

“Empleo de esferas de polietileno como material de relleno en estructuras de Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio”.

Autor: José Medina Castillo.
Ingeniero en Construcción Naval, Investigador Auxiliar, Doctor en Ciencias Técnicas.
Cuba

RESUMEN

Este trabajo propone utilizar esferas huecas de polietileno de alta densidad como material de relleno de estructuras estancas de PRFV, que deben garantizar la estanqueidad y flotabilidad en embarcaciones, pontones, boyas de señalización y otros medios flotantes.

El texto analiza las ventajas de este material sobre los materiales de relleno usados en el país (poliuretanos), concluyendo que en algunos servicios es preferible el uso de esferas de relleno. Se expone como principal ventaja la posibilidad de hacer la estructura no estanca, y así evitar la engorrosa hermetización de estructuras plásticas.

Se incluyen los cálculos y diseños básicos para seleccionar y emplear esferas de polietileno en el relleno de cavidades estancas. Se muestra un ejemplo real del uso de esta tecnología.

INTRODUCCIÓN

Hace ya más de 50 años que el Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV) se convirtió en un material de uso común en la construcción naval. Su bajo costo de mantenimiento, resistencia al agua de mar, belleza en la terminación, y facilidades para las producciones seriadas han hecho de él un competidor aventajado del acero, el aluminio y la madera en las embarcaciones de hasta 25 m de eslora.

El PRFV tiene una notable resistencia mecánica y un peso específico bajo, los que unidos le otorgan una resistencia específica muy elevada. Estas ventajas han convertido al PRFV en un material constructivo no sólo de embarcaciones, sino también de diversas obras hidrotécnicas y de ayuda a la navegación. Pontones, muelles flotantes, boyas de señalización, etc., son algunos ejemplos de ello.

Sin embargo, existen dos propiedades del PRFV que limitan su uso en buques y medios flotantes. Ellas son su baja resistencia al impacto y los problemas de hermeticidad en juntas y uniones de piezas de plástico previamente laminadas por separado. Por ello los espacios estancos en estructuras de PRFV han de ser llenados con algún material ligero que desplace el agua en caso de falla o filtración del forro de PRFV. Para este servicio se han utilizado fundamentalmente espumas de poliuretano vertidas “in situ”, y que se pueden aplicar manual o mecánicamente por la unión de 2 componentes (comercialmente conocidos como poliol e isocianato)

En la actualidad existen diferentes materiales ligeros con estructuras de espumas o de panal, pero en su mayoría se comercializan ya polimerizados, en forma de planchas o bloques, y se utilizan fundamentalmente en estructuras sándwich, y no para relleno de cavidades.

Las espumas de poliuretanos no siempre ofrecen los mejores resultados como material de relleno. Son higroscópicas, compresibles y sus propiedades mecánicas son muy variables en dependencia de la calidad del proceso de polimerización, que tiene lugar durante el vertido de los componentes en la cavidad a llenar.

Por lo tanto, en ocasiones no cumplen con su función de segundo escalón de protección en la flotabilidad de un medio naval, al perder el compartimiento dado la estanqueidad. El agua que penetra al compartimiento comprime la espuma y se embebe en ella.

Como una variante de solución a esta problemática el autor de este trabajo propuso y probó en la práctica una variante que consiste en rellenar los espacios estancos con esferas plásticas huecas, específicamente de polietileno de alta densidad. Se trata de pelotas plásticas de las empleadas como juguete, y que producidas en grandes cantidades, se vierten en el espacio a llenar.

Esta solución no sólo resuelve las limitaciones que presenta el relleno de poliuretano, sino que ofrece una posibilidad cualitativamente nueva: dado que las esferas son estancas y resistentes a largas exposiciones en el medio marino, la cavidad o compartimiento de PRFV puede hacerse **no estanco**, y toda la flotabilidad recaerá sobre el relleno de esferas.

Se puede evitar así la hermetización de estructuras de PRFV, que es en ocasiones bien problemática.

1. POSIBILIDADES DE EMPLEO DE LAS ESFERAS.

Las esferas de polietileno como material de relleno pueden utilizarse en diferentes servicios. En principio, cualquier medio flotante de PRFV puede portar esferas plásticas en su interior, para garantizar la integridad de su reserva de flotabilidad. Los servicios más propensos al empleo de esferas de relleno (ver figura 1) son:

1. Los espacios estancos de las embarcaciones de PRFV.
2. Los tanques de insumergibilidad de los botes salvavidas.
3. El flotador de las boyas de ayuda a la navegación.

4. Los muelles flotantes.
5. Los flotadores de las artes de pesca y los jaulones para la acuí y maricultura.

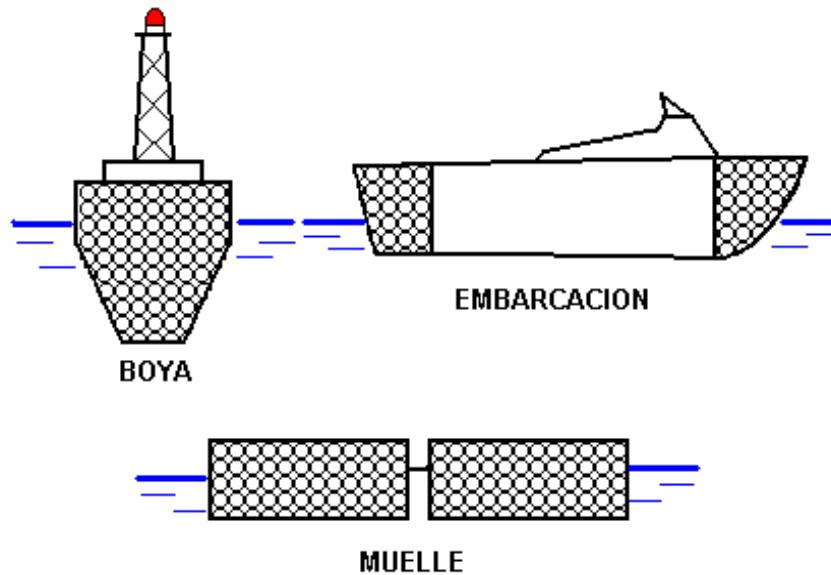


Fig. 1. Usos de las esferas como relleno.

Un empleo especial de las esferas es en el interior de flotadores de PRFV sometidos a presión exterior, por su uso subacuático en cualquier medio de empleo submarino. Es conocido que dado su bajo módulo de elasticidad, el PRFV no es recomendable como material de recipientes o estructuras sometidas a presión exterior, y por ello se necesitan medidas constructivas especiales, para utilizarlo con este fin.

La aplicación de esferas plásticas para este servicio cambia por completo este cuadro, pues el flotador submarino de PRFV puede hacerse no estanco, no sometido a presión.

En esta variante (ver figura 2) las esferas son las que soportan la presión exterior, y a la vez proporcionan la flotabilidad. Como es conocido, las esferas son la forma geométrica más adecuada para soportar presión, por lo que el material de relleno en este caso proporciona una relación peso/resistencia atractivo, a la vez que le otorga a la estructura una elevada fiabilidad para el trabajo submarino.

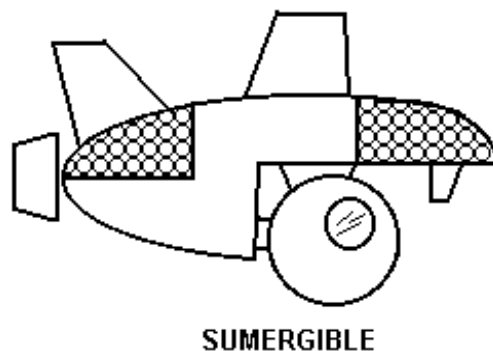


Fig. 2 Vehículo sumergible utilizando esferas como material de relleno en la exoestructura de plástico reforzado.

2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE ESFERAS PLÁSTICAS COMO MATERIAL DE RELLENO.

Las ventajas más atractivas de este material son:

1. Es un material de alta resistencia mecánica

2. No es higroscópico, no absorbe agua alguna
3. Puede ser expuesto por largos períodos de tiempo al ambiente marino. El polietileno no es atacado por organismos marinos.
4. Puede ser vertido, ocupando todos los espacios y rincones de la estructura.
5. **Permite hacer no estanco el compartimiento relleno, y toda la carga de la flotabilidad puede ser asimilada por las esferas.**
6. Puede ser extraído fácilmente para reparar o dar mantenimiento en el espacio relleno.
7. No despiden gases tóxicos durante el llenado de los espacios.

Las desventajas más significativas son:

1. Las esferas no ocupan todo el volumen del compartimiento, entre ellas existen espacios muertos. Según experiencia del autor, cuando el volumen de una esfera es significativamente pequeño con respecto al volumen del compartimiento, el volumen perdido es de alrededor del 30% del volumen del compartimiento. Este problema se puede solucionar utilizando esferas de diferentes diámetros (dos o tres diámetros diferentes). Ver figura 3.
2. El peso total del relleno es superior al peso que se obtiene al utilizar poliuretanos.
3. El almacenamiento y transportación de este material es más engorroso debido a las grandes cantidades de esferas que se deben manipular.



3. C/

3.1.

El producto se compone de una gran cantidad de esferas de polietileno huecas. Estas esferas son producidas por la industria del juguete, como pelotas para el juego, y por otras industrias, como la del cosmético, que utiliza esferas en los frascos de desodorante. Los diámetros pueden seleccionarse diferentes, siempre partiendo del principio de que el volumen de cada esfera debe ser entre 4000 y 6000 veces como mínimo, menor que el volumen del espacio a llenar. Los diámetros más comunes oscilan entre 25 mm y 100 mm.

Estas pelotas deben ser selladas en el proceso productivo, para que sean estancas. Este es un requisito adicional, pues normalmente la industria del juguete no sella la pelota, dejando un pequeño orificio para la inyección de aire durante el moldeado en la máquina de fundición de plástico. Esta sellaje se puede lograr durante la fundición o después de ella.

El grosor de la pared de la pelota se selecciona por el cálculo de resistencia mecánica, que se expone más adelante, pero en ningún caso debe seleccionarse menor de 1 mm, pues en caso contrario las pelotas se pueden deformar durante la manipulación del producto.

El color de la pelota puede seleccionarse cualquiera, pero se recomienda el color negro, pues este absorbe los rayos ultravioletas y evita el deterioro del polietileno por exposición a la luz solar.

3.2. Características del material.

Las características del polietileno de alta densidad (PAD) son las siguientes:

Peso específico: 1,1 gf / cm³

Módulo de elasticidad: 0,006 kgf / cm²

Resistencia a la tracción: 19 MPa (mínimo)

Resistencia de aislamiento a 20 °C: 10¹⁸ ohm. cm

Toxicidad: Material atóxico, empleado para elaborar juguetes para niños pequeños, que tienen contacto con las

vías respiratorias y digestivas, debidamente homologado.

Resistencia del PAD a la acción del medio exterior según las fuentes [4], [6].

1. Resistencia a las condiciones de exposición atmosférica: Tendencia al envejecimiento en exposiciones prolongadas a los rayos ultravioletas del sol (el color negro contribuye a contrarrestar esta insuficiencia), elevada impermeabilidad, resistencia a la fricción y a los golpes.
2. Resistencia al contacto con sales, álcalis, ácidos y derivados del petróleo: Muy elevada, por ello se utiliza para fabricar recipientes para almacenar combustibles y lubricantes.
3. Resistencia a la exposición en agua de mar: En este punto nos basamos en pruebas de exposiciones prolongadas (de hasta 15 años) de este material, realizadas por la firma Bell Laboratories, en Dayton Beach, Florida, y por el Laboratorio de Construcciones de la Marina de Guerra de EU en Coco Solo, Canal de Panamá. De estas pruebas se obtuvo lo siguiente:
4. Resistencia al agua de mar: Inerte a reaccionar. Sólo en exposiciones de más de 13-14 años se observó el agrietamiento en algunas zonas de las probetas debido a la oxidación del material (reacción con el oxígeno disuelto en el agua), que provoca la ruptura de las cadenas de polímeros. En exposiciones de menor duración este fenómeno no se manifiesta.
5. Resistencia a la acción de los microorganismos marinos (bacterias y hongos): El polietileno no es atacado por los microorganismos. Sólo se reportó la presencia de bacterias anaeróbicas sulfatoreductoras, cuya actividad no afecta las propiedades del material.
6. Resistencia a los macroorganismos: Por regla general la macrofauna y flora no se adhiere al polietileno, debido a que este posee una superficie dura y muy lisa (parafinada). No se reportó en ningún caso la presencia de escaramujos y algas. Sólo en una ocasión 2 probetas mostraron en una exposición prolongada, ataques del molusco conocido como "termita marina", que provocó daños en forma de cráteres de 3 mm de diámetro y 1,5 mm de profundidad.

En la fuente consultada se afirma que el polietileno de alta densidad es utilizado como recubrimiento exterior de los cables telefónicos submarinos, y que en 299 muestras de cables partidos y extraídos del fondo no se ha observado una sola avería o daño del recubrimiento.

3.3. Particularidades del proceso productivo.

La esfera se obtiene por fundición en caliente de polietileno granulado, en una máquina de fundición de plástico termodeformable. En la máquina se coloca un molde metálico en dos mitades de una esfera con el diámetro dado. Al fundir el polietileno granulado la máquina forma una manguera o "macarrón" de polietileno caliente y blando, la cual es atrapada por las dos mitades del molde, que se unen. Entonces al interior del molde por una aguja se inyecta aire a presión, que expande el "macarrón" dentro del molde y forma la pelota. El grosor de la pared de la pelota se logra regulando el grosor de la pared del "macarrón".

En algunas máquinas el orificio de inyección de aire se sella al abrirse el molde, pero en otras no se logra, y el orificio se debe sellar una vez producida la pelota, con ayuda de un cautín.

Las pelotas se deben revisar una a una. Cada lote (de 200-300 unidades), se controla al pesado por muestras. El control del pesaje es vital, pues permite conocer si la pelota se está fabricando con el grosor de pared solicitado.

Los lotes de pelotas se comprueban a la hermeticidad. Para ello se sumergen en agua durante un tiempo dado (30 min. a una hora), y se observa se existen burbujas, y una vez extraídas se comprueba que no tengan agua dentro agitándolas manualmente.

En caso de que existan requisitos de resistencia de una presión hidrostática determinada (para su empleo en artefactos submarinos), las pelotas deben ser sometidas a una prueba de presión en una cámara cerrada. Ver anexo A.

3.4. Especificidades del llenado de los compartimentos.

El llenado de los compartimentos con las esferas es un proceso menos complejo que el llenado con espumas de poliuretano.

Se debe practicar una abertura en la parte superior del compartimiento, en su zona más alta, la cual tendrá un área lo suficientemente grande como para dejar pasar varias esferas a la vez. Esta abertura puede sellarse de forma permanente al concluir el llenado, o utilizarse algún tipo de registro o tapa atornillada, para la revisión y el mantenimiento interior del espacio llenado.

El vertido de las esferas se realiza paulatinamente, y va acompañado de un remover constante de las esferas ya vertidas, para lograr que se acomoden, y ocupen el volumen del compartimiento lo más completamente posible.

En el caso de utilizarse dos esferas de diámetros diferentes, se verterán alternativamente cantidades similares de los dos tipos de esferas.

Al concluir el vertido, si es posible, se procederá a remover la embarcación para lograr el asentamiento final de la carga de esferas.

En caso de que el compartimiento sea no estanco, y la flotabilidad recaiga sobre las esferas, deben practicarse orificios en el fondo y en la cubierta, para permitir la entrada del agua y la salida del aire, por la parte superior del

compartimiento.

4. CÁLCULOS PARA LA SELECCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL.

Para una mejor comprensión de los cálculos, se acompaña cada explicación con un ejemplo, que se corresponde con el llenado de un compartimiento estanco (flotador) de proa, en una embarcación menor, con una carga de esferas de 75 mm de diámetro. El volumen del compartimiento es de $0,284 \text{ m}^3$. Además, se solicita que las esferas resistan una profundidad de inmersión de 30 m sin destruirse.

4.1. Cálculos de volumen y cantidad de esferas.

El cálculo persigue conocer cuantas esferas caben en un compartimiento de volumen dado, conociendo el volumen de cada esfera y el volumen del compartimiento. Se parte de que se conoce que, para un tamaño de las esferas significativamente menor con respecto a las dimensiones del recipiente que las contiene, se puede afirmar que las esferas ocupan el 70% del volumen del recipiente, y dejan libre el 30%.

El volumen de una esfera (calculado por la superficie exterior):

$$V_p = 4,189 R^3$$

donde:

R = 3,75 cm. – radio de una esfera.

Entonces $V_p = 220 \text{ cm}^3$.

El volumen de una esfera es de 220 cm^3

Los volúmenes netos que ocuparán las esferas en los flotadores se pueden calcular determinando el 70% del volumen total de cada flotador. Dividiendo el volumen neto de cada flotador entre el volumen de una esfera, obtenemos la cantidad de esferas que caben en dicho flotador. Este procedimiento se muestra en la tabla 1

Tabla 1

Flotador	Volumen total (m^3)	Volumen neto. 70% del volumen total (m^3)	Volumen de una esfera (m^3)	Cantidad de esferas (Volumen neto entre volumen de una esfera)
De proa	0,406	0,284	$220 \cdot 10^{-6}$	1291

Se puede afirmar entonces que en el flotador de proa de la embarcación caben 1291 esferas.

4.2. Cálculo del grosor de la pared de la esfera. Resistencia a la presión hidrostática.

El cálculo parte del principio de que la esfera al ser sometida a una presión exterior no falla por pérdida de la resistencia, sino por pérdida de la estabilidad de forma. Por ello la cuestión se reduce a determinar la presión crítica a la que se deforma la esfera, utilizando la fórmula propuesta al efecto en la fuente [3]:

$$q_{crit} = 0,3 \frac{E h^2}{R^2}$$

donde:

q_{crit} – presión crítica (de colapso).

E – módulo de elasticidad del material

h – grosor de pared de la esfera

R – radio de la esfera.

Dado que el interés del presente cálculo es determinar el grosor que debe tener la pared de la esfera para resistir una presión dada, la fórmula anterior debe ser despejada de la siguiente manera:

$$h = \sqrt{\frac{q_{crit} R^2}{0,3 E}}$$

La profundidad de trabajo solicitada para la esfera es de 30 m , lo que equivale a la actuación sobre ella de una presión manométrica de 3 kgf/cm² . Utilizando un coeficiente de seguridad igual a 2, podemos decir que la presión de colapso debe ser de 6 kgf/cm² , valor que debe colocarse en la fórmula como presión crítica de cálculo. Entonces tenemos como datos para el cálculo los siguientes:

Datos

$$q_{\text{crt}} = 0,06 \text{ kgf/mm}^2$$

$$E = 0,006 \cdot 10^4 \text{ kgf/mm}^2$$

$$R = 37,5 \text{ mm}$$

$$h = \sqrt{\frac{q_{\text{crt}} R^2}{0,3 E}} = \sqrt{\frac{0,06 \times 37,5^2}{0,3 \times 0,006 \cdot 10^4}} = 2,16 \text{ mm}$$

Resultado h = 2,16 mm

Es decir que la esfera **debe tener un grosor de 2,16 mm para poseer una presión crítica de colapso de 6 kgf/cm²** .

Resultados de las pruebas de presión exterior de las pelotas de diámetro 75 mm producidas por la fábrica Juguemil.

Para comprobar la exactitud del procedimiento de cálculo antes expuesto, se realizó un experimento sobre una muestra de pelotas plásticas producidas por la fábrica Juguemil, perteneciente al Ministerio de la Industria Ligera. Las pruebas de presión exterior se realizaron sobre una muestra de 40 pelotas, que presentaban un peso medio de 43 gramos fuerza cada una. La prueba se ejecutó en una barocámara del Hospital Militar "Luis Díaz Soto" (Naval), el día 12.01.2001, y consistió en someter a las pelotas a presión exterior en el interior de la barocámara. La presión se elevó paulatinamente y con pausas, hasta llegar a 8 kgf / cm² , y se mantuvo la observación permanente por los visores de la cámara por tres observadores diferentes. Cada pelota fue numerada. Los resultados de la prueba se muestran en la tabla 2.

Tabla 2

Hora	Presión aplicada en kgf / cm ²	Numeración de las pelotas colapsadas	Total de pelotas colapsadas
11:03	1,5	----	0
11:06	2,0	----	0
11:10	4,0	----	0
11:24	5,0	----	0
11:32	6,0	----	0
11:40	7,0	22, 33, 35, 39	4
11:53	7,5	6, 9, 11, 19, 24, 25, 27	7
12:03	8,0	1, 2, 4, 5, 7, 10, 12, 13, 16, 17, 21, 26, 28, 31, 32, 34, 37, 40	18
12:40	8,0	Fin de la prueba	
No se destruyeron las pelotas N 3, 8, 14, 15, 18, 20, 23, 29, 30, 36, 38, para un total de 11 pelotas			

Se observó que las pelotas no se abren ni pierden su hermeticidad, sino que se deforman. El proceso de

deformación tiene carácter dinámico, surgiendo en un inicio una pequeña abolladura, que crece en cuestión de segundos (aún con la presión invariable) hasta deformar a la pelota totalmente. Todas las pelotas deformadas lo hicieron por los dos hemisferios contrarios a las zonas de empate de la pieza del molde.

La presión en la barocámara no se elevó hasta la destrucción de todas las pelotas por consideraciones de seguridad, pues está diseñada para una presión máxima de 10 kgf / cm².

Del resultado del experimento se infiere que la pelota estudiada es capaz de resistir con un 100% de probabilidad una presión de 6 kgf / cm². A esta presión la llamaremos “de destrucción” y la denominaremos p_d. Teniendo en cuenta el tipo de material, la variabilidad de las condiciones de fabricación, y las recomendaciones de la bibliografía consultada sobre el tema; seleccionamos un coeficiente de seguridad por presiones de δ = 0,5. Por ello la presión permisible [p] para esta pelota se debe calcular como:

$$[p] = 0,5 p_d = 0,5 \times 6 = 3 \text{ kgf / cm}^2.$$

De lo anterior se deduce que para esta pelota se debe utilizar la profundidad de 30 metros como profundidad máxima permisible.

4.3. Cálculo del peso de la carga de esferas. Para el grosor de pared de las esferas calculado.

En primer lugar se debe calcular el peso de una esfera. El cálculo consiste en determinar el volumen de la pared de la esfera y multiplicarlo por el peso específico del material (polietileno de alta densidad). Entonces:

$$P_p = V_{par} \gamma_{pol}, \text{ donde:}$$

P_p – peso de la esfera

V_{par} = S h – volumen de la pared de la esfera

S = 12,57 R² – superficie de la esfera.

R- radio de la esfera

h – grosor de la pared de la esfera.

γ_{pol} – peso específico del polietileno de alta densidad

Los datos para el cálculo.

Datos

$$\gamma_{pol} = 1,1 \text{ gf/cm}^3$$

$$R = 3,75 \text{ cm}$$

$$h = 2,16 \text{ mm}$$

$$S = 12,57 \times 3,75^2 = 176,8 \text{ cm}^2$$

$$V_{par} = 176,8 \times 0,22 = 35,4 \text{ cm}^3$$

$$P = 35,4 \times 1,1 = 38,9 \approx 40 \text{ gf}$$

Resultado P_p = 40 gf

Se puede afirmar entonces que **cada esfera pesa 40 gramos fuerza.**

El peso de las esferas en los flotadores se calcula como el producto de la cantidad de esferas por el peso de una esfera, tal y como se expone en la tabla 3.

Para el flotador del ejemplo anterior:

Tabla 3

Flotador	Cantidad de esferas que caben	Peso de una esfera (kgf)	Peso de todas las esferas (kgf)
De proa	1291	0,04	51,6

Se puede entonces concluir que el peso de las esferas en el flotador será de 51,5 kgf

5. CONSIDERACIONES ECONÓMICAS SOBRE EL MATERIAL DE RELLENO PROPUESTO.

Para tomar una decisión sobre el uso o no del material de relleno propuesto, es imprescindible tener en cuenta el costo de dicho material. Es evidente que un cálculo abarcador debería incluir tanto el costo de producción de las esferas, como los costos de transportación, almacenamiento y otros.

En nuestro caso sólo nos referiremos al costo de producción de las esferas, vinculado a una experiencia real de fabricación de estos elementos en la Fábrica de Juguetes Juguemil. Esta empresa aceptó hacer algunas modificaciones a su pelota de juguete estándar de 75 mm de diámetro, para ser utilizada como material de relleno. Como resultado se obtuvo una esfera de dicho diámetro, de color negro, con el orificio de inyección cerrado y con un grosor de pared algo superior a 2 mm.

El precio de las pelotas producidas por la fábrica Juguemil, para un lote de 3 000 unidades es, para cada pelota:

MLC: 0,093

MN: 0,08.

Teniendo en cuenta que un metro cúbico de volumen a llenar contiene 3182 pelotas de este tipo, se puede afirmar que para rellenar un metro cúbico es necesario invertir 296 USD y 255 pesos.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que es posible emplear como material de relleno de estructuras y espacios estancos de PRFV, un nuevo material, conformado por esferas de polietileno de alta densidad.
2. Se establecieron los posibles servicios donde pueda ser beneficioso el uso de este material
3. Se esclareció que como principal ventaja el material ofrece la posibilidad de hacer no estanco el compartimiento, y que la responsabilidad de mantener la flotabilidad y la resistencia a la presión hidrostática recaen sobre las pelotas.
4. Se estableció que el material tiene buen comportamiento en las condiciones de exposición al ambiente marino.
5. Se determinó la posibilidad de producir el material en el país, y se elaboró una tecnología para lograrlo.
6. Se elaboraron las metodologías del cálculo de las características del material.
7. Se realizó una experiencia práctica del uso del material.

BIBLIOGRAFÍA

1. B. Necrasov. "Hidráulica". Pueblo y Educación. C. Habana 1986.
2. B.P. Abramovich y otros. "Manual de materiales modernos para la construcción naval". Sudostroenie. St. Petersburg. 1989.
3. B.P. Suslov y otros. "Mecánica Constructiva del buque y Teoría de la elasticidad". Sudostroenie. St Petersburg. 1972. Id. Ruso.
4. Connolly R.A. "Effect of seven year marina exposure on organic materials" Research and Standar". V3 p. 193.
5. Herbert H Uhling and R Winston. "Corrosion and Corrosion Control". John Wiley and Sons. NY 1996.
6. M. Schumacher. "Seawater Corrosion Handbook". Noyes Data Corporation. New Jersey. 1979.

ANEXO A

INDICACIONES PARA LA PRUEBA HIDRAULICA DE LAS PELOTAS DE 75 mm

Orden de realización de las pruebas.

1. Se introducen las pelotas en el recipiente (cámara) donde se realizará la prueba hasta llenarlo de pelotas.
2. Se rellena con agua el espacio libre que dejan las pelotas en el recipiente hasta ocuparlo totalmente. Se cierra el recipiente.
3. Con la bomba hidráulica se eleva la presión en la cámara hasta alcanzar 4,5 kgf/cm². Esta presión se mantiene durante 15 minutos. Posteriormente se disminuye a 3 kgf/cm² y se mantiene durante 5 minutos.
4. Se elimina la presión y se abre la cámara de pruebas.
5. Se extraen las pelotas, se escurren y se secan.
6. Se revisan todas las pelotas individualmente. Se agitan y remueven las pelotas, así como se les toma el peso a apreciación, buscando determinar si han perdido la hermeticidad y ha penetrado agua en su interior.
7. Se desechan las pelotas que se han deformado o en las que ha penetrado agua.
8. Se emite un certificado por lotes previamente marcados de pelotas que han pasado la prueba exitosamente.