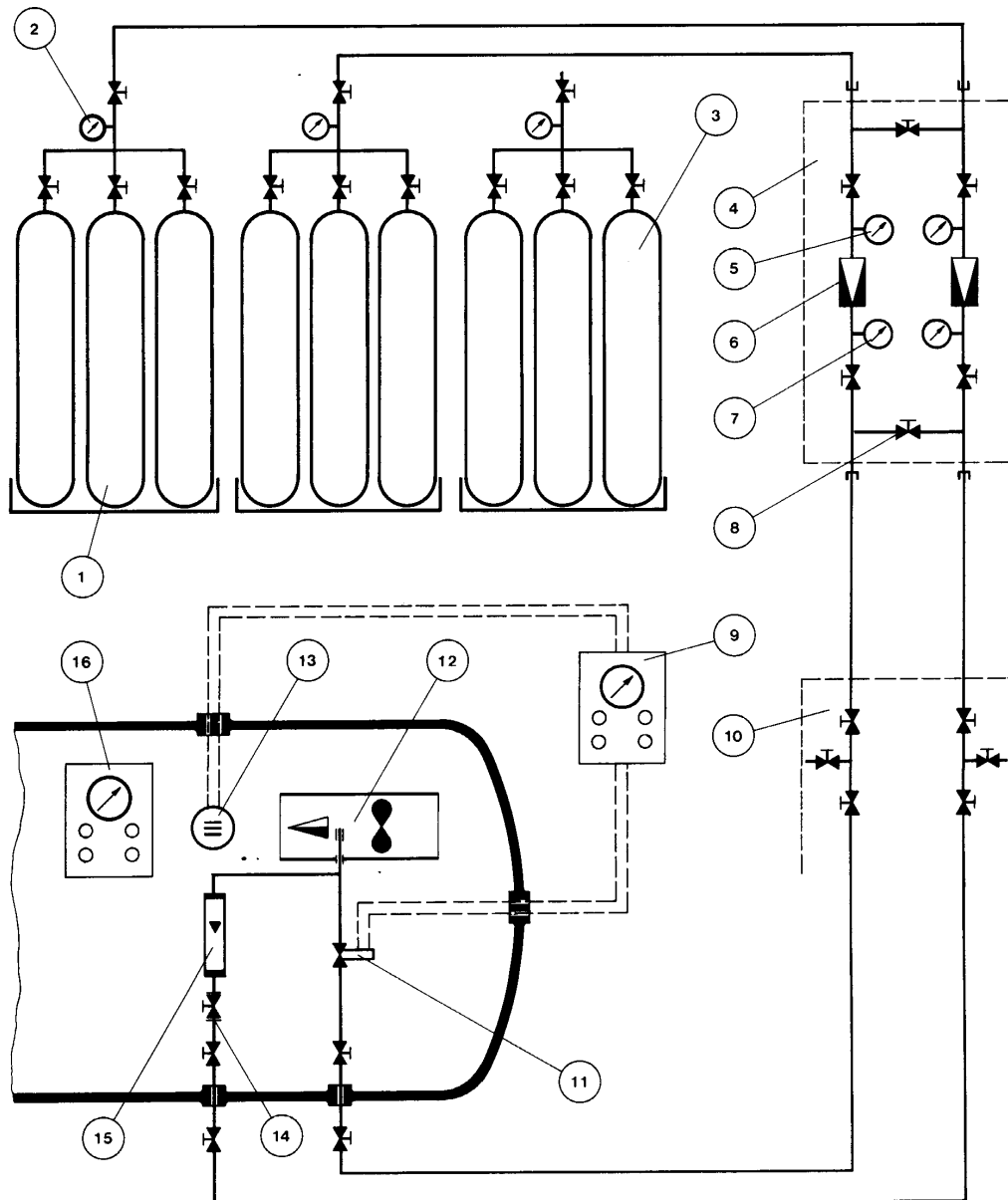
Pero hay unos límites superiores impuestos debido a:

- Puede aparecer intoxicación por oxígeno.
- El riesgo de incendio puede ser alto a profundidades menores de 50 metros.

El tiempo de exposición a presiones parciales de oxígeno altas se debe disminuir en el rango mayor para evitar la intoxicación por oxígeno.

Se instalarán en la cámara los sensores necesarios para medir la concentración o la presión parcial de oxígeno. Instalar un sistema de alarma visual y acústico para evitar un peligro en el caso de que la presión parcial de oxígeno se desvíe de los valores aceptables.

Las cámaras y campanas irán equipadas con un sistema de respiración por mascarilla (BIBS) para administrar oxígeno o mezclas terapéuticas y también es necesario como sistema de seguridad por si ocurriera un incendio o una contaminación de la atmósfera de las cámaras.



*Fig. 6.2 Suministro de oxígeno a cámara de un sistema de buceo a gran profundidad.*

- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| 1. Botellas de O <sub>2</sub> .  | 9. Medidor de O <sub>2</sub>              |
| 2. Manómetro de O <sub>2</sub> . | 10. Panel de control.                     |
| 3. Oxígeno de reserva.           | 11. Válvula solenoide.                    |
| 4. Panel de O <sub>2</sub> .     | 12. Ventilador.                           |
| 5. Manómetro HP.                 | 13. Sensor de O <sub>2</sub> .            |
| 6. Regulador de presión.         | 14. Válvula de ajuste fino.               |
| 7. Manómetros de HL.             | 15. Caudalímetro.                         |
| 8. Válvula intercomunicación.    | 16. Medidor de O <sub>2</sub> . interior. |

## 6.5 CONTROL DEL ANHÍDRIDO CARBÓNICO.

El anhídrido carbónico se debe mantener a unos niveles muy bajos para el confort y seguridad de los ocupantes.

En la cámara de descompresión se debe mantener un nivel de anhídrido carbónico, normalmente, por debajo de 5 mb, mientras que en torreta se puede aceptar para períodos cortos un nivel un poco mayor de 10 mb. Si el nivel es superior a 50 mb se debe emplear máscara con absorbente de anhídrido carbónico hasta que el nivel retorne a la normalidad.

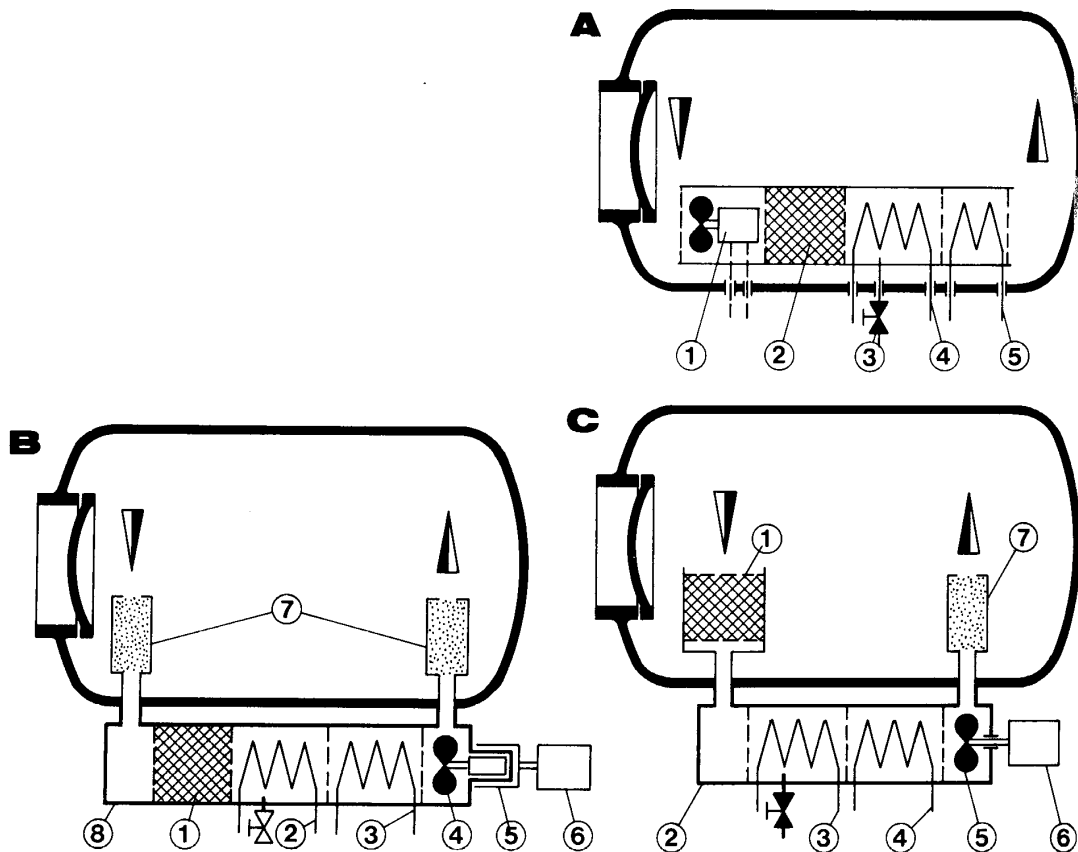


Fig. 6.3 Sistemas básicos de un sistema sustentador de vida (Life-Support-Systems LSS).

- A.- LSS interior.
- B.- LSS exterior.
- C.- LSS semi interior-exterior.

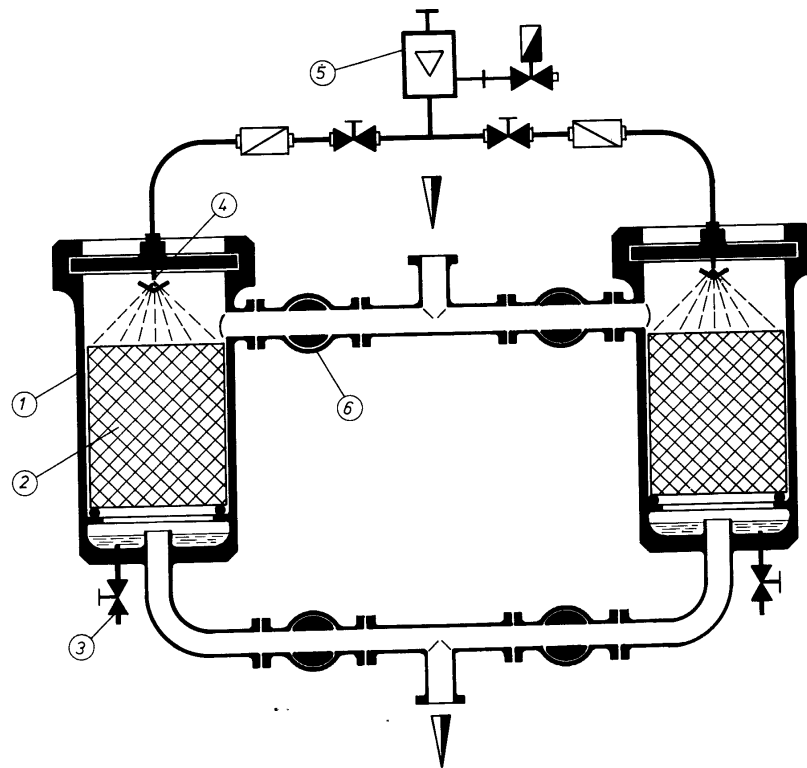
## 6.6 CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS.

La mayoría de los análisis de gas contemplan únicamente la monitorización del oxígeno y anhídrido carbónico. Sin embargo, a veces pueden aparecer otros gases. Estos pueden tener una gran toxicidad, incluso a niveles muy bajos, y por lo tanto se deberían realizar otras pruebas para disminuir el riesgo de tales percances. Estas pruebas se pueden realizar mediante tubos Dräger o instrumentación electrónica.

El principal problema para la pureza del aire es el monóxido de carbono, vapores de aceite, y diversos contaminantes.

El monóxido de carbono se puede haber introducido en el sistema de aire por la admisión, pero el sobrecalentamiento de los componentes lubricados con aceite puede también generar monóxido de

carbón. La contaminación por monóxido de carbono se puede controlar colocando la toma de aire de los compresores en un lugar cuidadosamente elegido (alejado de la exhaustación del compresor, chimeneas, etc.) y con un mantenimiento apropiado del compresor. En todos compresores se necesita un sistema de refrigeración.



**Fig. 6.4 LSS exterior a la cámara con sistema de absorción de CO<sub>2</sub> y humidificador.**

- |   |                      |
|---|----------------------|
| 1. Canister con absorbente de CO <sub>2</sub> . | 4. Atomizador.       |
| 2. Rejilla con absorbente de CO <sub>2</sub> .  | 5. Bomba de HP.      |
| 3. Purga de agua.                               | 6. Válvulas de paso. |

Para detectar el monóxido de carbono podemos emplear unos tubos indicadores colorimétricos baratos (Dräger, MSA, Bendix/Gastex) o analizadores continuos de infrarrojos. En general, incluso niveles muy bajos de monóxido de carbono en el sistema de aire se deben considerar inaceptables. Cuando no se pueda eliminar la fuente de monóxido de carbono, por ejemplo, en ciudades con polución por los automóviles, se puede recurrir a un sistema filtrador.

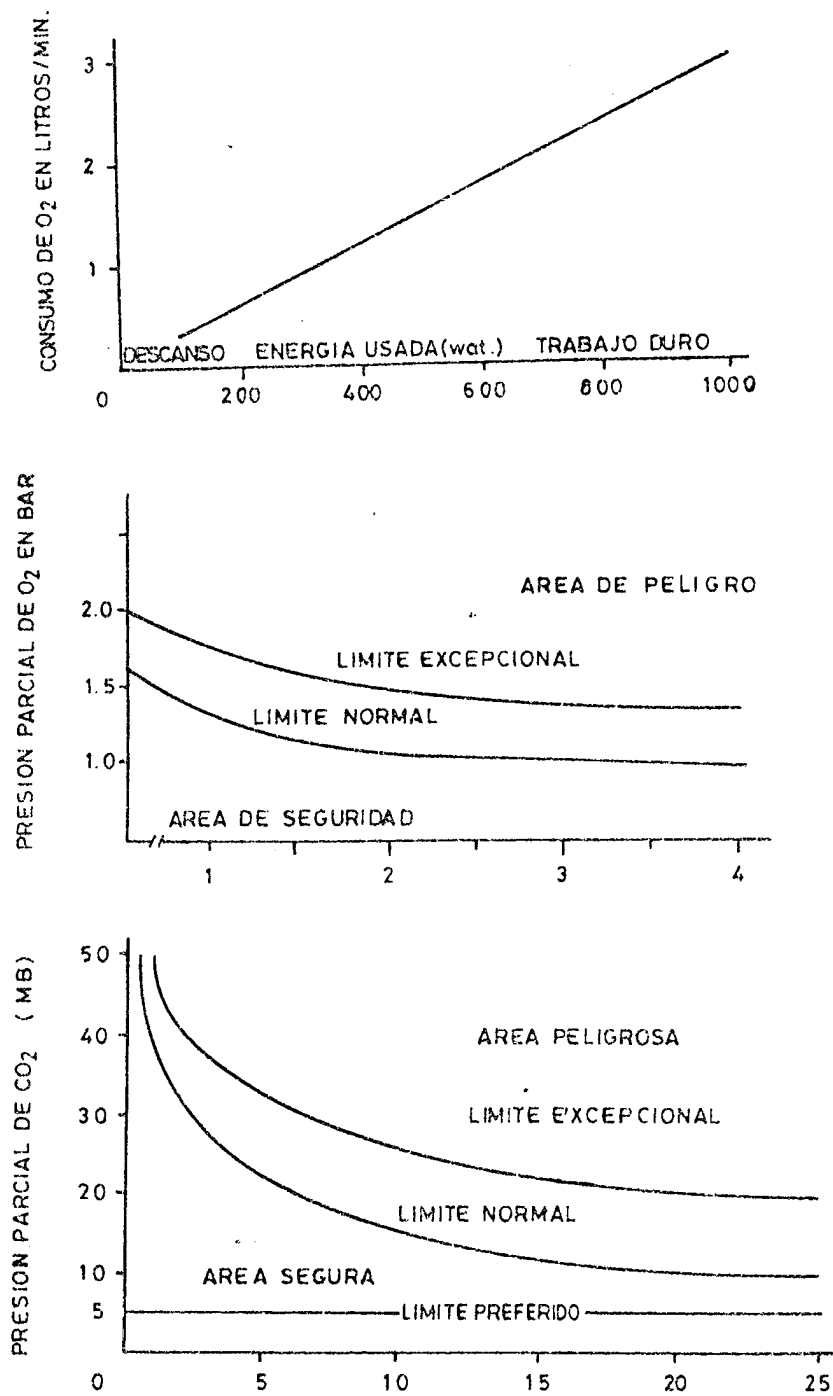
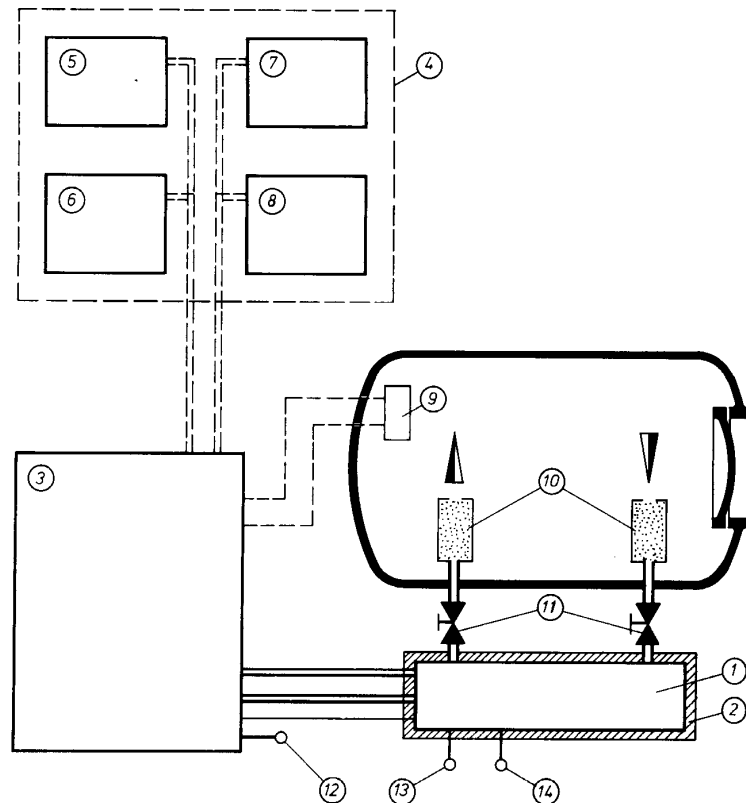


GRAFICO 6.1

- A. Cantidad de O<sub>2</sub>. consumidos por un buzo en varios niveles de trabajo.
- B. Límites superiores de O<sub>2</sub>. normal y excepcional, en el gas respirado.
- C.- Límites superiores de CO<sub>2</sub>. normal y excepcional en el gas respirado.



Los vapores de aceite y otras partículas se pueden eliminar mediante filtrado. En los compresores lubricados con aceite, que suministren aire a la cámara o a los sistemas de respiración, hay que realizar un mantenimiento exhaustivo de los filtros. Hay que eliminar el aceite del aire respirable tanto por motivos de salud como para prevenir incendios.



**Fig. 6.5 Diagrama de bloque, de un LSS exterior.**

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 1. Absorbente de CO <sub>2</sub> . | 8. Plotter de humedad.                 |
| 2. Aislante.                       | 9. Sensor de temperatura - humedad.    |
| 3. Refrigerador.                   | 10. Silenciador.                       |
| 4. Panel de control.               | 11. Válvulas de corte.                 |
| 5. Temperatura.                    | 12. Conexión eléctrica.                |
| 6. Plotter de temperatura.         | 13. Conexión agua atomizador.          |
| 7. Humedad.                        | 14. Conexión eléctrica del calentador. |

Puede ser que una muestra de gas tomada de una botella no muestre la presencia del aceite debido a que éste se puede haber condensado en la botella antes del análisis. Podemos detectar el aceite pasando una cantidad grande de aire a través de un filtro previamente pesado y luego volverlo a pesar. Una prueba simple aunque no cuantitativa es pasar un algodón por el interior del tubo de salida y examinarlo después con luz ultravioleta, el aceite será fluorescente. No se debe pasar por alto el valor de la inspección visual. Si el suministro de aire muestra aceite o partículas contaminantes hay que limpiar las baterías de botellas y el acumulador después de corregir la fuente de contaminación (filtro y/o compresor). La limpieza la realizaremos con un detergente alcalino enjuagándolo después con agua caliente y secándolo con aire. Mantener adecuadamente el filtro de admisión en todos los compresores de aire.

Hace algunos años se achacó un incendio ocurrido en una cámara de descompresión de buceo al aceite procedente del compresor, pudiéndose observar dicho aceite en el interior del silenciador de la

cámara y la ignición se produjo probablemente por el impacto del aire. Un factor coadyuvante en este accidente en particular fue una concentración elevada de oxígeno causada por un mal funcionamiento del sistema de respiración de oxígeno.

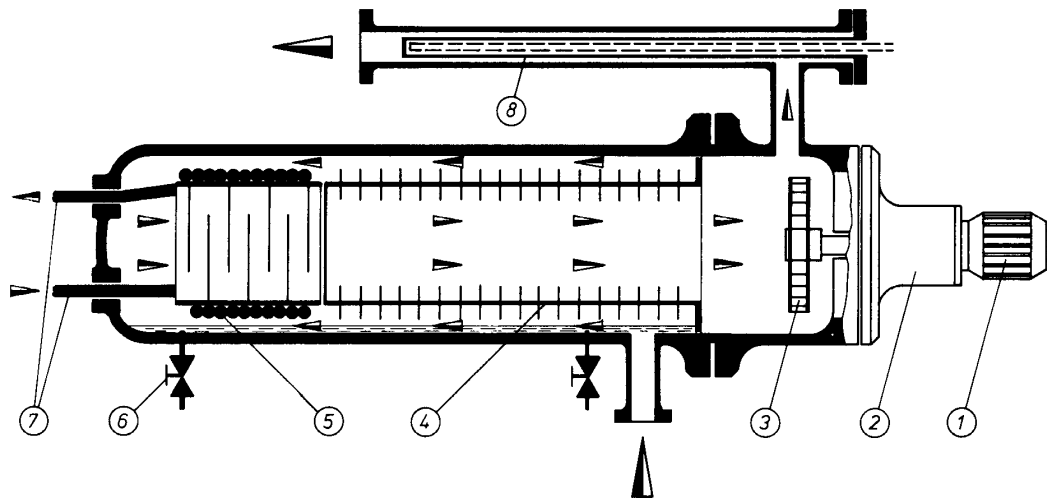


Fig. 6.6 Bomba de circulación de gas hiperbárico.

- |                        |   |
|------------------------|---|
| 1. Motor eléctrico.    | 5. Refrigerador                           |
| 2. Embrague magnético. | 6. Purga de agua.                         |
| 3. Rotor de la bomba.  | 7. Entrada y salida líquido refrigerador. |
| 4. Recuperador.        | 8. Calentador.                            |

Una vez instalada la cámara hay que comprobar la pureza del aire, también tras cualquier cambio en las tuberías o componentes, y periódicamente (anualmente o semestralmente) después de esto. Las comprobaciones para aceites y monóxido de carbono las realizaremos cada uno o dos meses al menos. En los sistemas criogénicos de suministro, hay que monitorizar constantemente la concentración de oxígeno.

Los niveles de pureza del aire establecidas por varias agencias son, en general, similares. En la Tabla II, se recoge un grupo de valores máximos permitidos en cámara hiperbárica.

## 6.7 FOCOS DE GASES TÓXICOS.

Aparte de los ya mencionados para el monóxido de carbono y aceites, podemos distinguir en primer lugar el aislamiento eléctrico y otros materiales sobrecalentados o candentes. El sobrecalentamiento puede causar humo sin fuego. Los componentes de los humos pueden ser altamente venenosos. Afectan a los ojos, pulmones y piel. Cuando se absorben al torrente sanguíneo pueden atacar el sistema nervioso y rápidamente incapacitar al individuo. Muy pequeñas cantidades pueden ser suficientes para incapacitar. Cantidades un poco mayores pueden ser fatales.

**TABLA 6.2 NIVELES MAXIMOS DE CONTAMINANTES DEL AIRE DE LAS CAMARAS DE DESCOMPRESION.**

CONTAMINANTE	NIVEL MAXIMO
Concentración de oxígeno	20-22% por volumen
Anhídrido carbónico	0,05% por volumen (500 ppm)
Monóxido de carbono	0,001% por volumen (10 ppm)
Hidrocarburos gaseosos (Ej. metano, etano)	0,0025% por volumen (25 ppm)
Disolventes halógenos	0,00002% por volumen (0,2 ppm)
Aceites	0,005 mg/litro
Agua total	0,3 mg/litro
Olor	Ninguno

Algunos de los gases venenosos que se pueden formar son:

- Amoníaco
- Anhídrido carbónico
- Acido clorhídrico
- Acido cianhídrico
- Acido fluorhídrico
- Dióxido de nitrógeno
- Dióxido de azufre.

Algunos de los materiales de los sistemas de buceo en general que pueden producir estos gases son: Cloruro de polivinilo, ABS (acrilonitrilo butadieno estireno), Poliestireno, poliéster, poliuretano, fenol formaldehído, lana, seda, acrílicos, goma, nylon, politetrafluoroetileno.

También tenemos los gases producidos por el arco eléctrico. Aparte del ozono y óxidos de nitrógeno, la mayoría de estos productos no dan problemas a corto plazo, pero períodos largos de exposición podrían ser un problema.

Otros gases adicionales que pueden aparecer son:

- Acetona
- Acetileno

- Benceno
- Alcohol etílico
- Hidrógeno
- Metano

Además de otros hidrocarburos y varios halógenos.

**TABLA 6.3 TOXICIDAD RELATIVA DE GASES CONTAMINANTES**

<b>GAS</b>	<b>CANTIDAD QUE PRODUCE MUERTE LA RAPIDA (ppm)</b>	<b>CANTIDAD TOLERABLE POR CORTO TIEMPO (ppm).</b>	<b>VALOR UMBRAL LIMITE</b>
NH <sub>3</sub>	+	+	25
CO	4.000 – 5.000	400 – 500	50
CIH	1.000 – 2.000	50 – 100	5
CNH	100 – 300	+	10
FH	50 – 250	+	3
SH <sub>2</sub>	800 – 1.000	20	10
NO <sub>2</sub>	200 – 700	+	5
SO <sub>2</sub>	400 - 500	50	5

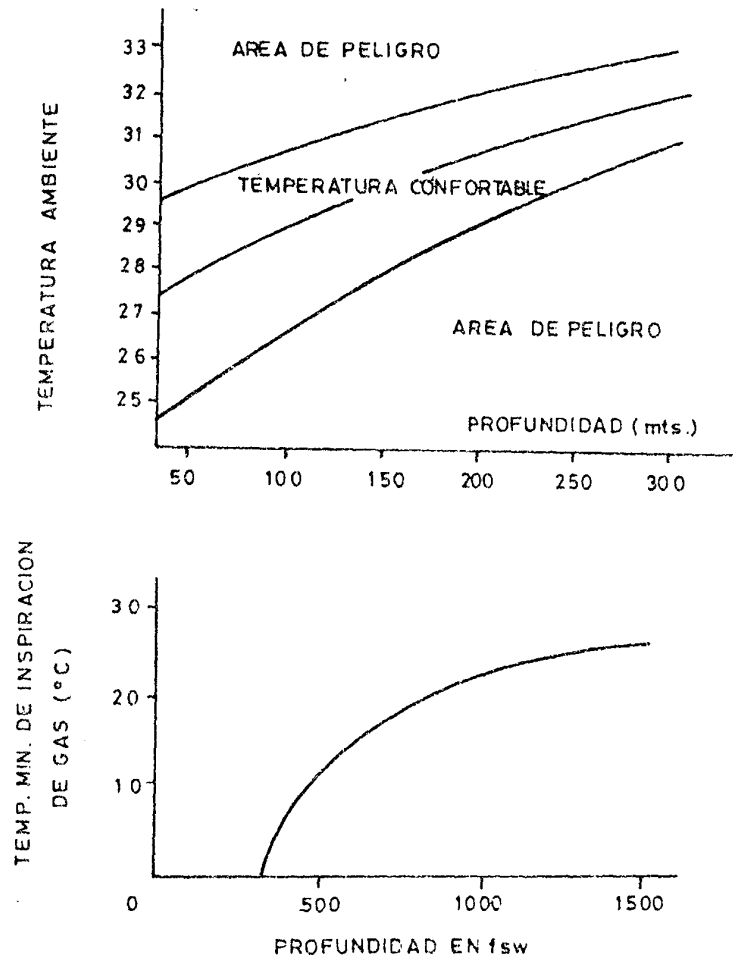
+ No hay información disponible.

## 6.8 CONTROL DE TEMPERATURA.

Los niveles de temperatura de la cámara se ajustan de acuerdo a los requerimientos para el confort de los buceadores, conforme se incrementa la profundidad, el rango de temperatura confortable se reduce a un margen de un grado alrededor de los 300 metros.

Se requiere un gran cuidado no sólo para mantener el confort, sino también para evitar el riesgo de sobrecalentamiento (hipertermia) y enfriamiento (hipotermia). Se necesitan procedimientos de emergencia para atender a los accidentes derivados de ambas condiciones.

A manera de ejemplo, en el Gráfico N°2, podemos ver cómo la temperatura del gas respirado por un buceador en el agua también aumenta su importancia conforme se incrementa la profundidad. Es por esto que la normativa de Gran Bretaña requiere el calentamiento del traje del buceador a partir de 50 metros de profundidad.

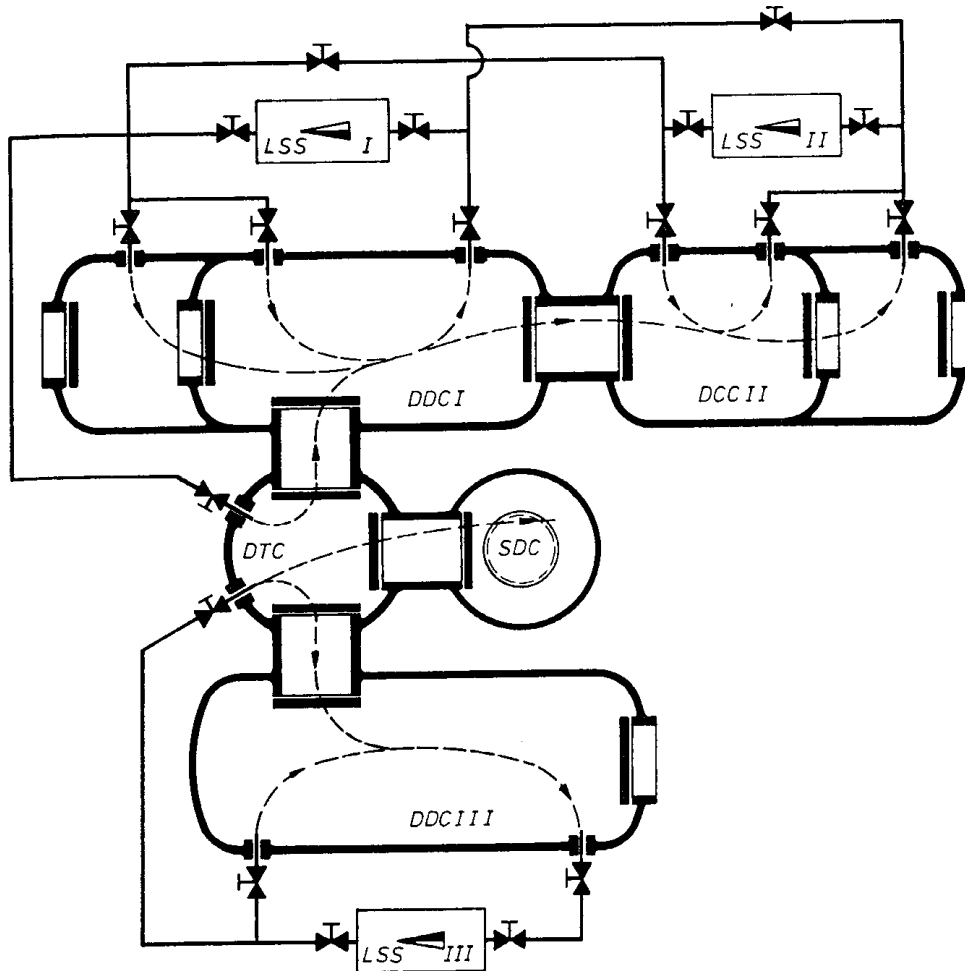


**GRAFICO 6.2**

- A. Rango de confort térmico con mezclas He-O<sub>2</sub>.
- B. Temperatura mínima para He-O<sub>2</sub> inspirado.

## 6.9 CONTROL DE HUMEDAD.

La humedad relativa de la cámara se debería mantener aproximadamente entre 50-60%. Períodos prolongados fuera de este rango pueden causar problemas respiratorios. La humedad atmosférica alta reducirá la tolerancia a los cambios de temperatura e incrementa el riesgo de infecciones.



*Fig. 6.7 Sistemas LSS conectados a un complejo hiperbárico compuesto por varias cámaras hiperbáricas.*

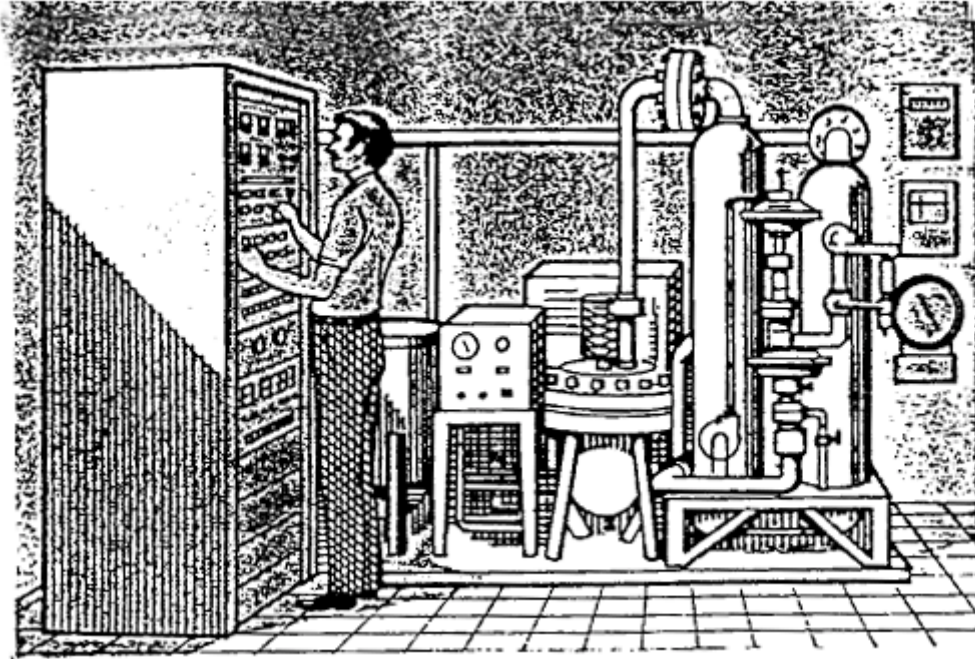
El problema principal del control de la humedad es mantenerlo bajo. Aparte del uso de deshumificadores, los ocupantes de la cámara tendrán cuidado de evitar incrementos de humedad innecesarios. Esto incluye el uso prudente de la ducha; y guardar los equipos húmedos en un compartimento separado de la cámara.

La humedad se controla de dos formas: La primera consiste en enfriar el gas hasta una temperatura suficiente para que el vapor de agua se condense y consigamos la humedad relativa apropiada. Este método está limitado por el rango de temperatura empleado, siendo necesario el recalentamiento del gas enfriado antes de retornar a la cámara. Con todo, este sistema es el más práctico para la mayoría de las instalaciones. El otro sistema es utilizar un absorbente regenerable tal como silica gel, para la restar humedad. El absorbente de CO<sub>2</sub> requiere un cierto grado de humedad.

## 6.10 CONTROL DEL RUIDO.

Cuando se mueve el aire a gran velocidad, las turbulencias del aire provocan un nivel de ruido elevado, por lo que instalaremos los silenciadores que sean necesarios para reducir el ruido. En las

salidas empleadas sólo para presurización se permite un nivel mayor de ruido. Durante el resto de la operación hay que mantener un nivel por debajo de 60 db.

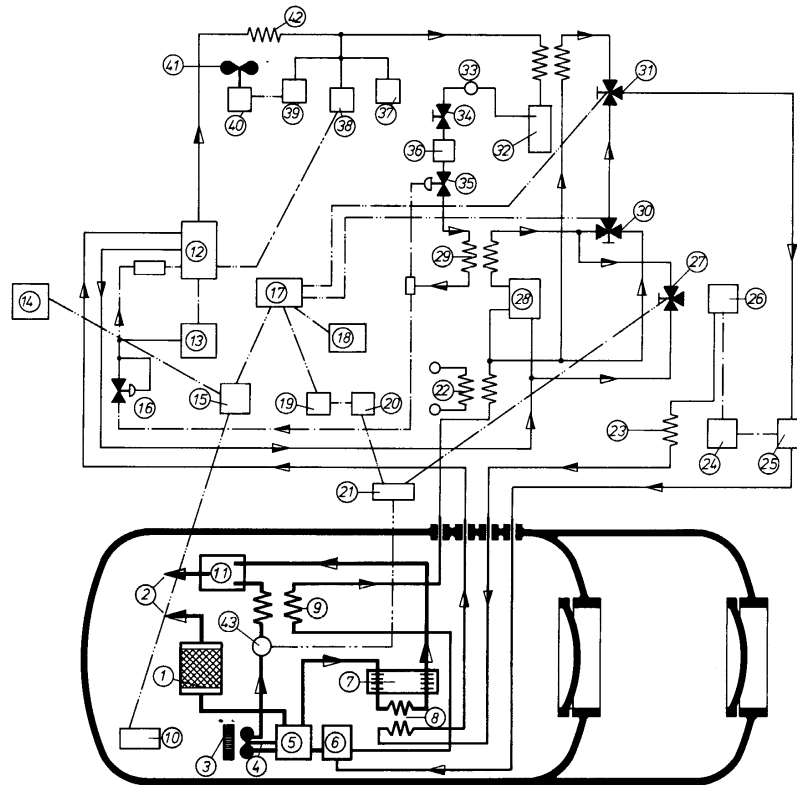


*Fig. 6.8 Análisis de gases en un LSS.*

### **6.11 HIGIENE DE LA CÁMARA DE DESCOMPRESIÓN.**

La higiene de la cámara es de importancia capital para la salud y seguridad de los sujetos bajo presión. Todos los ocupantes deberán ser conscientes de los riesgos potenciales para su salud que puede presentar la simple exposición a la presión. Para mantener un ambiente habitable dentro de una cámara debemos mantener las concentraciones de oxígeno y anhídrido carbónico, así como la temperatura y la humedad dentro de los siguientes límites:

- Contenido de oxígeno: La presión parcial de oxígeno debe estar entre 0,25 y 0,5 ATA (250 y 500 mb). Su porcentaje nunca será superior al 25%.
- Contenido de anhídrido carbónico: Su presión parcial no debe exceder 0,005 ATA (5 mb).
- Temperatura: La temperatura debe estar entre 24 °C y 30 °C según demanden los ocupantes de la cámara.
- Humedad: Entre 50-70% de humedad relativa.



**Fig. 6.9** Diagrama de flujos de un LSS, interior-exterior en una cámara.(de Kinergetics Inc.)

- |                                      |                                 |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Absorbente de CO <sub>2</sub> .   | 23. Motor refrigerador.         |
| 2. Acondicionador de gas respirable. | 24. Motor de la bomba.          |
| 3. Filtro de polvo.                  | 25. Bomba primaria calor.       |
| 4. Ventilador.                       | 26. Bomba secundaria frío.      |
| 5. Acoplamiento magnético.           | 27. Válvula de control humedad. |
| 6. Bomba de agua.                    | 28. Acumulador.                 |
| 7. Recipiente de agua.               | 29. Evaporador.                 |
| 8. Tubo de agua fría-caliente.       | 30. Control de refrigerador.    |
| 9. Tubo de exhaustación.             | 31. Control del calor.          |
| 10. Sensor de temperatura.           | 32. Receptor.                   |
| 11. Plenum.                          | 33. Visor de cristal.           |
| 12. Compresor.                       | 34. Válvula de mano.            |
| 13. Lectura de temperaturas.         | 35. Válvula de expansión.       |
| 14. Lectura de temperaturas.         | 36. Filtro secador.             |
| 15. Intercambio de calor.            | 37. Conmutador de agua.         |
| 16. Regulador de presión.            | 38. Conmutador de seguridad.    |
| 17. Control de temperatura.          | 39. Motor conmutador.           |
| 18. Suministro de fuerza.            | 40. Motor eléctrico.            |
| 19. Punto de control de temperatura. | 41. Ventilador.                 |
| 20. Punto de control de humedad.     | 42. Condensador.                |
| 21. Control de humedad.              | 43. Sensor                      |
| 22. Calentador eléctrico             |                                 |



## 6.12 INFECCIONES.

Debido a las características que se reúnen en el ambiente de la cámara hay cuatro grupos comunes de enfermedad que particularmente afectan a los buceadores en cámara:

- Desórdenes internos (p.e., gastroenteritis).
- Infecciones fúngicas (p.e., pie de atleta).
- Infecciones de oído externo (otitis externa).
- Infecciones respiratorias.

Debido al confinamiento natural del ambiente de la cámara hay que prestar gran atención a la higiene, tanto personal como de la cámara.

## 6.13 DIETA EN CÁMARAS.

Hay dos consideraciones básicas que conciernen a la elección de los comestibles para introducir en la cámara:

- Mantener una dieta saludable.
- Evitar introducir un riesgo de incendio.

Ciertas sustancias, como por ejemplo el azúcar (especialmente en polvo fino), mantequilla, aceites, etc., pueden suponer un peligro mayor de incendio, por lo que no los deberíamos introducir en la cámara. Esto también se puede aplicar a ciertos medicamentos en polvos y soluciones alcohólicas. Se excluirán de la cámara las pomadas o los materiales volátiles; las cremas hidrosolubles se aceptan en cámara. El médico debe tener presente estos requerimientos y examinar al paciente antes de entrar en la cámara.

## 6.14 UTILIZACIÓN DE LA ESCLUSA.

Idealmente la velocidad de compresión y descompresión debería ser la misma que para los buceadores. En la práctica sin embargo, si se está introduciendo o sacando un equipo por la esclusa, se puede utilizar la siguiente velocidad:

- Velocidad de compresión: 20 metros/minuto.
- Velocidad de descompresión: 40 metros/minuto.

El operador de cámara mantendrá un estricto control de todos los artículos que se introduzcan por la esclusa en la cámara, debiendo examinar todos los artículos y comprobar que no haya riesgo de incendio, toxicidad, para la salud, o de que no resista los cambios de presión.

## **6.15 PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA.**

Los operadores de las cámaras tienen que estar siempre dispuestos y capacitados para resolver las distintas emergencias que puedan aparecer en un complejo de buceo. Estas emergencias pueden ser: pérdida de presión, fuego en las cámaras, fallo de la calefacción, etc.

### **6.15.1 PERDIDA DE PRESIÓN.**

Cuando la presión sufre un descenso, el operador debe esforzarse por reabastecerla y mantener la profundidad utilizando una mezcla de gas apropiada, porque si el helio es utilizado para contrarrestar la pérdida de presión puede haber riesgo de hipoxia, debido a la reducción de los niveles de la presión parcial de oxígeno; por ello es conveniente contar con mezcla de un 10-20 % de oxígeno, para su uso inmediato en caso de pérdida repentina de presión.

Las pérdidas de presión pueden ser lentas o rápidas. las primeras pueden ser debidas a un fallo en las juntas tóricas, válvulas, uniones de tuberías, etc.. Mientras que las segundas pueden ser ocasionadas por rotura o daño en los portillos, malos acoplamientos entre cámara y campana, etc.

Cuando se presenta una pérdida de presión, sea cual sea la causa, debe ser considerado como un problema serio, ya que existe un problema de descompresión (cuando la presión no puede ser mantenida). La evacuación de los buzos a otro compartimento presurizado de la cámara; mientras no se subsane la pérdida, es un procedimiento de emergencia que siempre hay que tener en cuenta.

La forma de evitar la pérdida de presión son el mantenimiento regular e inspecciones visuales de las válvulas y puntos estancos. Antes de que las frisas sean fijadas se deben cuidar de que se le den la forma y tamaño adecuadas.

### **6.15.2 FUEGO EN LAS CÁMARAS.**

La prevención de incendios implica el control de las causas que lo producen, materiales combustibles, oxígeno y fuente de ignición (calor) que producirán el incendio por:

- Ignición espontánea con una presión parcial de oxígeno alta.
- Combustión espontánea de materiales de base hidrocarbonada bajo presión.
- Fallo de la instalación eléctrica.
- Chispa por el roce de metal contra metal.

Así pues es importante controlar los tres componentes necesarios para producir un incendio (combustible, oxígeno y fuente de ignición).

La atención constante a todos ellos elimina en esencia este peligro. Los elementos adicionales que se deben incluir en un programa completo de seguridad contraincendios en cámara son la capacidad de detección y extinción, sistema de respiración por mascarilla, y un medio de escape.

El fuego puede ser de combustión constante o de explosión espontánea. En cualquiera de los dos casos es un problema muy grave. En el caso de combustión constante puede ocurrir que los buzos no sean conscientes de lo que está ocurriendo y sucumban sin darse cuenta debido a los gases tóxicos que

se desprenden en la combustión. Si el contenido de oxígeno en la mezcla es alto puede que entonces ocurra una explosión.

Un fuego de tipo explosivo puede producir graves quemaduras al personal, hipoxia y gases tóxicos al quemarse el material.

Si se produce fuego la cámara debe ser evacuada inmediatamente y despresurizada, sí es posible. Los buzos pueden entrar en la antecámara u otro compartimento y respirar por BIBS si fuera necesario. En la actualidad muchos complejos disponen de sistemas automáticos y manuales en el interior de la cámara y en áreas de control. Todos los elementos de oxígeno y eléctricos deben ser apagados. Si el fuego no es de gran intensidad, puede ser factible que los buzos se pongan las mascarillas y lo apaguen por sus propios medios.

Si la campana de buceo está en profundidad debe ser izada a superficie y permitir que el personal de cubierta efectúe la extinción.

Los extintores manuales que hay dentro de la cámara deben ser manipulados por uno de los buzos, normalmente será el último hombre que salga de la cámara y ello siempre que no conlleve un aumento del riesgo para él.

### **6.15.3 FALLO DE LA CALEFACCIÓN.**

Cuando hay más de una cámara, la calefacción que provee a cada cámara está interconectada con la otra para el caso de que falle un sistema. Si se instalan calefactores de emergencia dentro de cada cámara deberán estar encendidos. También los buzos deben proveerse de mantas y ropa de abrigo extra.

## CAPITULO 7

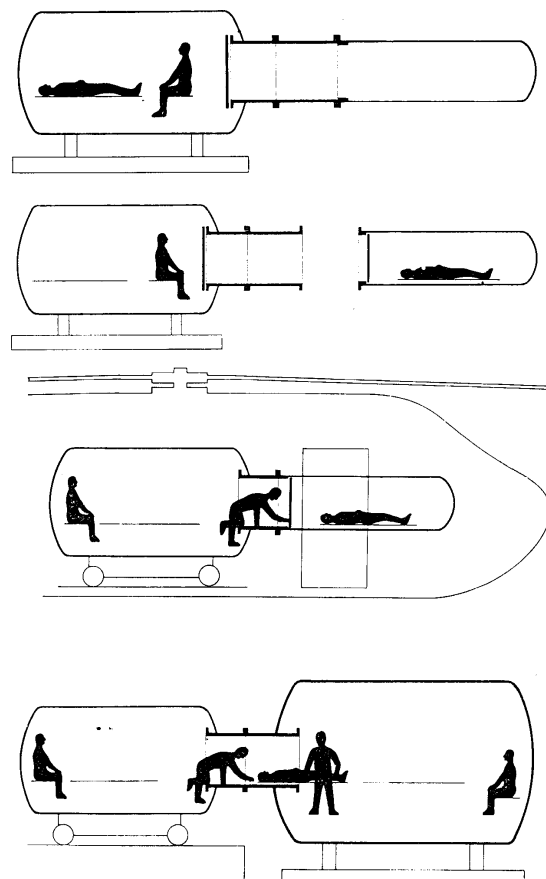
### EVACUACIÓN Y RESCATE

#### 7.1 EVACUACIÓN Y RESCATE DE BUZOS BAJO PRESIÓN.

Durante varios años se ha discutido mucho sobre las acciones que deben llevarse a cabo para salvaguardar a los buzos que estando en condiciones de saturación o en las largas paradas de descompresión, hay que evacuarlos por distintas causas.

La evacuación hiperbárica debe ser mirada como último recurso en caso de emergencia. Esto es debido a que una evacuación puede producir mayor riesgo para el buzo que la emergencia en sí, al efectuarse precipitadamente sin estudiar antes sus pros y sus contras.

En la actualidad hay varios países que tienen capacidad completa de rescate hiperbárico mediante TUP (transfer under pressure) siendo Noruega y el Reino Unido los países que lo tienen regulado por Ley, debido a que en sus costas existe el mayor número de buzos en estado de saturación.



*Fig. 7.1 Sistema aéreo transportado bajo presión.TUP*

- Acoplamiento del monoplaza a la DDC del buque.
- Paso del paciente al monoplaza bajo presión.
- Acoplo del monoplaza a la cámara de helicóptero.
- Después del vuelo, acoplamiento de la cámara móvil del helicóptero a la cámara del Centro Médico Hiperbárico.

El rescate de buzos bajo presión debe de realizarse ante algunas de las siguientes situaciones:

A.- Cuando el barco o plataforma esté en peligro de zozobrar o hundirse.

B.- La presencia de fuego o riesgo de explosión a bordo.

C.- Fuego u otro desastre dentro del sistema de buceo.

D.- Problema médico de uno o más buzos.

D.- Pérdida de la campana.

Existen varias opciones que pueden ser utilizadas dependiendo de las circunstancias, éstas son:

1° TUP (sistema aerotransportado bajo presión).

2° Bote salvavidas hiperbárico (hyperbaric lifeboats).

3° Cámara de rescate hiperbárica (hyperbaric rescue chamber).

## **7.2 SISTEMA TUP.**

Para la realización de esta operación es necesaria una perfecta coordinación entre el personal del buque o plataforma desde donde se vaya a realizar el traslado, con el personal del Centro Médico Hiperbárico. Esta operación se lleva a cabo con helicópteros "Sikorski S-61" u otro similar que posea a bordo una cámara multiplaza de titanio de un compartimento de 2,6 m. de largo y 1,14 m. de diámetro, cuyo peso es de 794 Kg., trabajando a una presión de 23 Kg/cm<sup>2</sup>., lleva adosadas las botellas de gases y los demás sistemas de sostenimiento de vida, haciéndola autónoma y de fácil movimiento debido a las ruedas que posee.

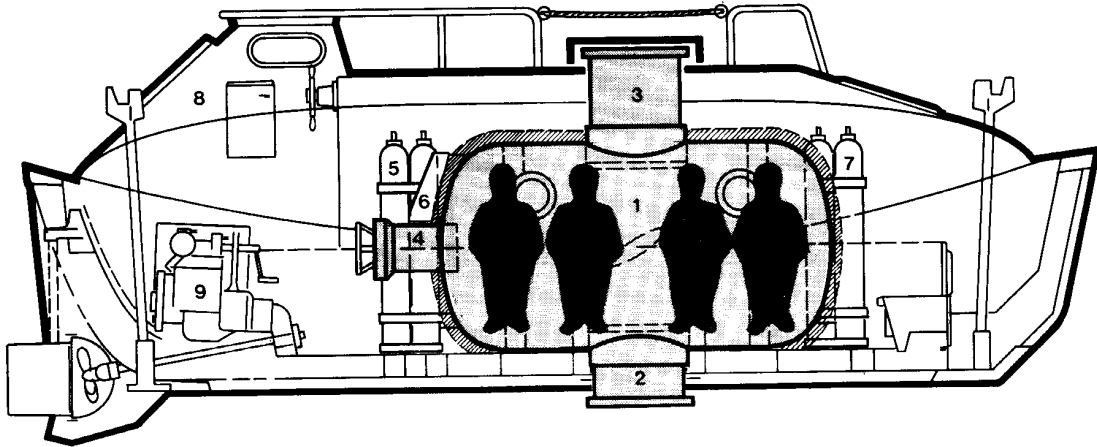
La transferencia del buzo accidentado desde el sistema de buceo, hasta la cámara del helicóptero se hace por medio de una cámara monoplace transportable de titanio de 2,34 m. de largo y 0,81 de diámetro y de 277 Kg. siendo la presión máxima de trabajo 23 Kg/cm<sup>2</sup> (fig.6.1).

## **7.3 BOTE SALVAVIDAS HIPERBÁRICO.**

Este medio se emplea por una emergencia grave a bordo (incendio, explosión, peligro de hundimiento) cuando haya buzos en saturación o en una fase larga de descompresión.

Consiste en una cámara hiperbárica alojada en el interior de un bote salvavidas, equipada con sistema de acoplamiento bajo presión para poder evacuar al equipo de buzos también bajo presión.

Para realizar esta operación de evacuación de buzos, la cámara del bote salvavidas está estibada y presurizada a la misma presión que la cámara de descompresión del sistema de buceo a bordo; cuando se decide la evacuación de los buzos, éstos pasan a la cámara del bote, arriándolo hasta el agua y largándolo, pudiéndose hacer esta operación desde el interior del bote. Una vez en el agua con autonomía independiente, el bote con la tripulación y los buzos se dirigen por sus propios medios hasta la costa, donde es izado y acoplado a una cámara de descompresión para poder terminar la descompresión



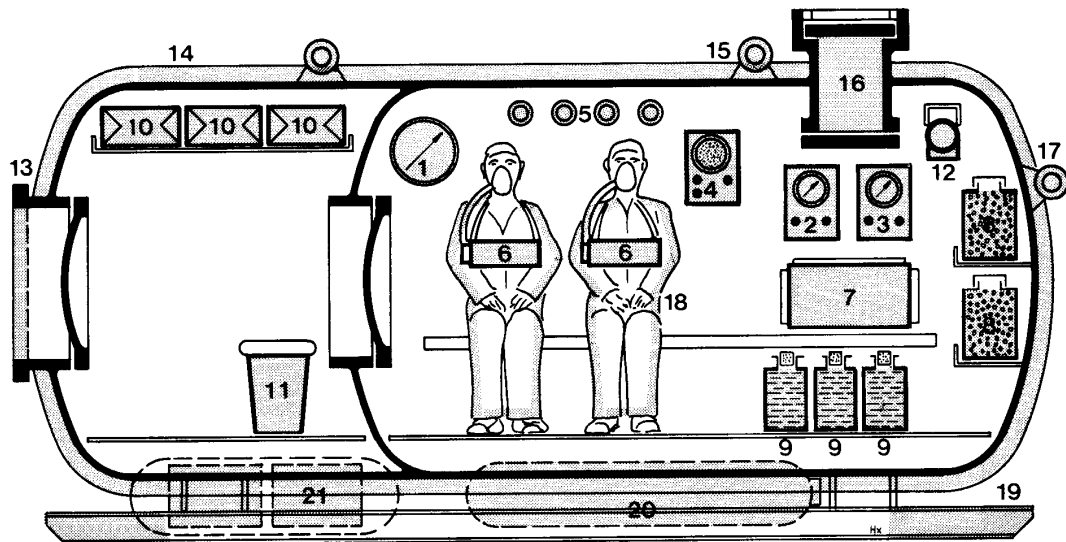
*Fig. 7.2. Bote salvavidas hiperbárico.*

1. Cámara hiperbárica.
2. Escotilla de entrada.
3. Escotilla de salida.
4. Esclusa.
5. Oxígeno.
6. Panel de control.
7. Mezcla de gases.
8. Control de la embarcación.
9. Propulsión.

#### **7.4 CÁMARA HIPERBÁRICA DE RESCATE.**

Se emplea por las mismas causas que el medio descrito anteriormente. Estas cámaras están provistas con lastres y flotadores para asegurar la estabilidad y flotabilidad cuando son lanzadas al mar. Difieren de los botes en que no tienen tripulación exterior ni potencia motriz, siendo la capacidad por lo tanto mínima y el sistema requiere mayor asistencia del personal de tierra que el bote.

Los botes están estibados con las cámaras del sistema de buceo a bordo, quedando presurizada y disponible para su uso inmediato. La tripulación de cubierta es la encargada del lanzamiento al agua, siendo posteriormente remolcada hacia tierra donde es recuperada.



*Fig. 7.3 Cámara hiperbárica de rescate.*

- |                                    |                           |
|------------------------------------|---------------------------|
| 1. Manómetro.                      | 12. Lámpara.              |
| 2. Analizador de O <sub>2</sub> .  | 13. Escotilla.            |
| 3. Analizador de CO <sub>2</sub> . | 14. Aislamiento térmico.  |
| 4. Comunicaciones.                 | 15. Puntos de suspensión. |
| 5. Portillos.                      | 16. Esclusa.              |
| 6. Filtros de CO <sub>2</sub> .    | 17. Puntos de amarre.     |
| 7. Recambios de filtros.           | 18. Banco.                |
| 8. Absorbente de CO <sub>2</sub> . | 19. Pie deslizante.       |
| 9. Agua.                           | 20. Batería.              |
| 10. Alimentos.                     | 21. Batería eléctrica.    |
| 11. W.C.                           |                           |

La descompresión es realizada normalmente en otra cámara una vez transferidos los buzos bajo presión. Existen varios modelos de esta cámara teniendo todos en común la capacidad para evacuar un equipo completo de buzos.

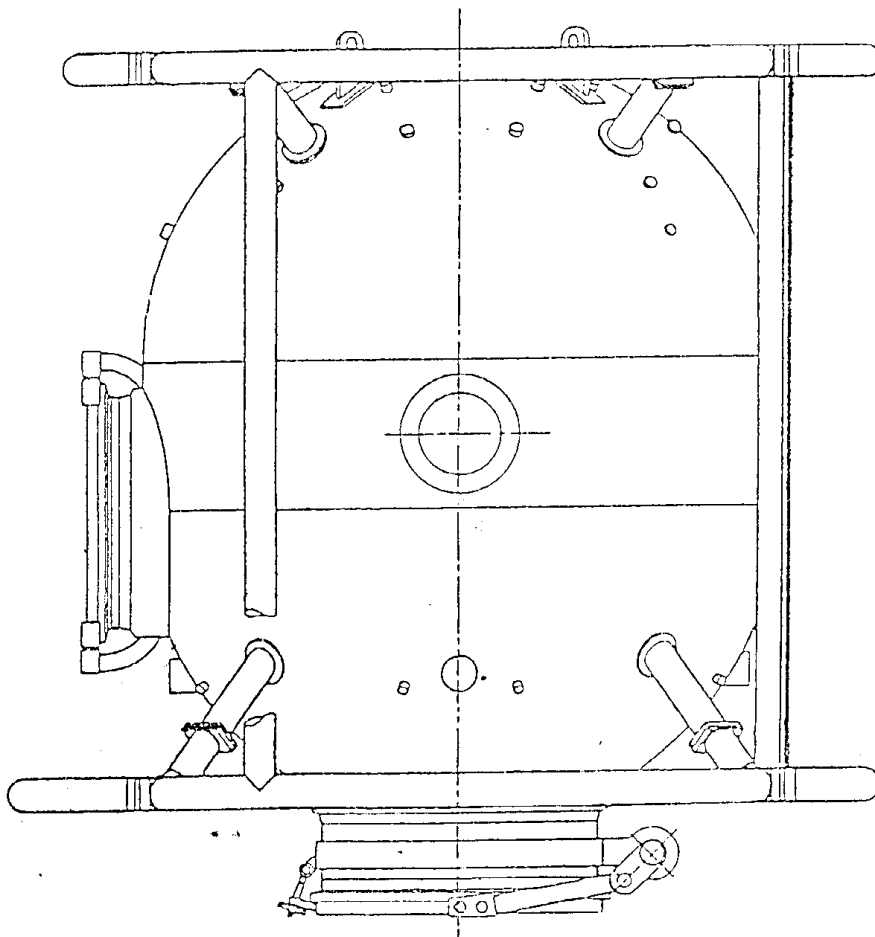
## CAPÍTULO 8

### TORRETA DEL BUQUE "NEPTUNO"

#### 8.1 GENERALIDADES.

El objetivo del presente capítulo es dar conocer la torreta SA-600 instalada en el Buque de Salvamento A-20 " NEPTUNO". La torreta SA-600 está diseñada para transportar a un máximo de 3 personas hasta una profundidad de 200 metros. Está construida en acero y con una forma casi esférica. Tiene flotabilidad positiva, lo que se contrarresta por medio de unos lastres largables que permiten su inmersión y en caso de emergencia, como su nombre indica, largarlos para poder recuperar la torreta.

La torreta está unida al soporte de superficie mediante un cable conductor que permite su manipulación, y un umbilical que le suministra energía eléctrica, comunicaciones audiovisuales, mezclas de gas respirable, agua caliente o fría y las diferentes tomas de presión, además de las diferentes señales de análisis de gases.



*Fig. 8.1. Torreta SA-600 instalada en el Buque de Salvamento A-20 " NEPTUNO".*



Dispone de un grupo de botellas en el exterior, que forman el suministro de gases de emergencia y una batería de litio que suministra energía en caso de emergencia.

La torreta se comunica con el exterior a través de dos esclusas, una lateral para el acoplo al túnel de transferencia para el paso de los buzos a la cámara para la realización de la descompresión y otra en la parte inferior por donde los buzos salen al exterior durante la inmersión.

## 8.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Fecha de construcción .....	1975
Temperatura máxima de utilización .....	- 40 °C a + 40 °C
Volumen interior .....	3,4 M <sup>3</sup>

### Pesos en el aire:

Torreta equipada y aislada sin lastre .....	4.100 kg.
Sistema de lastres .....	2.100 Kg.
Peso aproximado de los buzos .....	450 Kg.

### Flotabilidades:

Flotabilidad negativa .....	1.100 A 1.500
Flotabilidad positiva .....	430 Kg. +- 30%

## 8.3 CASCO

### 8.3.1 GENERALIDADES Y ESPECIFICACIONES DE CASCO, PINTURA Y RECUBRIMIENTO TÉRMICO DE LA TORRETA.

El casco es de acero, y debe estar homologado para la profundidad máxima de intervención prevista, tanto presión interior como presión exterior con un certificado de curso de validez.

La placa de identidad que debe de llevar bien visible mostrará las fechas de verificación y presiones de prueba.

Todos los pasos de casco deben estar identificados claramente para la función a la que están destinados y no por números, además los pasos de casco que no tengan ninguna función determinada deben estar taponados tanto exteriormente como interiormente con tapones ciegos macizos.

Está rigurosamente prohibido soldar en los cascos, anulándose automáticamente la validez del test hidrostático.

El casco de la torreta está tratado con una serie de pinturas especiales y un recubrimiento térmico que protegen al casco de la acción de los agentes degradantes, así como del agua salada y de los cambios de temperatura.

#### a) Pintura suministrada por la casa COMEX.

- **Interna:** Gama 9300 RUST OLEUM.

- **Externa:** Gama 9300 RUST OLEUM o similar pintura de poliuretano ESCOPAINT DB 19 EBC cuando la torreta está con aislante de espuma DB 39 EMERSON & CUMING.

#### **b) Aislamiento térmico de la torreta:**

Normalmente se utilizan dos tipos de productos para el aislamiento térmico de la torreta. El primero es una espuma sintética llamada C30 fundida solamente en fábrica y de aspecto duro después de la colocación. El segundo va dirigido a sustituir el C30, es la D B 39 ECCOFLOAT DE EMERSON Y CUNING.

EL ECCOFLOAT está disponible en hojas de 26" x 26" y de espesor 1/2" , 1 ó 2", la cola, el mastic ( MASILLA) y la pintura se pueden obtener en la casa CÓMEX o en una agencia EMERSON & CUNING.

#### **c) Pintura de la Armada Española homologada a la suministrada por la casa COMEX.**

- **Tratamiento para tratamiento para acero:** Chorreado abrasivo grado 2,8 5A
- **Pintura exterior:** La primera capa es una imprimación EPOXI F-130 COLOR ROJO.

La segunda capa será de pintura abrasiva EPOXI - POLIAMIDA F-723 COLOR BLANCO. El finalizado será de ESMALTE DE POLIURETANO F-580 COLOR ROJO.

- **Consideraciones:** La pintura F-723 se tiene que dejar secar durante 24 horas, llevando dos capas.
- **Diluyentes:** Se necesitan: F-814 PARA F-130 F-845 PARA F-723 F-816 PARA F-580
- **Pintura interior:** Se administrará dos capas de la F-133

### **8.3.2. ESCLUSAS Y PORTILLOS**

La torreta dispone de dos esclusas, una lateral para el acoplo con el túnel de transferencia y paso para los buzos a través del mismo hacia el interior de la cámara principal para la realización de la descompresión y otra inferior para la salida de los buzos al exterior.

Esta esclusa lateral cuenta con dos portas articuladas, una interior y otra exterior con las que se estanqueizará la torreta para la inmersión y permitirá después el equilibrado de presiones para el acoplo y desacoplo de la misma al túnel de transferencia.

La porta exterior tiene un portillo de observación en el centro de la misma, mientras que la porta interior incorpora un manómetro para indicar la presión exterior en el equilibrado de presiones, después de realizar el acoplo de la torreta al túnel de transferencia.

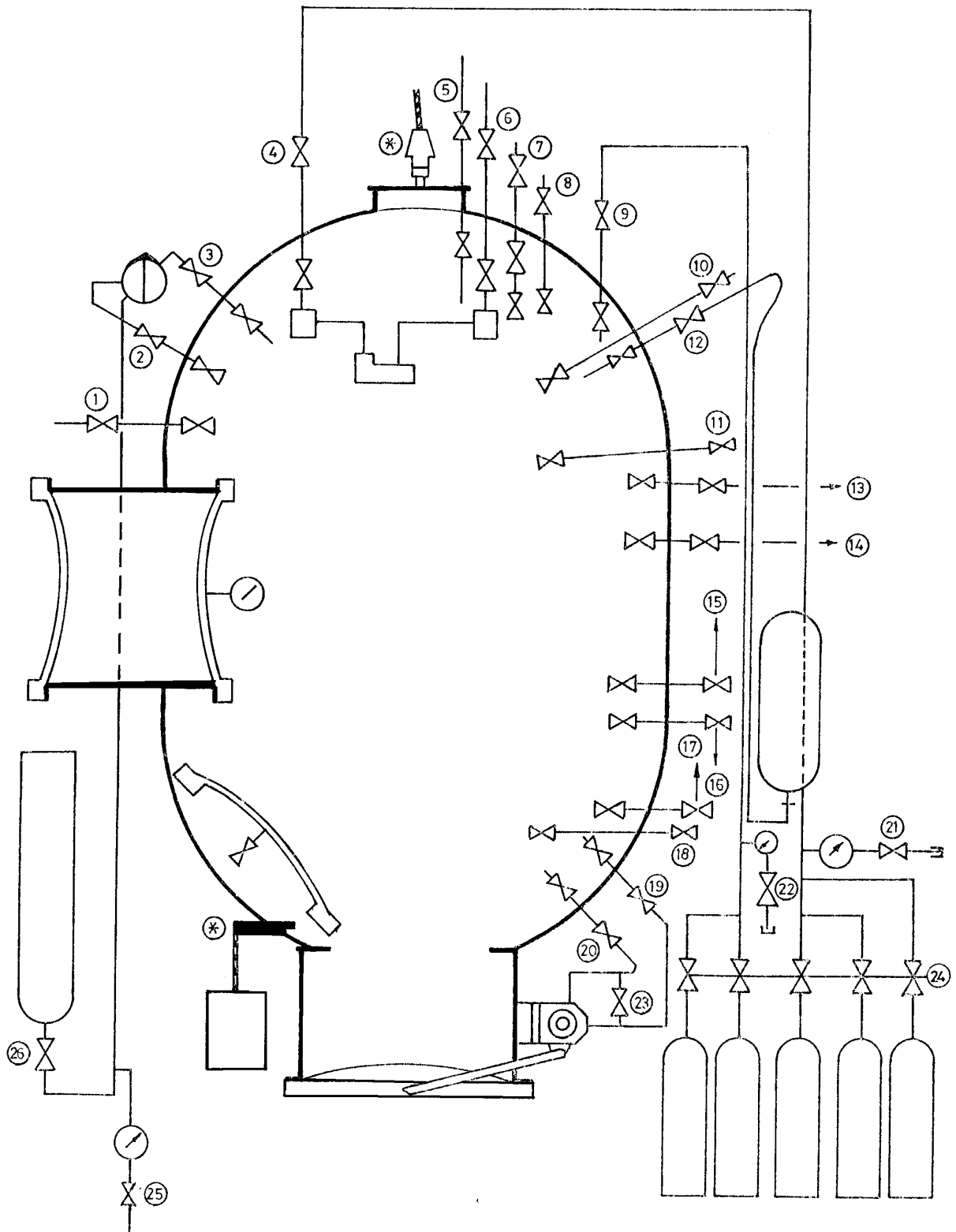


Fig. 8.2. Esquema de las válvulas de exterior de la torreta.

*Viene en la página anterior.*

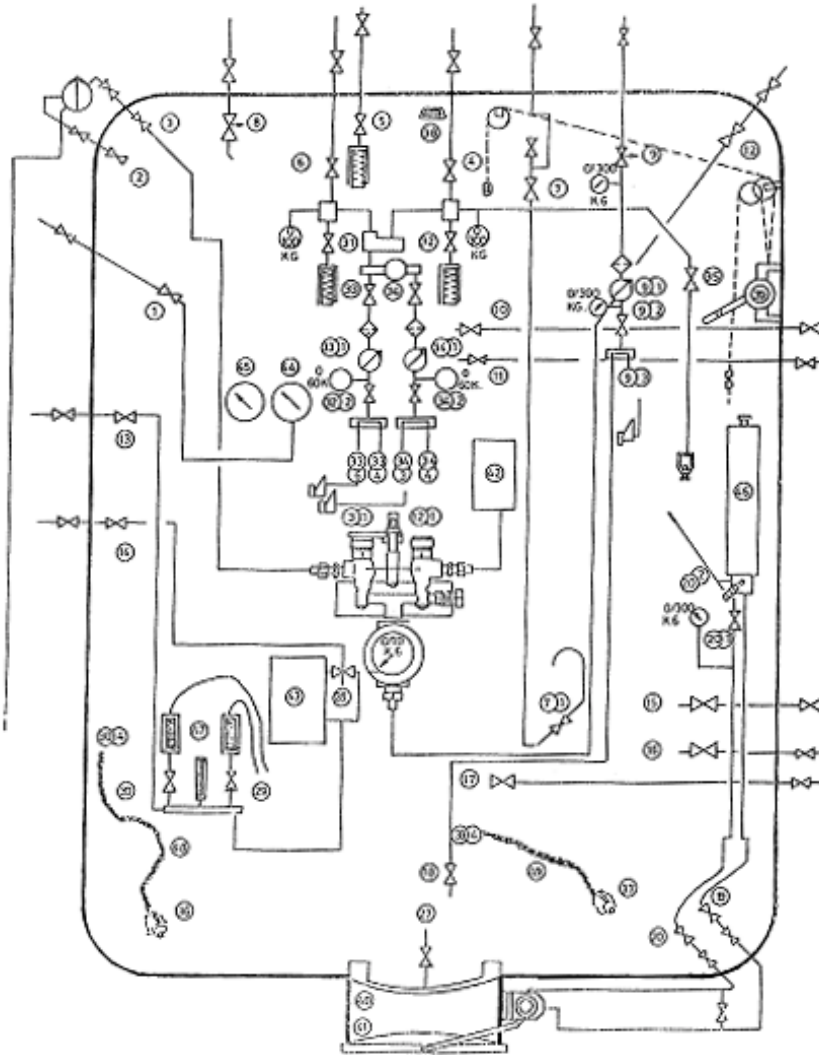
- 1.- *Válvula de toma de presión del exterior al interior de la torreta.*
  - 2.- *Válvula presión referencia torreta para reducción del oxígeno.*
  - 3.- *Válvula de entrada oxígeno presión media.*
  - 4.- *Válvula entrada gas respirable de emergencia.*
  - 5.- *Válvula presurización / exhaustación por umbilical.*
  - 6.- *Válvula entrada gas respirable a cuadro buzos por umbilical.*
  - 7.- *Válvula exhaustación de control del nivel de agua de torreta.*
  - 8.- *Válvula de salida del gas para análisis.*
  - 9.- *Válvula de entrada de gas respirable a circuito de hombre torreta.*
  - 10.- *Válvula profundidad buzo 1.*
  - 11.- *Válvula profundidad buzo 2.*
  - 12.- *Válvula entrada/salida de oxígeno de tanque de servicio 6 litros.*
  - 13.- *Válvula salida exterior agua caliente.*
  - 14.- *Válvula entrada agua caliente.*
  - 15.- *Válvula exhaustación fina al exterior.*
  - 16.- *Válvula exhaustación gruesa al exterior.*
  - 17.- *Válvula salida presión interior torreta.*
  - 18.- *Válvula salida gas respirable umbilical hombre torreta.*
  - 19.- *Válvula presurización sistema hidráulico cierre escotilla.*
  - 20.- *Válvula presurización sistema hidráulico apertura de escotilla.*
  - 21.- *Válvula llenado batería emergencia buzos.*
  - 22.- *Válvula llenado batería hombre torreta.*
  - 23.- *Válvula by-pass sistema hidráulico escotilla.*
  - 24.- *Válvula de servicio de botellas gas respirable para buzos y hombre torreta.*
  - 25.- *Válvula de llenado de botellas oxígeno.*
  - 26.- *Válvula servicio botella oxígeno.*
- \* *Mecanismo liberación contrapesos.*
- \* *Cajera de unión cable de fuerza, placa, pasadores, cadenas.*

La esclusa inferior dispone también de dos portas, una interior y otra exterior articuladas las dos, la primera mediante un sistema de perno y muelle retráctil para amortiguar su peso, la segunda mediante un sistema hidráulico que permite abrir y cerrar esta porta sin necesidad de realizar esfuerzos humanos.

La porta inferior interior cuenta con una válvula de compensación de presiones con la cámara que hay entre esta porta y la inferior exterior.

La porta inferior exterior está dotada de un portillo de observación situado en el centro de la misma para operaciones de observación, además tiene montado un gato hidráulico rotativo que hace que la porta se cierre o se abra a voluntad desde el interior de la torreta sin necesidad de esfuerzos humanos, este gato hidráulico rotativo recibe presión de aceite por medio de una bomba hidráulica de mano P84 ENERPAG DE 700b.

La torreta tiene montados ocho portillos, de los cuales cinco van montados en el casco de la misma, dos van alojados en las portas exteriores, para observación, y otro en el interior de la torreta, que sirve para protección de una cámara de vídeo.



**Fig. 8.3. Esquema de las válvulas del interior de la torreta.**

1. *Válvula toma presión externa a manómetro de torreta.*
2. *Válvula presión referencia torreta para reductora oxígeno.*
3. *Válvula entrada presión media oxígeno.*
- 3.1. *Válvula inyectara oxígeno llenado tanque 6 litros.*
4. *Válvula entrada gas respirable de emergencia.*
5. *Válvula presurización exhaustación por umbilical.*
6. *Válvula entrada gas respirable a cuadro buzos por umbilical.*
7. *Válvula alta de exhaustación control nivel agua torreta.*
- 7.1. *Válvula baja de exhaustación de control nivel agua torreta.*
8. *Válvula salida gas análisis.*
9. *Válvula entradao gas respirable circuito hombre-torreta.*
- 9.1. *Manoreductora hombre torreta (destimbrado).*
- 9.2. *Válvula de alimentación al umbilical del hombre torreta.*
- 9.3. *Conexión mascarilla hombre torreta.*
10. *Válvula profundidad buzo 1.*
11. *Válvula profundidad buzo 2.*

*Viene en la página anterior.*

12. *Válvula entrada salida oxígeno tanque 6 litros.*
- 12.1. *Válvula inyectora oxígeno canister absorbente y vaciado de tanque 6 litros.*
13. *Válvula salida exterior agua caliente.*
14. *Válvula entrada agua caliente.*
15. *Válvula de exhaustación fina a exterior.*
16. *Válvula de exhaustación gruesa al exterior*
17. *Válvula de salida presión interior torreta.*
18. *Válvula salida de gas respirable umbilical hombre torreta.*
19. *Válvula presurización sistema hidráulico cierre / apertura escotilla.*
20. *Válvula presurización sistema hidráulico apertura / cierre escotilla.*
- 20.1. *Válvula alta de flujo hidráulico de apertura escotilla.*
- 20.2. *Válvula selectora de función apertura / neutro / cierre escotilla de tres posiciones.*
27. *Válvula igualación presión túnel inferior.*
28. *Válvula by-pass de entrada agua caliente calentador torreta.*
29. *Válvula salida de agua caliente al buzo 2.*
30. *Válvula salida de agua caliente al buzo 1.*
31. *Válvula presurización emergencia 1.*
32. *Válvula presurización emergencia 2.*
33. *Válvula de paso de gas respirable circuito buzo 1.33.1. Manorreductora alimentación gas buzo 1.*
- 33.2. *Válvula alimentación umbilical buzo 1.*
- 33.3. *Conexión mascarilla buzo 1.*
- 33.4. *Conexión para umbilical buzo 1.*
34. *Válvula paso gas respirable buzo 2.*
- 34.1. *Manorreductura de alimentación buzo 2.*
- 34.2. *Válvula alimentación umbilical buzo 2.*
- 34.3. *Conexión mascarilla buzo 2.*
- 34.4. *Conexión para umbilical buzo 2.*
35. *Válvula llenado botellas equipo equipo de emergencia buzos.*
36. *Conexión umbilical buzo 1 a máscara.*
37. *Conexión umbilical buzo 2 a máscara.*
38. *Palanca zafado cable torreta.*
39. *Sistema izado buzos (MASDAN).*
40. *Frisa puerta interior.*
41. *Frisa puerta exterior.*
42. *Canister oxígeno.*
43. *Calentador de agua.*
44. *Manómetro presión exterior*
45. *Manómetro presión Interior.*
46. *Bomba hidráulica operación escotilla exterior.*
47. *Termómetros agua buzos 1 y 2*
48. *Umbilical buzo 1.*
49. *Umbilical buzo 2.*

Estos portillos tienen montados un cristal de altuglass cónico para poder aguantar presiones de hasta 45 bares.

Para la torreta de 200 m se montará el portillo de 220 de diámetro 30 bar (166).

### **8.3.3 DEFENSAS EXTERIORES**

Las defensas, situadas en el exterior de la torreta, están compuestas por dos anillos metálicos, uno superior y otro inferior unidos por una serie de soportes también metálicos distribuidos en los costados de la torreta.

En el anillo inferior están situados los cuatro soportes extensibles que hacen las funciones de patas de la torreta, y sirven para evitar que la torreta se pose directamente en el fondo, lo que imposibilitaría la entrada y salida de los buzos.

Sirven también para soporte de los focos exteriores, cajas de conexiones de cables y batería de litio. No debemos pasar por alto que en el anillo inferior van situados también los lastres largables.

### 8.3.4 LASTRES LARGABLES

La torreta está diseñada para que una vez largado su lastre adquiera una flotabilidad positiva de 200 Kg cargada con personal, equipo y el túnel inferior lleno de agua.

El lastre está formado por un anillo de plomo de 2.168 Kg de peso y sujeto a la base de la torreta por medio de dos ejes que lo soportan.

El disparo de los lastres se efectúa desde el interior de la torreta, mediante un brazo de maniobra que va acoplado a los dos ejes del primer tiempo de largado, que al ser accionado hace que el eje que soporta al bulón móvil realice una rotación de 180° y libere a éste, cayendo los lastres por su propio peso hasta una altura determinada por la longitud de los cables del segundo tiempo de largado, aguantando su peso hasta el disparo de este segundo tiempo.

El segundo tiempo de largado tiene el mismo principio de funcionamiento que el primero, teniendo que cambiar el brazo de maniobra desde los ejes de la 1ª posición, a los ejes de la 2ª posición, al accionar este 2º tiempo las cabezas de los cables que soportan el peso, se desprenden dejando caer los contrapesos, liberando así a la torreta que adquirirá flotabilidad positiva.

El sistema de zafado en el interior de la torreta, dispone de unos pasadores para evitar el disparo accidental de los lastres, en el exterior, los lastres llevan un sistema de trincado de estos a la jaula de protección de la torreta.

**NOTA:** Nuestra torreta no dispone de este trincado exterior.

El sistema de largado de lastre se debe verificar al menos una vez al año.

### 8.3.5 CULOTE DEL CABLE DE SUSPENSIÓN.

El culote del cable es la pieza que va situada en el extremo del cable de suspensión que llega a la torreta, y sirve para fijar a éste en la placa de sujeción de la torreta, que está atornillada a la parte superior de la torreta.

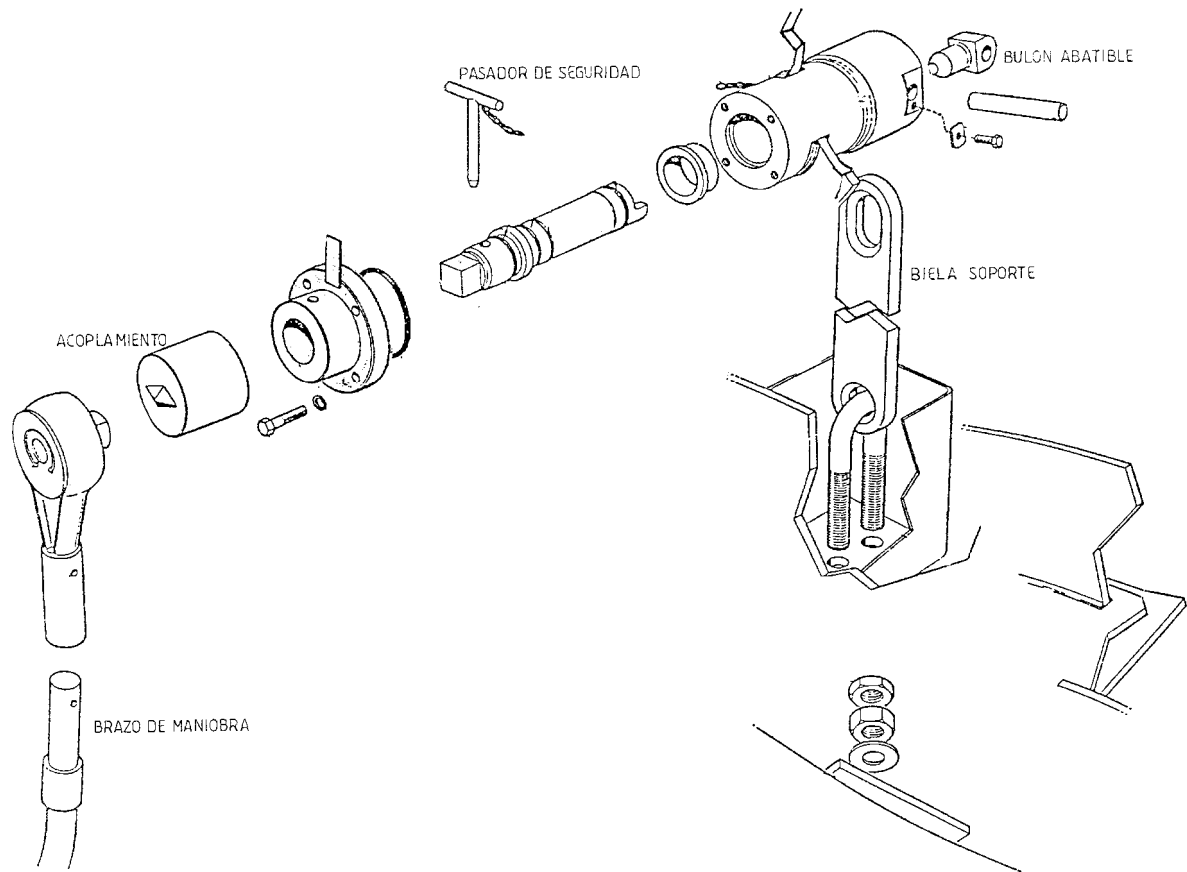
El cable de suspensión se une en forma de pera en un receptáculo cónico fundido al plomo dentro del culote.

El culote se fija a la placa base por medio de unas guillotinas móviles que son accionadas desde el control de mandos hidráulicos. Estas guillotinas actúan sobre unos rebajes que tiene practicados el culote impidiendo el zafado de éste.

Existen dos modelos de culotes para este tipo de torreta:

14- N 3000

14- C 4000



**Fig. 8.4. Despiece de los ejes de largado de lastres.**

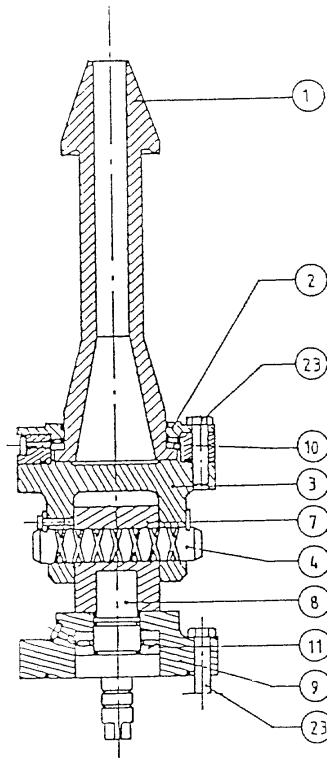
**NOTA:** Se acompañan los dibujos y despieces de los dos modelos, teniendo en cuenta que el perteneciente a nuestra torreta es el 14- N 3000, y además los dibujos del acoplamiento del culote la placa base.

### 8.3.6 CABLE DE SUSPENSIÓN.

El cable de suspensión de la torreta tiene la misión de sostener a la misma en el arriado e izado, este cable tiene una mena de 25'8 mm., soportando una carga nominal de unos 7000 Kg. Cuenta con una longitud de unos 250 m. Este cable debe aguantar unas 8 veces la carga ( 4 veces 2 G ), en caso contrario se debe cambiar.

Igualmente una vez al año se debe cortar 2 metros de largo del cable para hacerle un test, enviándolo a Marsella o en el mismo lugar si existen posibilidades Y POR PERSONAL CUALIFICADO.





*Fig. 8.5. Trincado del cable principal de la torreta modelo 14 N 3000.*

1. *Cono de trincado.*
2. *Brida superior.*
3. *Horquilla hembra.*
4. *Eje.*
7. *Acoplo de largado.*
8. *Perno de largado.*
9. *Brida inferior.*
10. *Placa de cierre.*
11. *Perno roscado.*
12. *Tornillo H M 20 X 75 / 46.*

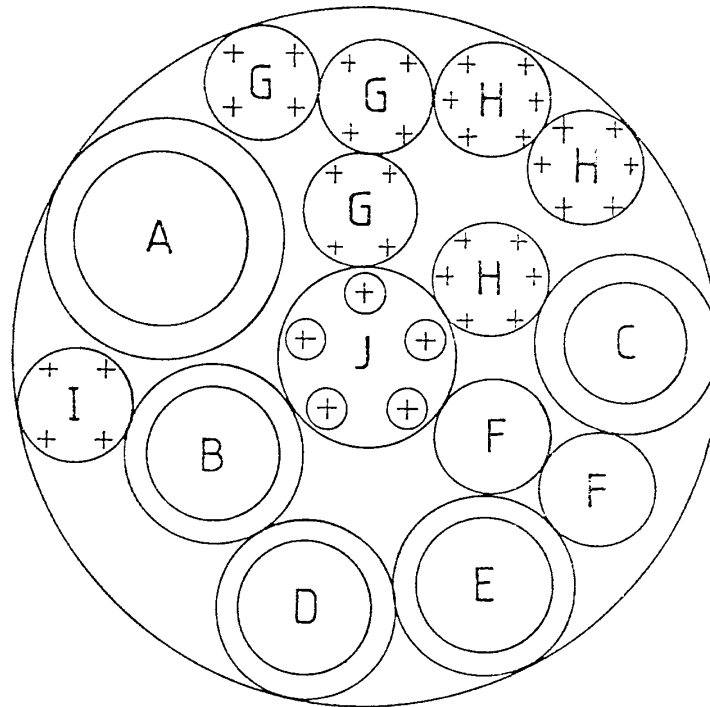
### 8.3.7 UMBILICAL TORRETA.

El umbilical constituye el soporte de vida de la torreta, además de suministrar gas respirable, suministra: electricidad, comunicaciones, circuito cerrado de T.V., agua caliente, gas de presurización, transmisión de datos.

A continuación agregamos un dibujo de como está formado el umbilical y la función de cada uno de sus componentes.

### 8.3.8 SITUACIÓN DE PASACASCOS Y SU FUNCIÓN ESPECÍFICA.

Los pasacascos de la torreta, son una serie de orificios practicados en la misma con el objetivo de poder acoplar valvulería, tomas para mangueras o instalar circuitos neumáticos y eléctricos a través del casco.



**Fig. 8.6. Corte transversal del umbilical de la Torreta.**

- (A) *Entrada de agua caliente para la torreta*
- (B) *Salida de recirculación del agua caliente*
- (C) *Entrada de gas del umbilical para cuadro respiración torreta.*
- (D) *Presurización torreta con umbilical*
- (E) *Manguera de gases de respeto*
- (F) *3 cables verdes para T.V:*
- (G) *3 cables naranjas para potencia*
- (H) *3 cables amarillos para comunicaciones*
- (I) *Cable eléctrico de respeto*
- (J) *Manguera con cinco capilares:*
  - Blanco - profundidad exterior torreta*
  - Negro - análisis*
  - Azul - presión interior torreta*
  - Verde - profundidad buzo nº 1*
  - Rojo - profundidad buzo nº 2*

Todos los pasos de casco deben estar identificados claramente para la función a la que están destinados con placas identificativas no con números.

Todos los pasos de casco no utilizados deben estar obturados por los dos lados del casco con tapones ciegos.

A continuación agregamos una serie de dibujos de los diferentes pasos de casco que tiene la torreta, así como su situación y la función para la que están destinados.

## **8.4 EQUIPOS NEUMÁTICOS.**

### **8.4.1 CIRCUITO PRINCIPAL DE PRESURIZACIÓN**

El circuito de presurización principal de la torreta cuya misión como su propio nombre indica, es la de presurizar la torreta hasta la presión de trabajo según la profundidad. Su alimentación parte desde baterías, pasando a través del cuadro de alimentación de la torreta situado en el control de inmersiones, que distribuye el gas a través de la manguera "D" del umbilical, el cual al llegar a la torreta está conectado a una toma exterior.

Esta toma, deja paso al gas hacia el interior de la torreta y después poder presurizarla por medio de una salida compuesta por:

Además de este circuito principal de presurización la torreta cuenta con dos presurizaciones secundarias que están integradas dentro del circuito de control respiración a buzos y circuito de suministro de gas de emergencia.

### **8.4.2 CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN PRINCIPAL A CUADRO RESPIRACIÓN BUZOS I Y II.**

La alimentación principal del cuadro respiración a buzos dentro de la torreta, comienza desde baterías, de donde el gas es enviado al cuadro de alimentación de la torreta, situado en el control de inmersiones, desde el cual, el gas circula a través de la manguera "C" situada en el umbilical y llega a la torreta donde se conecta a una toma exterior que hay en la misma.

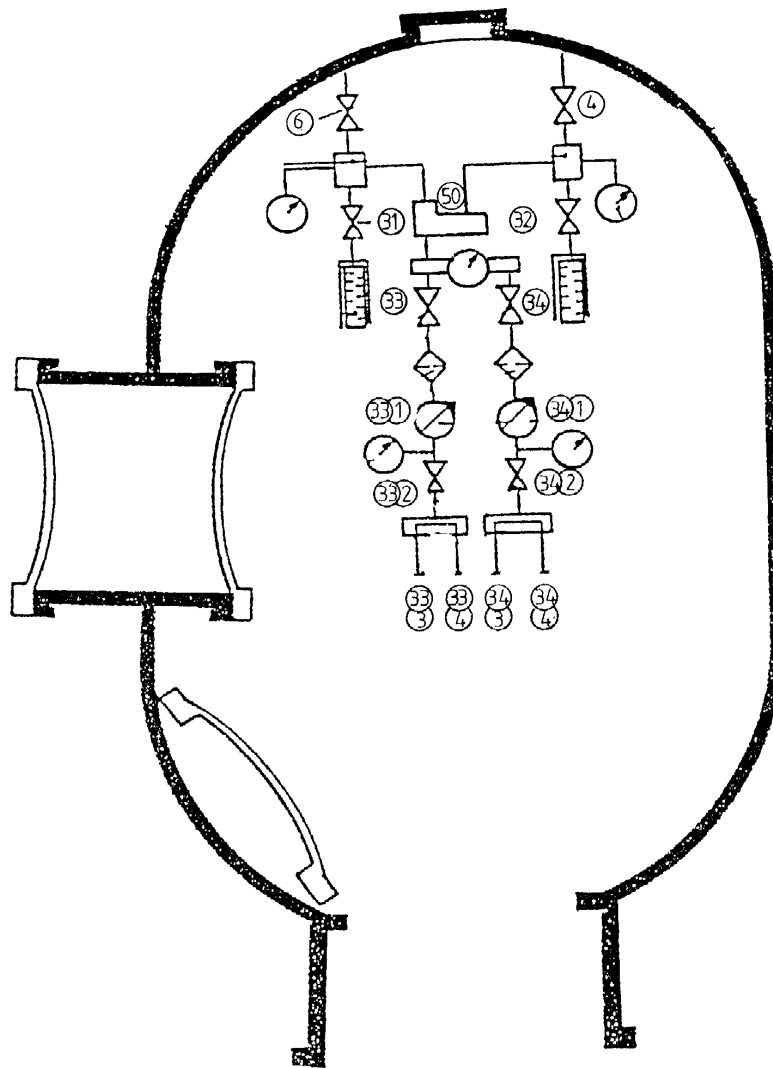
El gas al pasar por esta toma hacia el interior de la torreta cuenta con una salida que distribuye este gas a una salida de presurización de torreta secundaria y al cuadro de respiración de buzos I y II solamente.

De esta salida como hemos mencionado antes el gas llega a una salida de presurización y al cuadro respiración de buzos I y II.

### **8.4.3 CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE EMERGENCIA A CUADRO DE RESPIRACIÓN DE BUZOS I Y II.**

El circuito de alimentación de emergencia a cuadro respiración de buzos I y II es alimentado desde el exterior de la torreta mediante un grupo de 3 botellas de 50 l. con una presión de trabajo de 200 Kg/cm<sup>2</sup> que almacenan mezcla de fondo.

Estas botellas están colocadas en el exterior de la torreta, conectadas entre sí, y a un colector de carga de las mismas, desde donde se distribuye el gas hacia la toma que hay situada en el exterior de la torreta la cual permitirá el paso del gas hacia el interior de la misma.



**Fig. 8.7. Cuadro de respiración de buzos.**

- 4. Válvula de entrada de gas respirable de emergencia.
- 6. Válvula de entrada de gas respirable a cuadro a buzos por umbilical.
- 31. Válvula presurización emergencia 1.
- 32. Válvula presurización emergencia 2.
- 33. Válvula de paso de gas respirable circuito buzo 1.
- 33.1. Manorreductora alimentación gas buzo 1.
- 33.2. Válvula alimentación umbilical buzo 1.
- 33.3. Conexión mascarilla buzo 1.
- 33.4. Conexión para umbilical buzo 1.
- 34. Válvula paso gas respirable buzo 2.
- 34.1. Manorreductora de alimentación buzo 2.
- 34.2. Válvula alimentación umbilical buzo 2.
- 34.3. Conexión mascarilla buzo 2.
- 34.4. Conexión para umbilical buzo 2.
- 50. Válvula automática de seguridad de fallo DIV 38.

El gas de emergencia llega desde el exterior hacia el interior de la torreta, desde donde es distribuido a una salida de presurización secundaria. Desde esta toma el gas también llega hasta el cuadro de control de respiración de buzos I y II donde se encuentra la válvula automática de fallo DIV 38, la cual es la responsable de que el servicio de emergencia entre en funcionamiento en caso de que el suministro principal se corte por algún motivo, dando así suministro a los buzos.

#### 8.4.4 VÁLVULA DE SEGURIDAD DE FALLO DE SUMINISTRO ( DIV 38 )

Es una válvula que puede actuar de forma manual y automática. Su misión es alimentar el cuadro de respiración torreta para buzos I y II, cuando la presión del suministro principal a través del umbilical de superficie cae por debajo de un valor determinado.

Está situada en la entrada al cuadro de respiración a buzos I y II, consta de dos tomas:

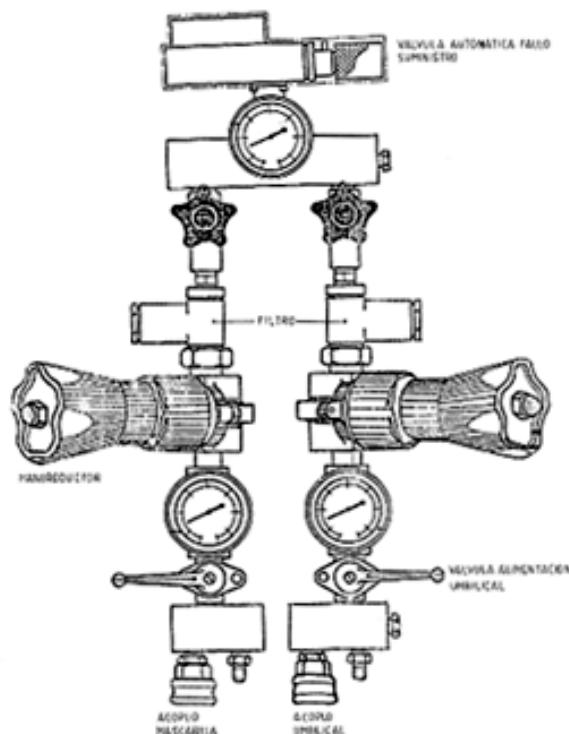
- \* toma del suministro principal.
- \* toma del suministro de emergencia

La toma del suministro principal, se alimenta desde superficie a través de la manguera "C" del umbilical.

La toma del suministro de emergencia se alimenta del grupo de tres botellas que hay en el exterior de la torreta para este cometido.

Su funcionamiento es el siguiente: Cuando la presión del suministro principal procedente de superficie es inferior en 11 bar. a la presión interior de la torreta, conecta automáticamente la entrada de emergencia del grupo de tres botellas exteriores de la torreta. La válvula de fallo deberá ser revisada por personal cualificado.

#### 8.4.5 CUADRO INTERIOR TORRETA DE CONTROL RESPIRACIÓN A BUZOS I Y II.



Este cuadro sirve para dar y controlar la alimentación de gas a buzos I y II. A partir del distribuidor el cuadro se divide en dos circuitos, uno para cada buzo con sus filtros, reductoras, manómetros, válvulas y salidas correspondientes.

*Fig. 8.8. Cuadro de suministro a buzos.*

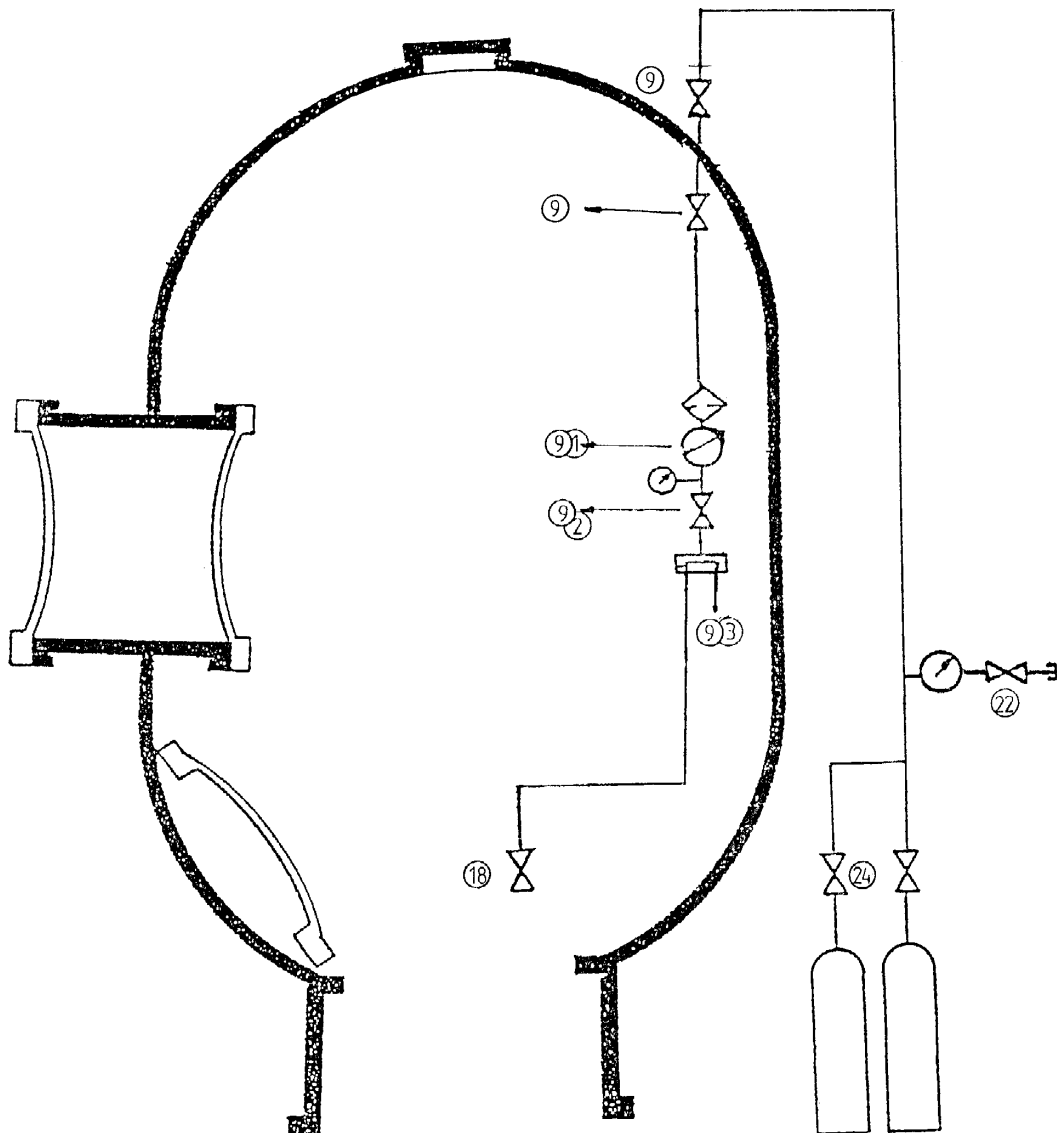
### 8.4.6 CIRCUITO DE RESPIRACIÓN DEL HOMBRE TORRETA (BELLMAN)

Este circuito es totalmente independiente del circuito de respiración buzos I y II, aunque similar en los componentes que lo integran.

El circuito es alimentado por 2 botellas de mezcla de 50 litros cargadas a una presión de trabajo de 200 bar, adosadas a la torreta en el exterior. Estas botellas pueden ser recargadas por medio de un pequeño cuadro de carga que situado en el exterior de la torreta junto a las dos botellas 50 litros.

El circuito alimenta única y exclusivamente al hombre torreta, no cuenta con ninguna alimentación de emergencia como en el caso de los buzos I y II, ni con alimentación directa desde el umbilical, lo que quiere decir que su utilización es muy restringida.

Los principales componentes de este circuito son:



*Fig. 8.9. Cuadro de suministro al hombre torreta.*

### **Viene de la página anterior.**

- 9. Válvulas entrada gas respirable circuito hombre-torreta.*
- 9.1. Manorreductora hombre torreta..*
- 9.2. Válvula de alimentación al umbilical del hombre torreta.*
- 9.3. Conexión mascarilla hombre torrea.*
- 18. Válvula de salida del gas respirable al hombre torrea.*
- 22. Válvula de llenado batería del hombre torreta.*
- 24. Válvula de servicio de la botella del hombre torreta.*

## **8.4.7 EXHAUSTACIONES DE LA TORRETA AL EXTERIOR**

La torreta cuenta con dos exhaustaciones al exterior:

EXHAUSTACIÓN GRUESA ò RÁPIDA

EXHAUSTACIÓN FINA ò REGULADA

La función de estas exhaustaciones es para mantener la presión adecuada y ayudar al proceso de ventilación en el interior de la torreta.

Estas exhaustaciones, cuentan tanto en el interior como en el exterior de la torreta, con unas válvulas para evitar accidentes.

## **8.4.8 CIRCUITO DE INYECCIÓN DE OXÍGENO AL INTERIOR DE LA TORRETA**

El circuito de inyección de Oxígeno al interior de la torreta, está pensado para corregir y mantener una adecuada Pp de oxígeno en el ambiente interior de la torreta, además de intervenir en la regeneración del mismo.

Consta de una botella de 50 litros con una presión de carga de 200 Kg/cm<sup>2</sup>, un cuadro de carga de la misma, una reductora y una botella de 6 litros situados en el exterior. Desde la botella de 50 litros, el oxígeno llega hasta la reductora, que regula la presión de salida de esta botella, de 200 bar. a una presión de trabajo de 5 bar. por encima de la presión interior de la torreta.

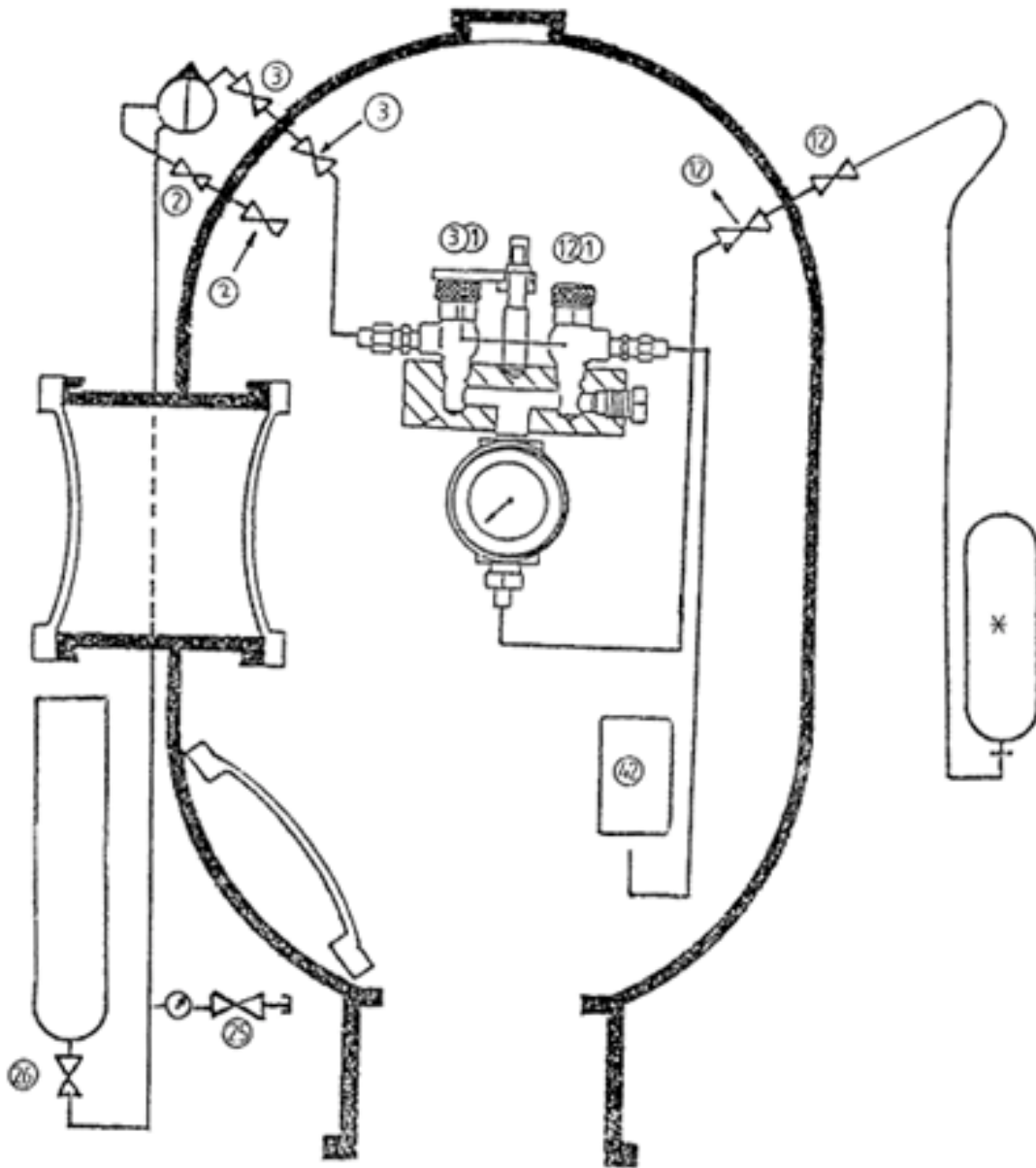
Desde esta reductora salen dos líneas hacia el interior de la torreta, una para la toma de referencia de la presión interior de la torreta, y una segunda línea que llega a un distribuidor, el cual cuenta con dos salidas; una para la carga de la botella de 6 litros.(Esta línea es la misma para su carga que para su descarga), y otra salida que llega hasta el cánister absorbente de CO<sub>2</sub>, para la inyección y regeneración del ambiente interior de la torreta.

Hay que señalar que la cantidad de O<sub>2</sub> que se inyecta al ambiente interior de la torreta a través del cánister es la contenida en la botella de 6 litros, evitando así que se vierta una cantidad superior a la deseada y el peligro de grandes concentraciones de oxígeno.

El distribuidor de oxígeno cuenta con una toma lateral por donde recibe el oxígeno, una vez en el interior del distribuidor, este se divide en un circuito en forma de "T" que distribuye el oxígeno, ó para carga de la botella de 6 litros, ó para inyectarlo en el canister absorbente de CO<sub>2</sub>.

El distribuidor para seleccionar el circuito que quiere alimentar cuenta con dos válvulas de aguja que dependiendo de cual de ellas se deje abierta o cerrada distribuye el oxígeno a un circuito

o al otro. Entre las dos válvulas se encuentra ubicada una chapeta en forma de media luna, que según la posición en que se encuentre, impide la manipulación accidental de las válvulas.



**8.10. Sistema de suministro de oxígeno a torreta.**

- 2. Válvula presión referencia para reductora de oxígeno.
- 3. Válvula de entrada de oxígeno de media presión.
- 3.1. Válvula inyectora de llenado del tanque de servicio de oxígeno.
- 12. Válvula inyectora de llenado del tanque de servicio de oxígeno.
- 12.1. Válvula inyectora de oxígeno al canister de absorbente.
- 25. Válvula de llenado de la botella de oxígeno.
- 26. Válvula de servicio de la botella de oxígeno.
- 42. Canister de absorción de CO<sub>2</sub>
- \*. Tanque de servicio de oxígeno 6 litros



#### **8.4.9. SEÑALES DE PRESIÓN Y PROFUNDIDAD DESDE LA TORRETA HACIA SUPERFICIE**

Las líneas de control de presiones y profundidad, dan señal desde la torreta y llegan al control de inmersiones por medio de unos tubos de señal que se encuentran en el umbilical de la torreta. Estas señales son:

- (\*) señal de presión interior torreta
- (\*) señal de presión exterior torreta
- (\*) señal de profundidad buzos I y II

##### **8.4.9.1. SEÑAL DE PRESIÓN INTERIOR TORRETA HACIA SUPERFICIE**

Esta señal se toma en el interior de la torreta por medio de una válvula, que al abrirla deja que la presión fluya a través de una toma exterior con su válvula, a la que va conectada un tubo de cobre al que va conexasionado el tubo de color azul específico para este fin en el umbilical, el cual llevará la señal de presión hasta la toma de recepción situada en el control de inmersiones.

##### **8.4.9.2. SEÑAL DE PRESIÓN EXTERIOR TORRETA HACIA SUPERFICIE**

Esta señal se toma en el exterior de la torreta por medio del tubo de señal que el umbilical incorpora y que va adosado al exterior de la torreta. A través de este tubo nos llegará la señal hasta la toma situada en el control de inmersiones para este fin. Esta señal que viene desde el exterior de la torreta, es comandada desde el control de inmersiones.

##### **8.4.9.3. SEÑAL DE PROFUNDIDAD DE LOS BUZOS I Y II HACIA SUPERFICIE.**

Esta señal se toma en el interior de la torreta, por medio de dos tomas situadas detrás del cuadro de control de respiración de buzos, a éstas van conectados los tubos de señal que llevan los buzos incorporados en su equipo. Desde aquí la señal pasa a través de dos válvulas hacia el exterior de la torreta, donde se encuentran con dos válvulas de salida y dos tomas de conexión, de donde salen dos tubos de cobre para conectarse con los tubos de señal rojo y verde que componen el umbilical. Estas señales llegarán, a través de estos tubos de señal, hasta el control de inmersiones.

#### **8.4.10. MEDIDAS DE LA PRESIÓN INTERIOR Y EXTERIOR DENTRO DE LA TORRETA.**

En el interior de la torreta se tiene referencias de la presión exterior e interior de la torreta, mediante un cuadro dotado de dos manómetros en los que se puede tomar lectura de presiones en metros de columna de agua.

La presión interior se mide a través de una toma directamente de la atmósfera interior de la torreta, la señal recibida a través de esta toma, llega para su lectura al manómetro con escala de 0-250 metros situado en el cuadro que hemos mencionado anteriormente.

La presión exterior de la torreta se toma a través de una toma directamente de la atmósfera exterior de la torreta. Esta toma exterior manda la señal hacia el interior de la torreta por medio de una válvula que deja pasar la señal a través de un tubo de cobre conectado a un manómetro con una escala de 0 a 250 metros situado en el mismo cuadro que el manómetro de presión interior.

#### **8.4.11. SEÑALES DE ANÁLISIS DESDE LA TORRETA HACIA SUPERFICIE.**

Este circuito proporciona una señal de la atmósfera interior de la torreta en el control de inmersiones, para su posterior análisis.

La señal se toma en el interior de la torreta por medio de una válvula, que al abrirla, deja paso a la muestra a través de ella y el pasamamparo hasta una válvula de salida, en la que va conectado un reductor para análisis, al cual va conectado el tubo de señal de color negro que va en el umbilical, llegando la señal hasta el control de inmersiones, para su análisis.

#### **8.4.12. SISTEMA DE IGUALACIÓN DE PRESIONES ENTRE LA PORTA INTERIOR, TRONCO DE SEPARACIÓN INFERIOR, Y PORTA EXTERIOR DE LA TORRETA.**

Este sistema funciona por medio de una válvula de cuerpo esférico situada en la porta interior, que al estar cerradas las dos portas, permite que la presión interior de la torreta circule a través de ella y se comunique en el interior del tronco de separación, equilibrando así las presiones entre las dos portas para permitir su apertura.

#### **8.4.13. SISTEMA DE IGUALACIÓN DE PRESIÓN EN EL TRONCO LATERAL DE LA TORRETA.**

Este sistema es muy simple ya que se realiza la equipresión en el tronco lateral de la torreta al acoplarse ésta a la cámara principal, una vez acoplada, desde el control de inmersiones se presuriza el túnel de transferencia, hasta igualar su presión con la del interior de la torreta, y después aumentarla un poco para poder abrir la porta. Desde la torreta esto se comprueba por medio de un manómetro de 0-25 bar, situado en la porta lateral interior de la misma.

### **8.5. SISTEMAS, CIRCUITOS, Y APARATOS ESPECIALES EN LA TORRETA**

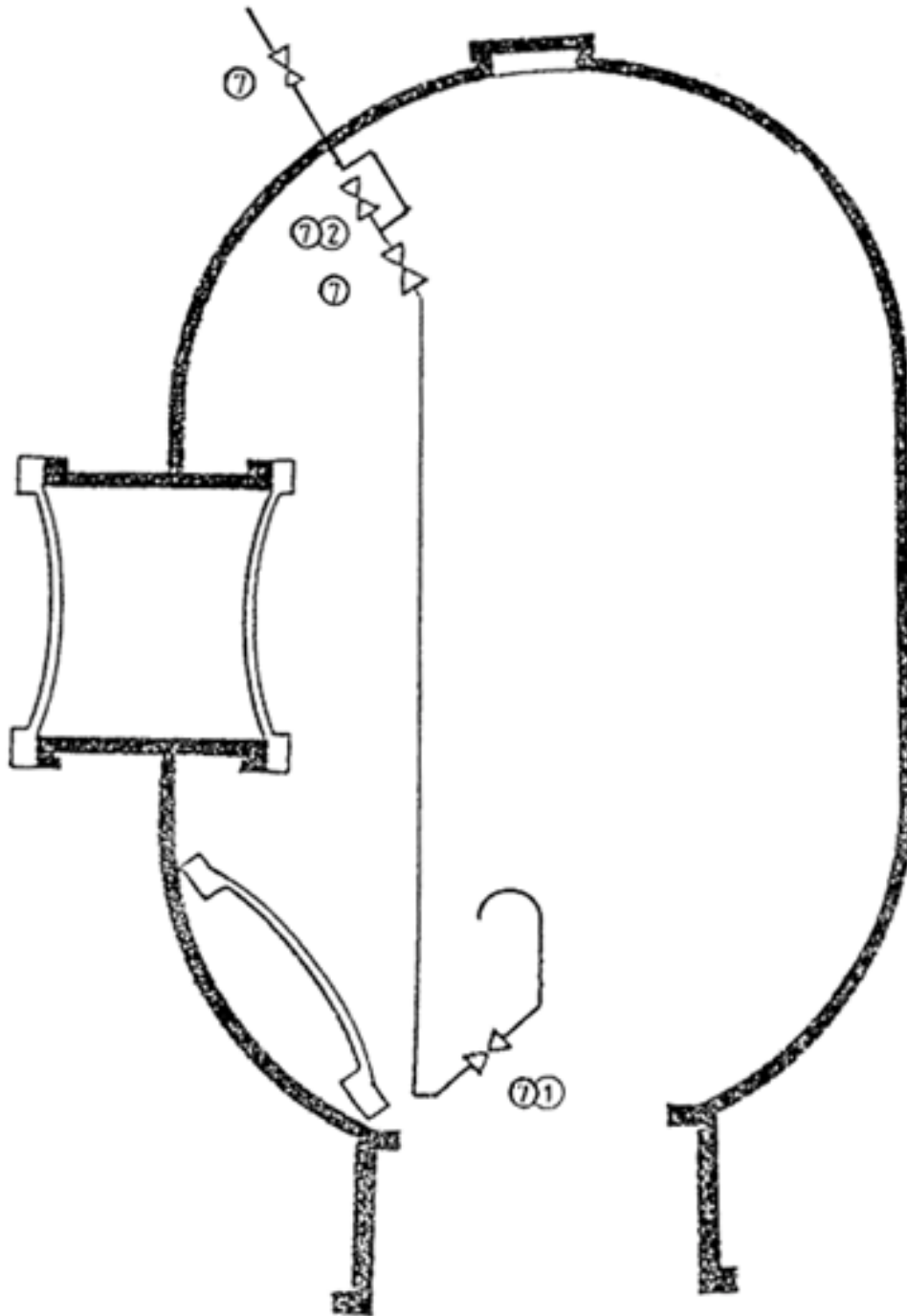
#### **8.5.1. SISTEMA DE CONTROL DEL NIVEL DE AGUA DENTRO DE LA TORRETA**

Este sistema permite controlar el nivel de agua en el interior de la torreta, para ayudar a los buzos tanto a subir como a salir de la torreta con el mínimo esfuerzo.

En el exterior de la torreta se encuentra la válvula de entrada de agua al circuito. En el interior de la torreta, se encuentran tres válvulas distribuidas a través de un tubo de cobre acabado en su parte inferior en un codo que vuelve hacia arriba hasta una altura de 500 mm por encima del túnel inferior, una línea roja determina el nivel máximo permitido para el llenado de agua.

La misión de cada válvula es la siguiente, la válvula superior es la encargada de dejar pasar presión al circuito y provocar un efecto de arrastre que hará que cuando abramos la válvula intermedia del circuito, entre agua al mismo, mientras que la válvula inferior es la que deja salir al agua al interior de la torreta. El control del llenado de agua lo haremos con la válvula intermedia que es la que deja pasar al agua al interior del circuito.

El desalojo del agua lo haremos por diferencia de presiones, mientras subimos con la porta inferior exterior abierta, hasta la primera parada de descompresión; ó bien presurizando la torreta, esta última forma tiene el inconveniente de que nos podemos pasar de la profundidad de tabulación. Los aparatos eléctricos colocados dentro de la torreta, estarán como mínimo a 15 cm por encima de la línea roja del nivel de agua.



*Fig. 8.11. Sistema de control del nivel de agua en el interior de la torreta.*

- 7. Válvula de alta exhaustación del control del nivel de agua.*
- 7.1. Válvula de exhaustación baja del control del nivel de agua.*
- 7.2. Válvula de agua exhaustación alta.*

### **8.5.2. CIRCUITO DE AGUA CALIENTE PARA LA TORRETA**

El circuito de agua caliente, alimenta a los buzos I y II, y mantiene la temperatura en el interior de la torreta por medio del intercambiador de calor. El hombre torreta no dispone de suministro de agua caliente.

El agua caliente se suministra desde superficie, a través de las mangueras (A) y (B) del umbilical principal, la primera para la entrada de agua, y la otra, de salida para la recirculación de la misma. Estas dos mangueras al llegar a la torreta se conectan a las tomas que hay en el exterior de la misma. La manguera (A) que se conecta a la válvula de entrada, da paso al agua hacia el interior de la torreta, pudiendo circular a través del intercambiador de calor para mantener una cierta temperatura en el interior de la torreta, ó, alimentar directamente el circuito de agua caliente de los buzos I y II. Este circuito dispone de un colector en el que están acoplados unos caudalímetros con sus tomas donde se conectan las mangueras para el paso del agua a través de los trajes de los buzos, además de un termómetro que nos informará de la temperatura del agua. El agua circula a través de este colector y llega hasta la válvula de salida, para que el agua pueda recircularse.

### **8.5.3. CONTROL HIDRÁULICO DE LA PORTA INFERIOR EXTERIOR DE LA TORRETA**

El control hidráulico de la porta inferior exterior de la torreta se realiza por medio de una bomba hidráulica manual situada en el interior de la torreta y un gato hidráulico rotativo situado en la misma porta. La bomba hidráulica manual transmite presión de aceite al gato hidráulico rotativo, que en su interior cuenta con unos engranajes, los cuales hacen que se cierre o abra la porta dependiendo del sentido de circulación del aceite; lo que se consigue por medio de un selector, que consiste en una válvula de bay-pass situada en el interior de la torreta para cambiar el sentido de circulación del aceite.

Cuando la torreta vaya a ir al agua cerraremos la porta inferior exterior mediante su sistema hidráulico, una vez la torreta esté sumergida y se hayan comprobado pérdidas se pasará la palanca selectora a la posición de neutro para que al equilibrar presiones entre el interior de la torreta y el exterior de la misma, la porta se habrá sola.

### **8.5.4. APARATO RECUPERADOR DE EMERGENCIA DE LOS BUZOS**

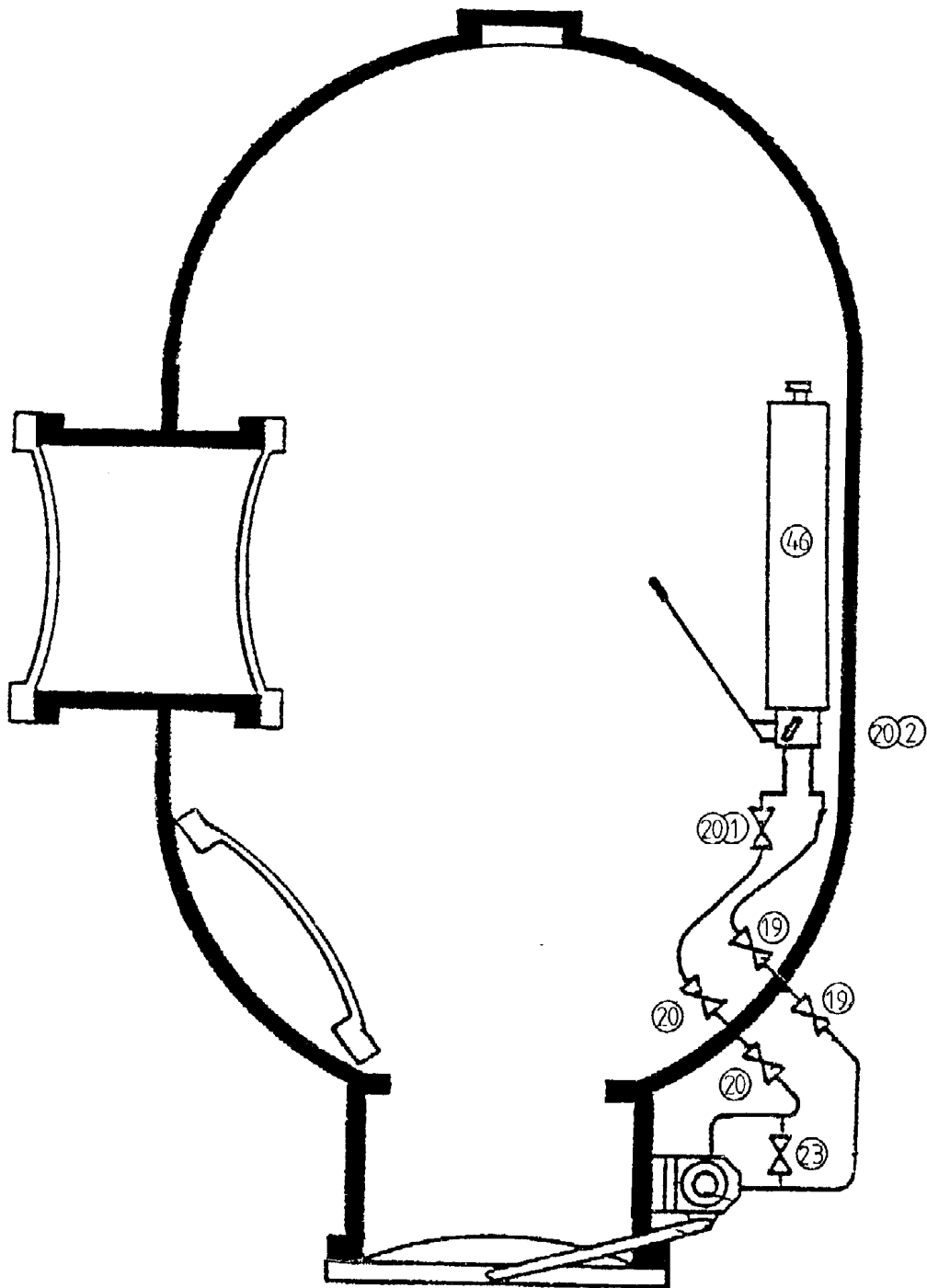
Este aparato permite izar a los buzos en caso de emergencia, es decir cuando un buzo esté inconsciente ó herido, ya que este aparato permite izar varios cientos de Kg.

Este aparato multiplica su fuerza por medio de un sistema de poleas, que por entre las cuales se desliza un cabo con un mosquetón de enganche en su chicote, este cabo pasa también por una especie de llave de catraca que es la que realiza la acción de tirar del cabo izando al buzo.

### **8.5.5. APARATO DE ABSORCIÓN DE CO<sub>2</sub> EN EL INTERIOR DE LA TORRETA**

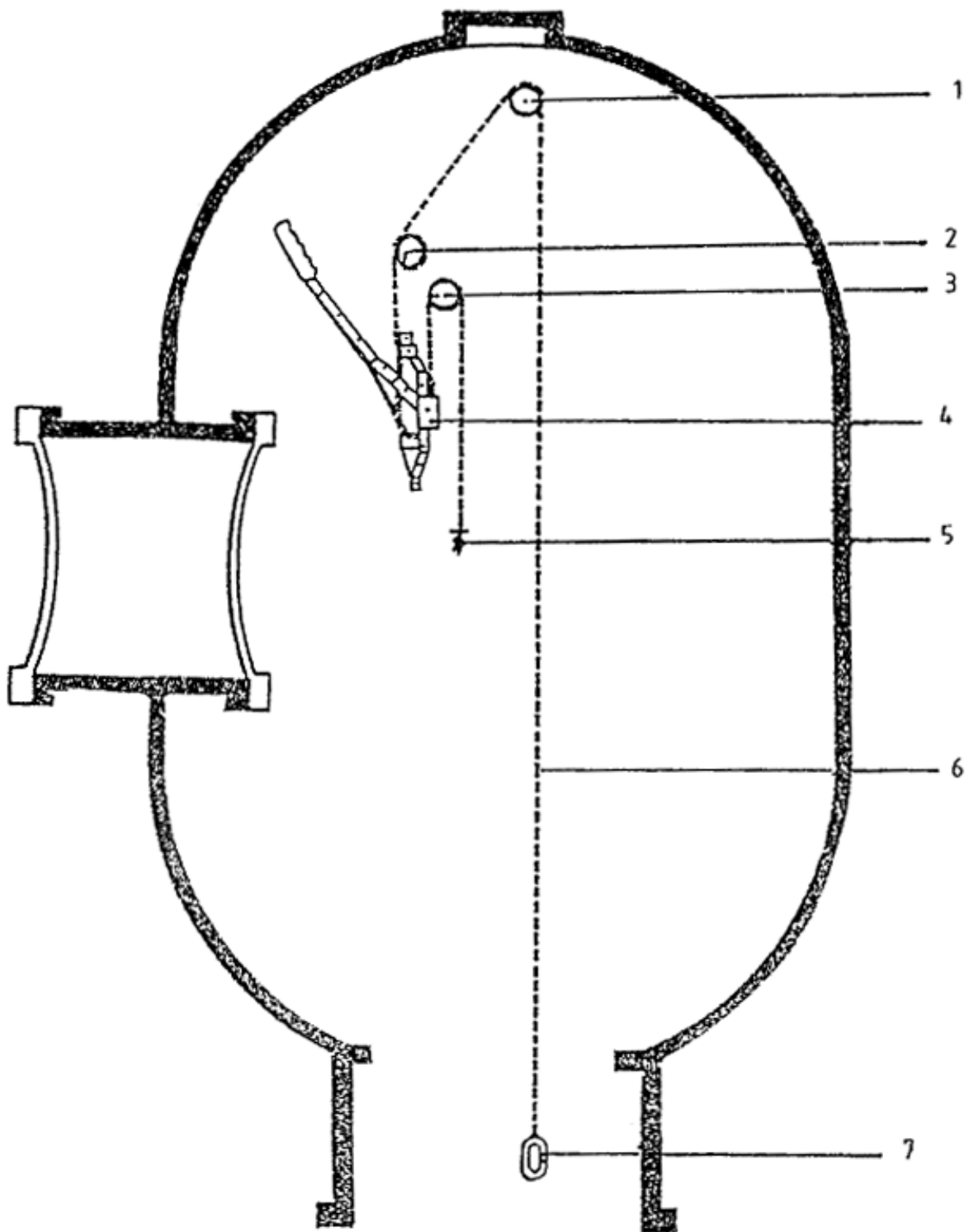
Este aparato permite regenerar la atmósfera ambiental en el interior de la torreta.

Este sistema está formado por un cilindro en el que se aloja una canasta perforada que contiene el material absorbente ( cal sodada ). En la parte inferior del cilindro se encuentra un pequeño ventilador, que funciona con 24 Vol. C.C. y su misión es la de recircular el gas contenido en el ambiente interior de la torreta. Sobre este mismo aparato se inyecta el oxígeno para corregir el porcentaje del mismo en el interior de la torreta.



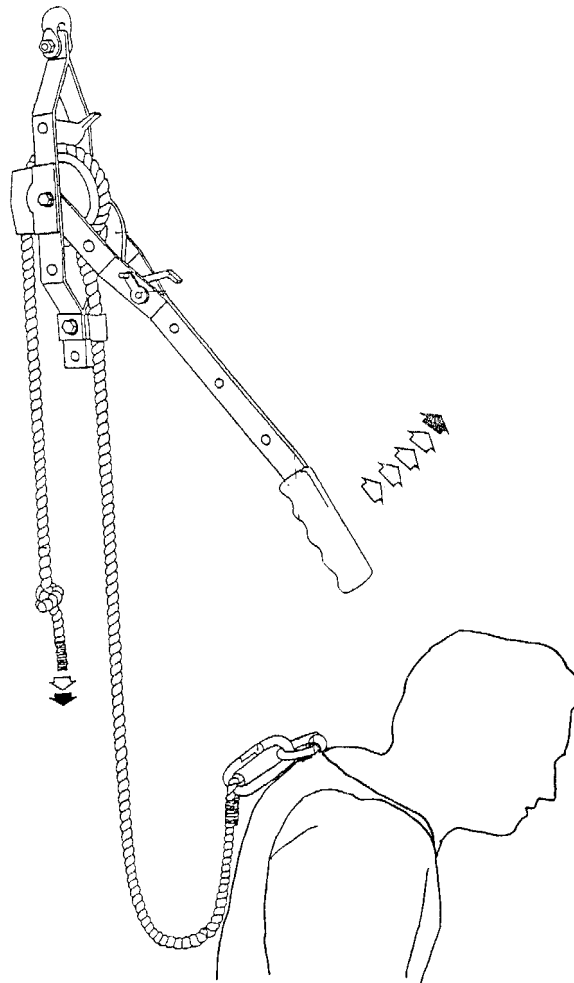
*Fig. 8.12. Sistema hidráulico de apertura de la escotilla inferior.*

- 19. Válvula de presurización del sistema hidráulico de cierre-apertura.*
- 20. Válvula de presurización del sistema hidráulico de apertura-cierre.*
- 20.1. Válvula alta flujo hidráulico de apertura escotilla.*
- 20.2. Válvula selectora de función apertura-neuto-cierre.*
- 46. Bomba hidráulica de accionamiento de la escotilla desde el exterior.*



*Fig. 8.13. Sistema de recuperación de buzos. (MASDAN).*

- 1, 2 y 3 Poleas.
- 4.- Tirador del cabo del MASDAM.
- 5.- Nudo al final del cabo.
- 6.- Sustentación final del cabo.
- 7.- Grillete de resorte (cierre).



**Fig.8.14. Recuperación del buzo mediante el MASSDAN**

### 8.5.6. SISTEMA DE LOCALIZACIÓN DE EMERGENCIA DE LA TORRETA

Todas las torretas ubicadas en buques con posicionamiento dinámico, deben estar equipadas con un sistema que sea capaz de indicar y asegurar su localización en caso de perder su posición.

Todos estos requerimientos se logran por medio de una luz electroboscópica y un trisponder acústico, que irá fijado en la parte superior de la torreta, protegido de golpes y posibles eventualidades que puedan deteriorarlo.

Características del trisponder:

- \* Frecuencia de interrogación.....Canal A 38,5 KHz  
Canal B 39,5 KHz
- \* Frecuencia de respuesta.....37,5 KHz
- \* Rango máximo.....500 metros

Las baterías deben comprobarse cada 6 meses, ó después de su uso.

**NOTA:** En la actualidad no está instalado este sistema.

### **8.5.7. SISTEMA DE TELEMEDIDA ( MINITRANS )**

Es un sistema de telemetria y vías múltiples, destinadas a mandar información analógica de presión, tensión, corriente, oxígeno y temperatura, con sólo dos hilos, desde el fondo a superficie.

Este sistema consta de dos partes distintas, la parte de fondo o torreta y la parte de superficie. La unión de ambos se realiza por medio de un cable protegido y reforzado con una sección cruzada de al menos 0,6 mm<sup>2</sup>.

#### **8.5.7.1. PARTE DEL FONDO Ó TORRETA**

En la torreta debe ubicarse una tarjeta con circuitos electrónicos que procese los datos recogidos por los sensores.

El dato se amplifica y se manda a superficie a través de los cables. Esta tarjeta está protegida por una resina y puede soportar una presión exterior de 45 bar. Esta tarjeta trabaja con una corriente alterna de 24 voltios y una potencia máxima de 5 watios.

#### **8.5.7.2. PARTE DE SUPERFICIE**

Sobre una cremallera se montará la parte electrónica de superficie. Las medidas se muestran por medio de lecturas digitales. También permite el registro de los 4 parámetros medidos para referencias futuras. Las características de este equipo son las siguientes:

110/220 volts C.A , 20 wat. 50/60 ciclos.

**NOTA:** En la actualidad no está instalado este sistema

### **8.5.8. SISTEMA DE COMUNICACIONES Y CIRCUITO CERRADO DE T.V. DE LA TORRETA**

La torreta dispone de un sistema de comunicaciones y un sistema de circuito cerrado de T.V. que permite a ésta, estar en todo momento en contacto audiovisual con superficie. Lo que supone una gran medida de seguridad y confianza para los integrantes de la operación.

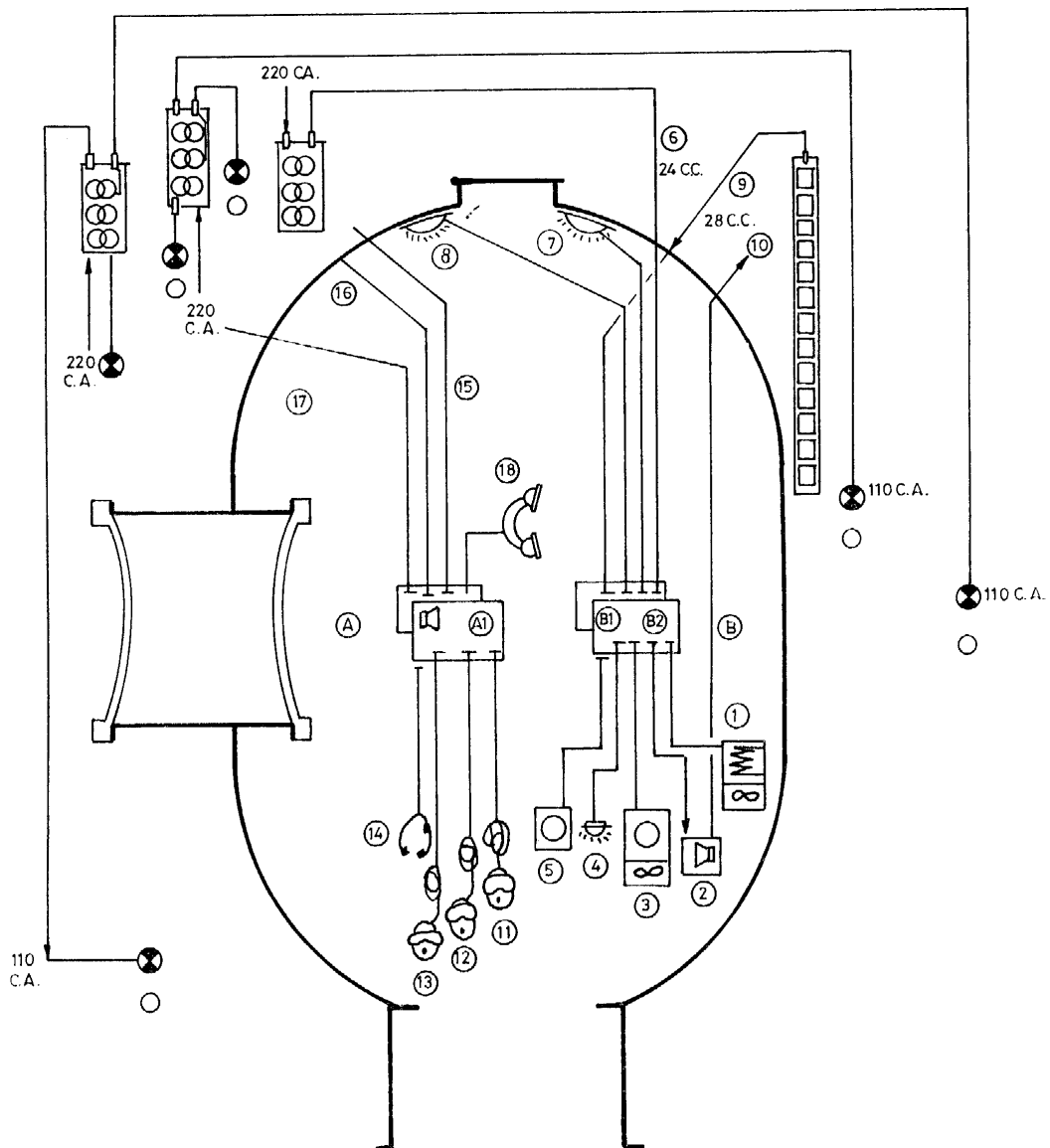
#### **8.5.8.1. SISTEMA DE COMUNICACIONES DE LA TORRETA**

El sistema de comunicaciones en la torreta permite tener enlace entre superficie/torreta superficie / bellman y superficie / buzos I y II.

Esta versatilidad en las comunicaciones se consigue por medio de una caja de conexiones que se encuentra en el interior de la torreta, cuyo fin es el de centralizar todas las tomas de comunicaciones, tanto las que vienen del exterior como las que proceden del interior. Las tomas del exterior de la torreta, vienen del módulo de control de inmersiones a través del umbilical por los cables de color amarillo, que para este fin lleva en su interior. Estas tomas al llegar a la torreta se conectan en los diferentes puntos de conexión exteriores según el servicio de comunicaciones al que está destinado. Estos puntos de conexión son:

- \* comunicaciones I
- \* comunicaciones II





**Fig. 8.15. Sistema eléctrico y de comunicaciones.**

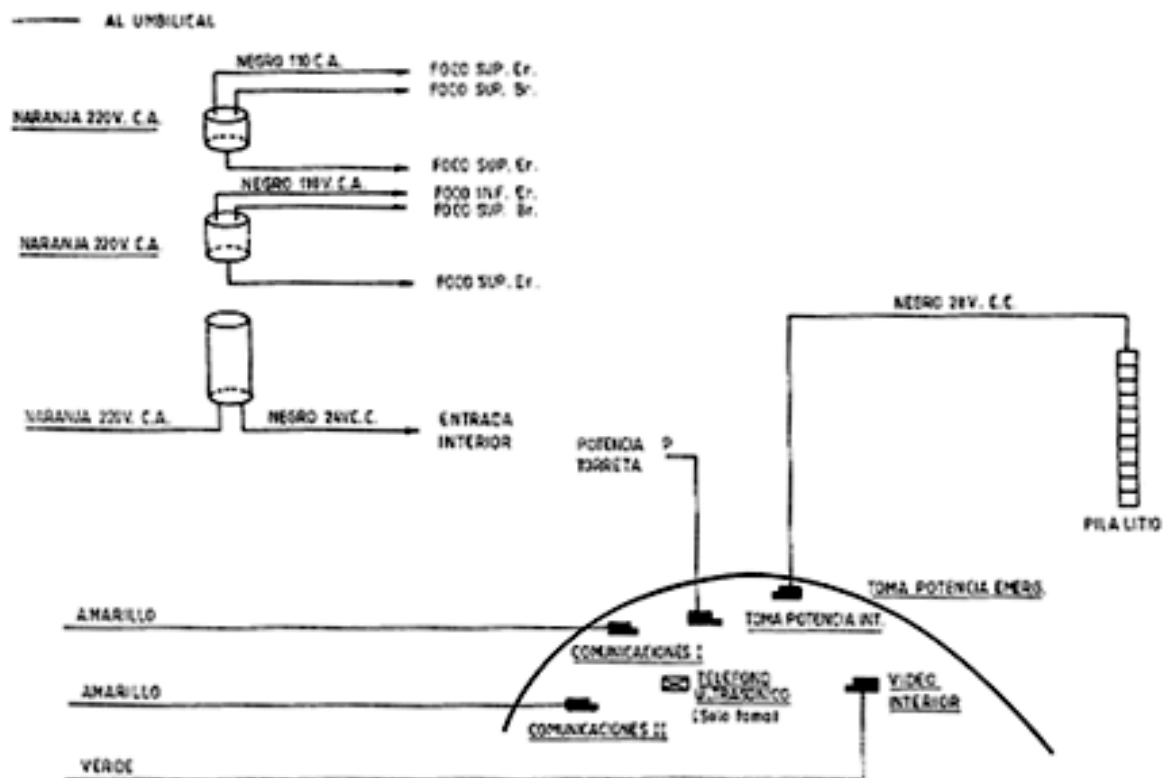
- |   |  |
|---|--|
| 1. Calefactor interior de torreta.          | 10. Cable tras recepción teléfono ultrasónico                      |
| 2. Teléfono ultrasónico.                    | 11. Comunicaciones buzo 1.   |
| 3. Ventilador del caniste CO <sub>2</sub> . | 12. Comunicaciones buzo 2.   |
| 4. Iluminación de emergencia.               | 13. Toma auxiliar de comunicaciones.                               |
| 5. Analizador de gases.                     | 14. Toma de comunicaciones H. torreta para interior de la torreta. |
| 6. Entrada de potencia principal.           | 15. Conexiones cable de comunicaciones 2.                          |
| 7. Foco de iluminación popa.                | 16. Conexiones cable de comunicaciones 1                           |
| 8. Foco de iluminación proa.                | 17. Comunicaciones H. torreta umbilical exteriores.                |
| 9. Entrada potencia energía. .              | 18. Teléfono autoexcitado.   |

Una vez los cables pasan al interior de la torreta a través de estos puntos de conexión, llegan hasta una caja de conexiones en cuyo interior se encuentra una regleta, en la que se realizan las diferentes conexiones entre las terminales de los cables que provienen de la superficie a través del umbilical y entre las terminales que provienen de los diferentes servicios de comunicaciones, que son:

- \* comunicaciones superficie / buzo I
- \* comunicaciones superficie / buzo II
- \* comunicaciones superficie / bellman
- \* comunicaciones superficie / torreta
- \* comunicaciones superficie / torreta por teléfono autoexcitado.

Las conexiones de estos servicios a la regleta están realizadas por un código de colores para englobar unos servicios en la toma de comunicaciones I y otros servicios en la toma de comunicaciones II. Falta determinar cuales son los colores que corresponden a un servicio y cuales a otro.

**NOTA:** Las comunicaciones entre superficie / bellman se realizan al conectar la toma del cable de comunicaciones que lleva el umbilical del hombre torreta y que está adujado en el exterior, con una toma que tiene la torreta para este fin y que se encuentra también en el exterior. Al conectar ambos la señal es llevada interiormente por un cable hasta la caja de conexiones anteriormente mencionada.



*Fig. 8.16. Distribución de potencia eléctrica conectada a torreta.*

Las conexiones de las terminales de los distintos servicios que van a superficie, llegan al módulo de control de inmersiones, y aquí se distribuyen de la siguiente forma:

Los servicios de comunicaciones superficie / hombre torreta, superficie / buzos I y II se conectan a una caja de conexiones, de donde salen unas terminales hacia una caja de centralización de servicios, que permite seleccionar el servicio de comunicaciones a utilizar individualmente. A esta caja de selección de servicios de comunicaciones irá conectada también la central telefónica y el modulador de voz.

El servicio de comunicaciones por teléfono autoexcitado conectará sus terminales en el control de inmersiones al teléfono que se encuentra en este lugar. No pudiéndose seleccionar este servicio desde la caja de centralización de servicios de comunicaciones, por ser este totalmente independiente de los servicios anteriormente mencionados.

#### **8.5.8.2. SISTEMA DE COMUNICACIONES DE EMERGENCIA .**

El sistema de comunicaciones de emergencia de la torreta está compuesto por un teléfono ultrasónico, el cual permite la comunicación entre torreta y superficie sin necesidad de líneas que se conecten entre ellos. También se podría considerar como comunicaciones de emergencia el teléfono autoexcitado.

**NOTA:** en la actualidad el teléfono ultrasónico no está instalado

#### **8.5.8.3. SISTEMA CIRCUITO CERRADO DE T.V. DE LA TORRETA**

La torreta dispone de un sistema de circuito cerrado de T.V. conectado con superficie a través de unos cables de color verde que componen el umbilical. Este sistema permite al equipo de superficie en el control de inmersiones tener una conexión audiovisual de todo lo que ocurre en el interior de la torreta durante el transcurso de la operación de buceo.

Este sistema está compuesto de:

- \* cámara de vídeo
- \* unidad de potencia
- \* monitor.

En el interior de la torreta se encuentra ubicada una cámara de T.V. instalada dentro de un alojamiento especial y protegida por un cristal altuglass como el de los portillos. La cámara se conecta a la unidad de potencia, situada en el módulo de control de inmersiones, por medio de un cable de conexión que lleva el umbilical en su interior. Una vez conectada la cámara a la unidad de potencia, esta unidad se conectará al monitor del módulo de control de inmersiones. Para tener más información técnica de los componentes de este sistema, remitirse al manual COMEX apartado (7).

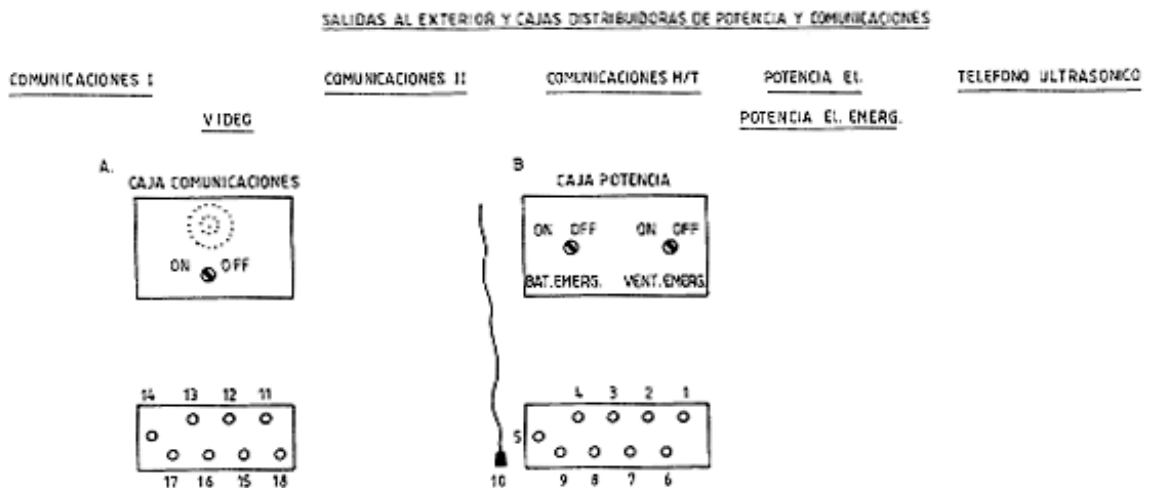
#### **8.5.9. LINEA DE SEGURIDAD ( SNUB LINE )**

La línea de seguridad tiene como misión el soportar el peso de la torreta en caso de rotura del cable de suspensión. Está compuesta por un cabo de 32 mm de diámetro, que se acoplará a la torreta antes de la interfase, cuando la torreta se encuentra en la superficie del mar, momento en el que está en su peso máximo y es cuando más le afectan: el peso en el aire, las aceleraciones debidas a las olas, y las reacciones debidas a los movimientos del barco.

Esta línea se fija por un lado a la torreta, y por otro a un punto sólido de anclaje sobre la cubierta del barco.

Características del cabo:

- \* cordaje de 32 mm de diámetro.
- \* tensión de ruptura de 18,7 T.
- \* dilatación 25 %.



**Fig. 8.17. Salidas al exterior y caja distribuidoras de potencia y comunicaciones.**

- |   |   |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Calentador de atmósfera de la torreta.</li> <li>2. Alimentación del teléfono ultrasónico.</li> <li>3. Ventilador canister de absorbente de CO<sub>2</sub>.</li> <li>4. Iluminación de emergencia.</li> <li>5. Toma de corriente analizador de gases.</li> <li>6. Entrada de potencia principal.</li> <li>7. Foco iluminación popa.</li> <li>8. Foco iluminación proa.</li> <li>9. Entrada de potencia de emergencia.</li> <li>10. Cable trans/recep. teléfono ultrasónico.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>11. Comunicaciones del buzo 1.</li> <li>12. Comunicaciones del buzo 2.</li> <li>13. Toma de comunicación extra.</li> <li>14. Toma de comunicación H/T para interior torreta.</li> <li>15. Conexión cable comunicaciones II.</li> <li>16. Conexión cable comunicaciones I.</li> <li>17. Comunicaciones H/T umbilical exterior.</li> <li>18. Teléfono autoexcitado.</li> </ol> |
|---|---|

## 8.5.10. UMBILICALES DE LOS BUZOS I Y II, Y HOMBRE TORRETA

### 8.5.10.1. UMBILICALES DE LOS BUZOS I Y II

Cada buzo tiene su propio umbilical con una longitud de 29 metros; un alcance razonable para la mayoría de los trabajos a realizar desde la torreta. Estos umbilicales llevarán, los siguientes elementos:

- \* 1 manguera flexible de un solo tramo con conexiones giratorias (norma S.A.E.100R3)
- \* 1 cable de comunicaciones

- \* 1 manguera de profundidad
- \* 1 manguera de agua caliente
- \* 1 línea de seguridad con cierre de resorte y grillete al final de los buzos

### **8.5.10.2. UMBILICAL HOMBRE TORRETA**

Se trata de un umbilical con menos servicios debido a que el hombre torreta realiza la función de control y seguridad.

Su longitud es unos 2 metros mayor que los umbilicales de los buzos I y II, ya que este umbilical se encuentra estibado en el exterior de la torreta, lo que obliga a los buzos cuando salen de la torreta a llevar el terminal del umbilical del hombre Torreta para su conexión en el interior de la misma.

Este umbilical está compuesto por los siguientes elementos:

- \* 1 manguera flexible para el gas
- \* 1 cable para comunicaciones
- \* 1 línea de seguridad

### **8.6. SUMINISTRO ELÉCTRICO DE LA TORRETA**

El suministro eléctrico de la torreta se puede dividir en dos:

- A) suministro principal
- B) suministro de emergencia

El suministro principal da alimentación a todos los servicios eléctricos de la torreta, mientras que el suministro de emergencia alimenta los servicios eléctricos del interior de la misma.

El suministro eléctrico principal de la torreta proviene de la superficie a través del umbilical, llegando a través de él corriente de 110 volt. y 24 volt., mientras que el suministro de emergencia, a través de una batería de litio ubicada en el exterior de la torreta, provee de una corriente de 24 volt.

#### **8.6.1. SUMINISTRO ELÉCTRICO PRINCIPAL DE LA TORRETA**

Este suministro proviene del módulo de control de inmersiones situado en superficie, este módulo cuenta en su interior con una serie de transformadores y cuadros de distribución, que son los que transforman la corriente de 380 volt. A 110 y 24 volt. distribuyéndola y dando potencia al cuadro de potencia de la torreta situado también en el módulo de control de inmersiones.

De este cuadro se selecciona el servicio de la torreta al que se quiere suministrar potencia esta potencia llega a la torreta a través de unos cables de color naranja que lleva el umbilical en su interior para este fin.

Estos cables al llegar a la torreta se conectan a tres cajas estancas donde se realizarán las conexiones pertinentes para que la potencia llegue a los servicios que a continuación enumeramos:

- \* suministro eléctrico aparatos interior torreta
- \* suministro eléctrico alumbrado exterior torreta

### 8.6.2. SUMINISTRO ELÉCTRICO APARATOS INTERIOR TORRETA

Este suministro puede ser alimentado de dos formas. Por el suministro principal de superficie, a través del cable de color naranja que lleva el umbilical en su interior para este fin ó a través del suministro de emergencia.

La corriente que alimenta los aparatos en el interior de la torreta será de 24 volt., hay que puntualizar que el suministro principal para el interior de la torreta, alimenta todos los aparatos eléctricos que hay en el interior de la misma, mientras que el suministro de emergencia solamente alimentaría a los aparatos imprescindibles para el mantenimiento de vida.

Los aparatos eléctricos en el interior de la torreta son:

- \* alumbrado interior principal
- \* alumbrado interior de emergencia
- \* calefactor
- \* canister con absorbente de CO<sub>2</sub>
- \* teléfono ultrasónico
- \* analizador de gases

### 8.6.3. SUMINISTRO ELÉCTRICO APARATOS EXTERIOR TORRETA.

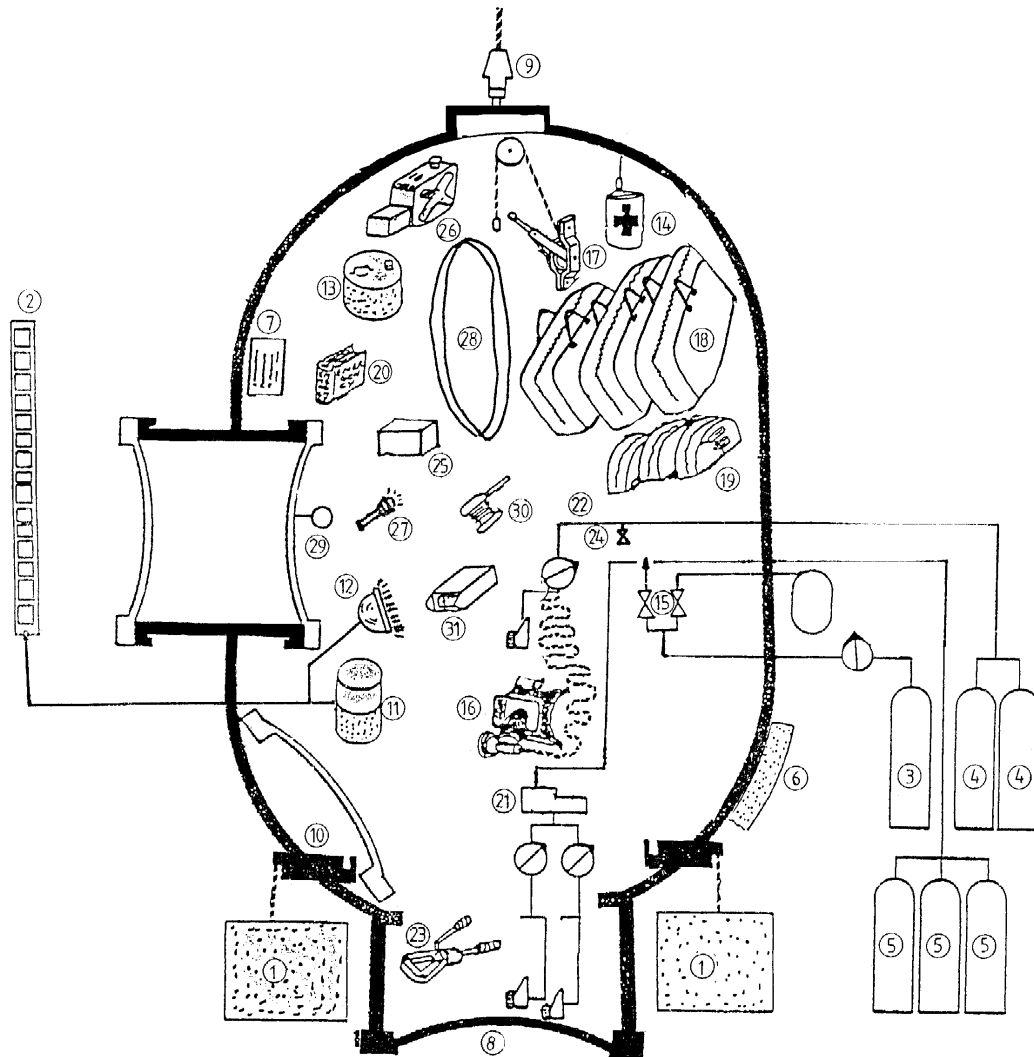
Este suministro llega únicamente desde superficie a través de uno de los cables naranjas que lleva el umbilical en su interior para este fin, al llegar a la torreta este cable se conecta a una de las tres cajas estancas de conexión que hay en el exterior de la misma, de donde saldrá la alimentación para dichos aparatos.

Lo que quiere decir que estos aparatos no contarían con un suministro de emergencia, ya que la batería de litio sólo alimentaría en caso de emergencia a algunos aparatos del interior de la misma ya que la corriente que proporciona es de 24 volt. c.c. mientras que la que necesitan los aparatos del exterior es de 110 volt. c.a..

Los aparatos que reciben suministro eléctrico en el exterior de la torreta son:

- \* alumbrado exterior de la torreta.

El alumbrado exterior de la torreta está formado por seis focos de 110 volt. 500W distribuidos de la siguiente forma, cinco en el anillo de protección superior y uno en la parte inferior de la torreta.



**Fig. 8.18. Equipos de emergencia de la torreta.**

- |   |  |
|---|--|
| 1. Lastre.                                    | 17. Tirados del MAASDAN.                     |
| 2. Botella de emergencia.                     | 18. Sacos de supervivencia.                  |
| 3. Botellas de oxígeno.                       | 19. Respiradores de emergencia.              |
| 4. Botellas de gas del hombre torreta.        | 20. Procedimientos de emergencia.            |
| 5. Botellas de gas de buzos.                  | 21. Gas buzos válvula de seguridad de fallo. |
| 6. Aislamiento de la torreta.                 | 22. Panel de gas hombre torreta.             |
| 7. Código de comunicaciones.                  | 23. Corta cables.                            |
| 8. Puerta externa en posición cerrada.        | 24. Válvula de presurización torreta.        |
| 9. Cable de quita y pon.                      | 25. Sacos sanitarios.                        |
| 10. Largado de lastre.                        | 26. Agua comida.                             |
| 11. Canister de CO <sub>2</sub> .             | 27. Linterna.                                |
| 12. Alumbrado de emergencia.                  | 28. Frisas tóricas reserva.                  |
| 13. Absorbente de CO <sub>2</sub> de reserva. | 29. Control presión del túnel lateral.       |
| 14. Kit de primeros auxilios.                 | 30. Tubos calorímetros.                      |
| 15. Inyección de oxígeno.                     | 31. Analizador de oxígeno.                   |
| 16. Máscara umbilical torreta.                |  |

#### **8.6.4. SUMINISTRO ELÉCTRICO DE EMERGENCIA DE LA TORRETA.**

Este suministro está alimentado por una batería de litio, que suministra corriente de 24 volt.c.c. a todos los aparatos eléctricos del interior de la torreta menos a los dos bulbos de luz, es decir que alimentaría solamente a:

- \* luz portátil de emergencia
- \* calefactor
- \* canister absorbente de CO<sub>2</sub>
- \* teléfono ultrasónico
- \* analizador

Esta batería está compuesta por un tubo cilíndrico de acero inoxidable, en cuyo interior están ubicadas diez baterías de 2,8 volt.



## BIBLIOGRAFIA

- HISTORIA DEL BUCEO. SU DESARROLLO EN ESPAÑA  
IVARS, J. Y RODRIGUEZ, T.  
Ediciones Mediterráneo, S. A. Murcia, 1987.  
ISBN 84-85856-53-8
- THE PROFESSIONAL DIVERS HANDBOOK.  
SISMAN, D.  
SUMEX  
19/21 Roland Way, London.  
ISBN 0-9508242-0-8
- THE DEEP-SEA DIVER  
MARTIN, ROBER C.  
CORNELL MARITIME PRESS, INC.  
CAMBRIDGE, MARYLAND. 1978  
ISBN 0-87033-238-4
- DEEP DIVING AND SUBMARINE OPERATIONS.  
DAVIS, ROBERT H. SIR  
London. The Saint Catherine Press LTD.  
39 Parker Street, W.C.2.
- SUBSEA MANNED ENGINEERING  
Gerhard F.K Haux y otros.- Bailliére  
Tindall.- Londres 1.982.  
ISBN. 0.7020-0749-8.
- REGLAMENTOS DE LAS SOCIEDADES DE CLASIFICACIÓN  
Det Norske Veritas.  
American Bureau of Shipping
- CÓDIGO DE LA O.M.I. (Organización Marítima Internacional)  
ASME