

GRADO EN NÁUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO

TRABAJO FIN DE GRADO

MANTENIMIENTO DE LA OBRA VIVA DE UNA EMBARCACIÓN DE FIBRA DE VIDRIO

Alumno: Gallardo Santos, Jorge

Director: Cayuela Camarero, Fernando



Curso: 2017-2018

Fecha: Septiembre, 2018

1	Presentación	3
2	Revisión de la literatura	4
3	Ámbito de estudio	5
4	Motivación para realizar este trabajo de fin de grado	6
5	Objetivos	7
6	Resumen	7
7	Introducción	8
8	Preparativos	10
9	Materiales utilizados	13
	9.1 Pinturas	
	9.2 Maquinaria	
	9.3 Lijas	
	9.4 Indumentaria	
10	Metodología a seguir para realizar un buen mantenimiento	15
	10.1 Limpieza con agua a presión	15
	10.2 Secado del casco	16
	10.3 Decapado de las distintas capas de pintura	17
	10.4 Preparación de la superficie	19
	10.5 Inspección del casco	21
	10.5.1 Detección de ósmosis	22
	10.5.1.1 Reparación de la zona	25
	10.5.1.2 Métodos preventivos	27
	10.5.2 Revisión de elementos del casco	28
	10.6 Elección y procedimiento de pintado de las distintas pinturas en función de la superficie a pintar	31
	10.7 Aplicación de las pinturas	35
	10.7.1 Métodos de aplicación	35
	10.7.1.1 Pistola	
	10.7.1.2 Rodillo	
	10.7.1.3 Brocha	
	10.7.2 Condiciones de aplicación	37
	10.7.2.1 Temperatura	
	10.7.2.2 Humedad	
	10.8 Defectos en la capa de pintura y su corrección	40
11	Innovaciones	45
12	Conclusiones	52
13	Bibliografía	55

AGRADECIMIENTOS

Soy alumno de puente de la marina mercante, mi vocación a esta profesión nace desde que empecé a navegar con cinco años en embarcaciones a vela y gracias a mis padres y a mi hermano que comparten la misma afición a nivel de hobby.

Agradeciendo a Álvaro y Bea, profesores de mi escuela de vela en Torrevieja, Alicante. Y a mis padres que hicieron un sacrificio económico para poder adquirir una embarcación de vela, cuando yo tenía 8 años cambiamos a otra embarcación de mayor envergadura, y desde entonces aumentaron mis ganas de navegar. Con 16 años conseguí el título de patrón de embarcaciones de recreo, y desde entonces no he dejado de salir a la mar, siempre que he podido.

Fue entonces, cuando realmente empecé a saber cuál iba a ser mi salida en el mundo laboral.

1. PRESENTACIÓN

La elaboración de este trabajo surge debido a la necesidad de realizar las varadas anuales de la embarcación a vela que tiene mi padre. Entonces es cuando vi la oportunidad de hacerle el mantenimiento por mis propios medios, y junto con la ayuda de unos cuantos amigos, conocidos sabios en la materia, que fueron los que hicieron posible este trabajo.

Tras más de diez días de trabajo el casco fue saneado, para que pudiera aguantar mínimamente un año más en las mejores condiciones, hasta la próxima varada.

La intención de este trabajo es poder ayudar a las personas que quieren realizar el mantenimiento de su propia embarcación, informarles de los diferentes problemas que se pueden encontrar por el camino, y de las innovaciones de este ámbito.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Existen manuales de cada fabricante de pinturas como es el de Hempel, o el de Titán, facilitando su buen uso y se centran en el pintado de embarcaciones.

En estos manuales podréis encontrar:

- Los tiempos de secado de cada pintura
- Las condiciones de secado
- Distintas imprimaciones
- Acabados
- Pintado de hélices, ejes y colas
- Mantenimiento de tu embarcación

Estos datos se recopilan en base a unas características específicas de cada marca, no siendo lo suficientemente generales para la aplicación de otras pinturas, y no pudiendo extrapolar sus observaciones técnicas a otros campos.

Por otro lado, existen también otros manuales para el pintado de cascos que son menos específicos y que vienen de la mano de autores de menos renombre.

Con la ayuda y el conjunto de ambos tipos de manuales, sumados a mi experiencia adquirida directamente del trabajo hecho en mi embarcación, he creado esta guía útil para el pintado de cascos.

3. AMBITO DE ESTUDIO

Mi trabajo se va a centrar en cómo realizar la varada anual de una embarcación de recreo, un velero de 12m, cuyo casco está compuesto de fibra de vidrio.

En esa varada, el mantenimiento se centró en el saneamiento del casco. En este caso en especial, el casco había sido repintado numerosas veces sin haber sido decapado correctamente, por lo que los procesos que tuve que realizar fueron los siguientes: decapado, inspección y pintado.

Para profundizar en el tema, revisé manuales como antes he mencionado, y con la base de esos conocimientos me lancé a crear unas pautas más comprensibles para que los marinos de a pie lo puedan comprender. Estos manuales están compuestos por nombres técnicos propios del gremio, que no todo el mundo puede entender con facilidad.

Por ello he creado este trabajo con la intención de agilizar proyectos futuros que puedan tener los armadores de embarcaciones de recreo.

4. MOTIVACIÓN

El trabajo que expongo viene promovido por mi vocación a la vida en la mar, y el amor que tengo hacia ella. A lo largo de mi vida he aprendido en ella a superar muchas dificultades, y me ha traído grandes alegrías y vivencias.

Todo ello me ha formado como persona, como lo que hoy en día soy y eso se lo tengo que agradecer a mis padres, que hicieron posible mi sueño y pude y aun puedo tener el uso y disfrute de una embarcación a vela de 12 metros de eslora, la cual será mi protagonista en este trabajo.

Debido a los elevados costes que supone sacar una embarcación a varadero, asumí la responsabilidad de hacerme cargo con el mantenimiento de la obra viva, y parte de la obra muerta de la embarcación.

Este trabajo me supuso un aprendizaje y sacrificio diario. Las personas que conocí en este proceso fueron muy inspiradoras, ya que caí en la cuenta de que sus conocimientos menos técnicos, pero igual de sabios no estaban reflejados en los manuales, y esto me llevó a decidir el tema de mi trabajo de fin de grado.

5. OBJETIVOS

La intención de mi trabajo es dar a conocer los pasos a seguir para realizar una guía acerca de un buen mantenimiento de la obra viva de una embarcación de fibra de vidrio.

También explicaré aspectos de los diferentes defectos que podemos encontrarnos en las capas de pintura y sus posibles correcciones.

Y, por último, quiero dejar un punto de interés innovador a cerca del mantenimiento de la obra viva en el futuro.

6. RESUMEN

Mi intención ha sido plasmar todos los conocimientos que he adquirido a la hora de realizar el mantenimiento anuo de la obra viva de una embarcación de PRFV.

El objetivo es crear una guía útil, para poder ayudar a todo aquel que lo necesite, con los pasos que propongo para realizar un mantenimiento óptimo.

Enfocada a los armadores que aman sus embarcaciones, y quieren cerciorarse de los problemas que puedan tener en su casco oculto bajo la patente, y crear una guía útil.

También podréis encontrar al final del trabajo una serie de innovaciones que facilitan y retrasan la puesta a seco de nuestra embarcación.

7. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia surge la necesidad de cuidar y revisar el casco de los buques con periodicidad, para poder mantenerlos a flote. Todos los cascos tanto los de madera como los de acero, hierro y fibra de vidrio, necesitan un mantenimiento anual para su mejor rendimiento y seguridad.

El grueso de este trabajo se va a centrar en el tratado de las superficies de fibra de vidrio de la obra viva, ya que es la embarcación de la que dispongo para tal fin. Aunque existen distintos materiales que componen el barco bajo la superficie del agua que también necesitan cuidados.

Asumiendo yo mismo la responsabilidad de realizar el trabajo he ido aprendiendo trucos durante el proceso. Esos trucos y otros aportados por trabajadores especializados en la materia, y con una ardua experiencia de más de treinta años, son los que voy a recopilar en este trabajo.

Primeramente, nace la necesidad de explicar la composición de los cascos de las embarcaciones de fibra de vidrio, el material es el PRFV, *Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio*, por el cual están constituidas más de 90% de las embarcaciones de recreo, de salvamento marítimo, militares...

Cuyos dos componentes básicos son el **poliéster**, compuesto resinoso cuyo objetivo es unir, impermeabilizar, y dar rigidez al conjunto y la **fibra de vidrio** que da resistencia y elasticidad al conjunto.

Existen muchas razones por las que pintar una superficie, como son la decoración, la descontaminación, la seguridad, señalización, limpieza ... pero la razón más importante es la protección de los materiales a cubrir,

como son el acero, la madera, la fibra de vidrio... mucho más importante el tema de la protección en el caso de la superficie de la obra viva, ya que se encuentra en contacto con el agua salina.

A continuación, explicaré los puntos más importantes del trabajo, siempre centrándonos en el enfoque al mantenimiento de la obra viva de un casco de fibra de vidrio.



Ilustración 1: Embarcación de vela “NINGÜP”

Primeramente, hago una relación del material necesario y de las condiciones necesarias para llevarlo a cabo, también os explicaré el proceso de pintado de las distintas capas que se compone la obra viva de un casco de fibra de vidrio, seguidamente os expondré los pasos a seguir que he llevado a cabo para realizar el mantenimiento.

El trabajo está dividido en:

- Preparativos
- Materiales utilizados
- Metodología a seguir para realizar un buen mantenimiento
- Defectos o problemáticas en el pintado y su corrección
- Innovaciones

8. PREPARATIVOS

Es muy importante saber qué materiales y qué elementos vamos a necesitar. Una vez que conocemos todos los elementos que vamos a utilizar, debemos saber en qué cantidad, por ejemplo, no podremos quedarnos cortos en pintura. Por lo tanto, debemos estimar siempre al alza.

Para calcular cuánta pintura necesitamos, debemos saber primero cuantos m^2 tiene la obra viva que vamos a pintar.

Para ello se necesitan conocer tres medidas fundamentales de nuestro barco, pudiendo así saber aproximadamente los litros necesarios para cubrir nuestra superficie.

Partiendo de la base de que se conocen las siguientes dimensiones de nuestro barco:

- **Eslora de flotación**, no su eslora total, sino la eslora sumergida.
- **La manga máxima**
- **Calado**

En mi caso en concreto:

- Eslora de flotación: 9.90m
- Manga Máx.: 3.85m
- Calado: 1.8m

Tras conocer estas medidas, la segunda cuestión a tener en cuenta es clasificar nuestra embarcación en uno de los siguientes tipos:

- **Motora**
- **Velero con quilla corrida**
- **Velero de quilla normal**

El tipo de embarcación viene de la mano de un coeficiente reductor, que nos da una idea de las dimensiones aproximadas, aunque bastante exactas de nuestro barco.

Coeficiente dependiendo del tipo de barco:

- Motora: 1
- Velero con quilla corrida: 0.70
- Velero de quilla normal: 0.60

Mi coeficiente es de 0.60, un velero de quilla normal.

Una vez obtenidos estos datos los introducimos en la siguiente fórmula:

$$\text{m}^2 \text{ de obra viva} = \text{Eslora} \times (\text{Manga} + \text{Calado}) \times \text{Coef.}$$

$$\text{m}^2 \text{ de obra viva del NINGÜI} = 9.90 \times (3.85 + 1.80) \times 0.6 = 33.5 \text{ m}^2$$

El siguiente paso es saber cuánta pintura hemos de utilizar, para ello cada bote tiene una etiqueta explicativa, en la cual aparecen los m^2 de superficie que se puede llegar a pintar con el mismo.



Ilustración 2: m^2 bote de pintura de 4 L.

Yo di dos manos de pintura por lo que para 33.5 m^2 , necesité dos botes como éste.

Una vez que tenemos la cantidad de pintura que vamos a necesitar, debemos tener suficientes lijas para realizar el decapado de la obra viva.

También es importante tener en cuenta el entorno que vamos a trabajar, deberemos protegernos de los agentes externos con gafas de protección, máscaras con filtros de carbono y un mono de trabajo.

9. MATERIALES UTILIZADOS

Como el trabajo en cuestión, es una labor costosa tanto física como económica, he elaborado estos pasos sirviendo como guía para llevar a cabo un buen mantenimiento de la obra viva de un casco de fibra de vidrio, que nos pueda ayudar para trabajos menores, con un material similar.

Para la elección de los materiales, debemos saber qué tipo de trabajo queremos hacer, en mi caso, como es un trabajo que conlleva decapado de las distintas capas de pintura y pintado de las mismas, estos son los materiales que he utilizado:

- **Maquinaria**
 - 2 x lijadora orbital
 - 2 x aspiradoras

- **Pinturas**
 - 2 x epoxi Titan (4 L)
 - 2 x imprimación monocomponente Titan (4 L)
 - 2 x anti-incrustante, patente Titan (4 L)

- 1x imprimación Metal primer (0.25 L) (hélice y eje)
- 1 x patente Velox plus (0,25 L) (hélice y eje)

- **Indumentaria**

- mono de trabajo
- mascarilla con filtros de carbono
- gafas de protección
- guantes de trabajo

- **Otros materiales**

- lijas (80 / 100 / 120) de grano grueso / medio / fino
- espátula
- rodillos
- cinta de carrocero
- balde para el pintado
- andamio

10. Pasos a seguir para realizar un buen mantenimiento

10.1 Limpieza con agua a presión

Cuando a una embarcación se le va a realizar una varada, el primer paso a seguir al sacar la embarcación del agua es una primera limpieza de la obra viva con agua a presión para eliminar los crustáceos adheridos al casco y dejar las capas de pintura a la vista, en este caso la patente u otra capa más interna, dependiendo del estado de las mismas.



Ilustración 3: Limpieza a presión del casco.

Es uno de los pasos principales ya que eliminamos la salinidad, los crustáceos y otros elementos adheridos al casco, pero también es un paso importante porque debemos de realizarlo con detenimiento.

Y no en exceso porque podemos llegar a desprender más capas de pintura de la obra viva de las que necesitamos, dependiendo de la cercanía y de la potencia de la máquina de agua a presión a utilizar. Esto puede quitarnos trabajo en los siguientes pasos, como en el trabajo de lijado, pero puede darnos más trabajo, en el paso de pintado.

10.2 Secado del casco

Una vez realizada la limpieza con agua a presión, debemos dejar un tiempo recomendado de secado del casco para poder empezar con la decapación de las capas de pintura. Ya que si las capas de pintura están húmedas se dificultará la tarea de decapado.



Ilustración 4: Secado de la obra viva.

Por ello, tendremos que esperar un mínimo de 12 horas de secado, tanto los tiempos de secado como de pintado de la superficie dependerán siempre de la temperatura ambiente y de la humedad del entorno.

En mi caso particular, dejé un tiempo de secado de 24 horas, con una temperatura ambiente de 25 °C y una humedad del 75 – 80 %. Tiempo, temperatura y humedad suficientes para el secado de la obra viva.

10.3. Decapado de las distintas capas de pintura.

Lo primero a tener en cuenta a la hora de decapar capas de pintura de nuestro casco, es tener el conocimiento de las distintas capas que tenemos en el casco, en este caso, estamos estudiando un casco de fibra de vidrio.



Ilustración 5: Decapando las capas de pintura.

En mi caso, yo realicé una decapación hasta la capa compuesta por masilla de epoxy, llevando a cabo un trabajo costoso tanto en tiempo, físico como económico. Debido a que, en un varadero, el tiempo es dinero.

La decapación de las distintas capas de patente e imprimación anteriores, las fui eliminando con lijadoras orbitales utilizando papeles de lijado de grano grueso (60 - 80), para poder eliminar gran cantidad de pintura al principio del trabajo, y cuando fui teniendo visible la capa a la que quería llegar, usé un papel de lija de grano medio – fino (120 – 140) para conseguir el objetivo, una capa homogénea y uniforme.

La mejor forma de identificar las distintas capas de pintura que tenemos adheridas al casco, es siempre con ayuda del personal cualificado que lleva trabajando en el varadero toda su vida como profesionales, que en mi caso me ayudaron llevando más de treinta años ejerciendo este oficio.

De todos modos, cada tipo de pintura tiene una tonalidad distinta para diferenciar una capa de otra, pero esto no es todo, ya que el mismo tipo de pintura puede ir con distintas tonalidades de un color, para así poder identificar las manos de pintura que vamos dando a la superficie.



Ilustración 6: Embarcación de vela en varadero.

10.4 Preparación de la superficie.

Una vez terminada la decapación de las distintas capas y llegados a la capa de pintura en cuestión, debemos tener una capa homogénea, sino es el caso, debemos dejar que el casco esté con una capa regular, bien lijando más alguna zona si es preciso, o bien rellenado con masilla de epoxy las zonas que tengas concavidades, convexidades, pequeñas fisuras...

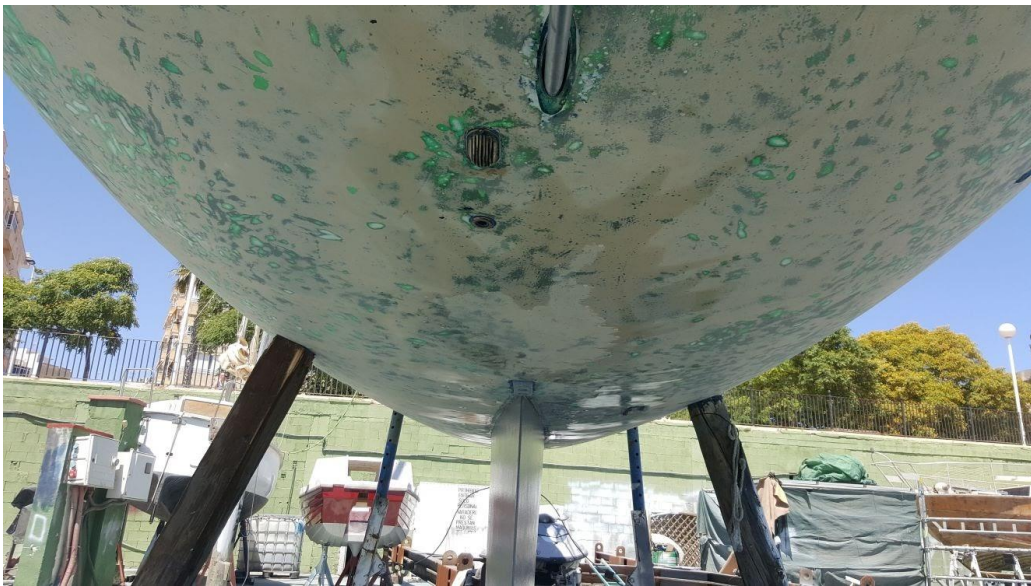


Ilustración 7: Secado de la obra viva.

En la ilustración se observan distintas capas de pintura, en cambio, la obra viva del casco presenta una capa homogénea. Las capas del casco que se observan, son principalmente, una capa de color crema compuesta por masilla de epoxy, y la capa de color verde se compone de una capa de prevención anti-ósmosis que fue pintada en la obra viva por el anterior propietario de la embarcación.

De esta forma, podemos investigar acerca de la historia de nuestra embarcación, ésta posiblemente haya tenido problemas de ósmosis, debido a esta capa de color verdosa que observamos en la ilustración.

En el caso de encontrarnos con burbujas en el casco, tendremos que tratar el trabajo de forma diferente, ya que nos encontraremos con el problema más temido por los armadores, ósmosis.

Puede que tengamos problemáticas en el transcurso del trabajo, y por ello, he dedicado apartados en el trabajo de los distintos problemas que podemos encontrar en el casco previo a realizar el pintado.

10.5 Inspección del casco.

La inspección del casco puede ser de dos maneras, visual o por medio de aparatos de medición. Es decir, de manera visual podemos ver que la capa de pintura visible sea homogénea y no tenga concavidades ni convexidades, ni bultos extraños, y la otra forma, es por medio de aparatos que nos midan el grosor de las capas de pintura de las distintas zonas del casco, midiendo las micras de pintura que hay en cada zona, y la humedad de la misma.



La aguja en la zona roja del medidor refleja un alto grado de humedad. En la segunda foto –tomada meses después- la aguja ya está en la zona verde

Ilustración 8: Medidor de grado de humedad en diferentes momentos.

En este caso, la problemática principal en los cascos de fibra de vidrio es la ósmosis, que voy a dedicar un apartado en explicar su definición y como tratarlo.

Y aprovechando el tiempo en varada se realizará otro apartado dedicada a la inspección de los ánodos de sacrificio, su estado de funcionamiento. Ya que estamos revisando no estaría de más comprobar el estado de los grifos de fondo y reemplazarlos si fuera necesario.

10.5.1. Detección de ósmosis.

Primeramente, debemos saber el concepto de ósmosis, así podremos entender cómo tratarlo.

La ósmosis u osmosis es un fenómeno producido por una reacción química producida entre la resina del laminado del casco y el agua salada en contacto con la obra viva del mismo.

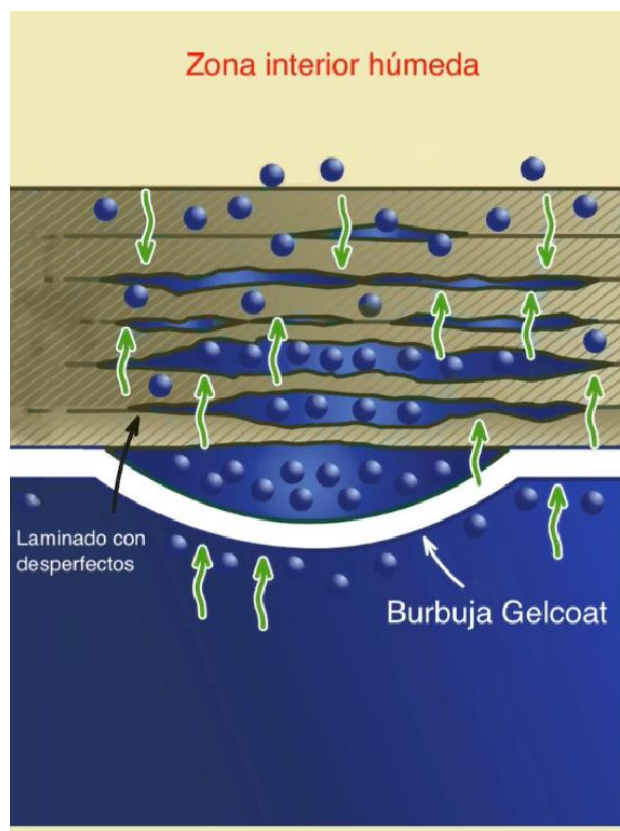


Ilustración 9: Explicación ósmosis.

Tanto en el laminado como en la capa superior, el gelcoat, contiene pequeños poros denominados vacíos y grietas microscópicas.

A través de estas, las moléculas de agua pueden atravesar lentamente el gelcoat, y el agua puede reaccionar con el estileno sin curar para formar una mezcla de glicol, ácido clorhídrico y ácido acético, que corroen la resina curada, creando una presión osmótica atrayendo más agua al interior del gelcoat, ocasionando ampollas.

Existen dos tipos de ampollas, las estéticas que se encuentran aisladas y solo atraviesan la capa del gelcoat, y las dañinas son las que se extienden por el casco atravesando parte del laminado.

Siempre hay que usar protección al reventar las ampollas, ya que es ácido lo que contiene en su interior; así bien, debemos de usar guantes y gafas de protección

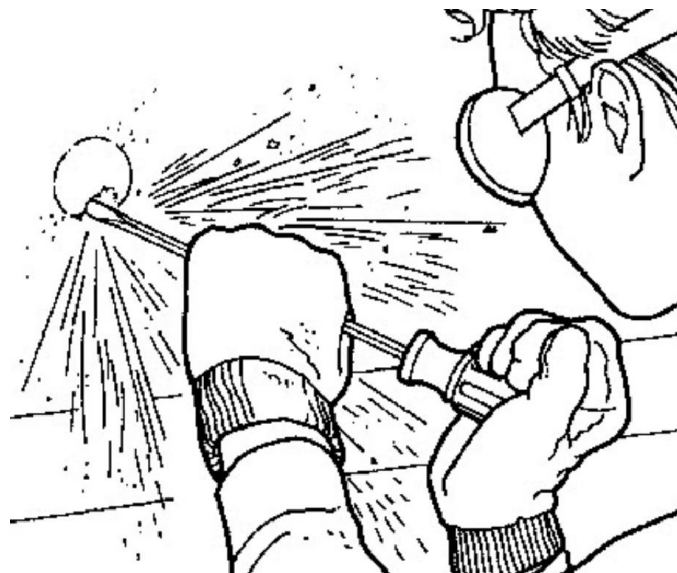


Ilustración 10: Uso de protección.

En mi caso, cuando estuve lijando y preparando la superficie para realizar después el pintado de la misma, me encontré con unas zonas de pequeño tamaño en la zona del codaste, entre la hélice y la pala del timón, que se encontraban más débiles y blandas que el resto.

Al eliminar las capas de pintura que le cubrían, gracias a la ayuda de profesionales de la zona, me avisaron que estaba frente a la gran problemática de la ósmosis, solo era un principio del mismo, como se puede observar en la siguiente ilustración.



Ilustración 11: Zona con principio de ósmosis.

Hay distintas formas de saber si estamos frente a un principio de ósmosis o bien estamos frente a una ósmosis avanzado. Primeramente, si lo tocamos con los dedos y lo notamos húmedo y con olor a vinagre, estamos seguros de que tenemos ósmosis en nuestro casco.

Si este “líquido” que se nos queda impregnado en los dedos, es viscoso, entonces tenemos una ósmosis avanzada y ya ha penetrado en más capas internas. Si bien está en un estado más líquido, entonces estamos frente a un principio de ósmosis, este último fue el caso que me encontré en mi casco de fibra.

Si queremos asegurarnos si tenemos ósmosis en nuestro casco de manera más fiable, tendremos que adquirir un equipo que nos mida la humedad del casco para cerciorar que estamos frente a esta problemática.

Explicaré la forma que realicé para reparar la zona afectada, y los métodos preventivos existentes.

10. 5. 1. 1. Reparación de la zona afectada

Primeramente, debemos determinar si nos encontramos frente a un proceso osmótico avanzado, o es simplemente un principio de ósmosis.

Para poder determinar este primer paso, debemos inspeccionar el fluido interno, el síntoma principal es el olor a vinagre, si este fluido está muy viscoso, es entonces cuando estamos frente a un proceso osmótico avanzado.

Si por el contrario el fluido se encuentra en estado líquido, sin ser viscoso, estamos frente un principio de ósmosis, menos preocupante y con mejor solución.

Éste último es el caso que me encontré al lijar una parte de la roda del casco, en las cercanías del timón, entre éste y la hélice, zona muy afectada por diferentes factores debido a las turbulencias del eje producido por la hélice.



Ilustración 12: Zona afectada por ósmosis.

Una vez detectado, hay que ir abriendo la zona hasta llegar a capas de la fibra de vidrio (PRFV) que se encuentren en estado seco, es decir, retiramos toda la zona dañada que se encuentra húmeda.

En mi caso, encontré dos zonas afectadas de tamaño aparente como una moneda de 1 €, retiré todas las capas húmedas, dejé las zonas alrededor de 48 horas secando a temperatura ambiente, lijé toda la zona, siempre allanando la zona, para poder rellenarlo con masilla de epoxy hasta dejarlo igualado con el resto del casco.

Y a partir de entonces, traté la zona como el resto de la obra viva, dos capas de imprimación de epoxy (dos componentes), otra capa de imprimación (monocomponente), y finalmente dos capas de antifouling (antiincrustante)

10. 5. 1. 2. Métodos preventivos

Existen diferentes métodos preventivos contra la ósmosis, el método principal es un buen mantenimiento de manera regular y constante de la obra viva de nuestra embarcación.

Ya que, de esta forma, no dejamos que ninguna capa de pintura llegue a penetrarle agua a través de ella, esto nos facilitará las labores de trabajo en varadero. Si sacamos nuestra embarcación con regularidad, como mínimo una vez al año, evitaremos diferentes problemas:

- El problema de la ósmosis.
- La estanqueidad de los grifos o tomas de fondo.
- La comunicación con el eje a través de la bocina.
- Revisar y cambiar si fuese necesario los ánodos de sacrificio.

Diversos elementos que protegen a nuestra embarcación y es importante llevar un buen mantenimiento constante.

En el caso de la ósmosis, si ya nos encontramos frente a un problema más grande, (no como he explicado anteriormente, en mi caso de dos zonas pequeñas con principio de ósmosis) la zona afectada se encuentra de manera extendida por la obra viva, y la capa del gelcoat se encuentra dañada.

Debemos llegar hasta la fibra y dejarla limpia y seca para volver a hacerla impermeable por medio de capas de masilla de epoxi, como medio de capa protectora, también llamado capa de prevención de ósmosis.

10. 5. 2. Revisión de elementos del casco.

Cuando nuestra embarcación la llevamos a varadero, hay que aprovechar que podemos realizar mantenimiento de los elementos del casco.

Debemos revisar el desgaste de los ánodos de sacrificio, si estos se encuentran en perfecto estado, no es una buena noticia.

Al contrario, debido a que si el ánodo compuesto de zinc, no aprecia desgaste, significa que los aceros que debían estar protegidos por el mismo, están siendo desgastados.

Puede que no esté bien colocado el ánodo y no haga su función, que es proteger los aceros o los hierros que lo rodean. También puede darse que el material que debe proteger sea más dulce que el ánodo y entonces se desgasta el material que debía estar protegido por el ánodo.

Por ejemplo, en mi caso, el ánodo que protegía la quilla, se encontraba en perfecto estado, sin desgaste aparente, después de un año de su cambio.

Esto es debido a que la quilla tenía puntos de oxido, siendo la quilla más propensa a ser oxidada que el desgaste del ánodo de zinc.

En cambio, los ánodos que protegen la hélice y el eje, se encontraban muy desgastados, el eje y la hélice no tenía ningún síntoma de corrosión.



Ilustración 13: Ánodo de la quilla.

En esta ilustración, podemos observar como el ánodo de sacrificio no se encuentra desgastado y lleva un año bajo el agua, debería de notarse desgaste.

Si nos centramos en la quilla, podemos ver abundantes zonas con óxidos, es una de las razones por las que no podemos apreciar desgaste del ánodo.

En cambio, en la siguiente ilustración, se puede apreciar un desgaste notable del ánodo, el metal que protege no denota desgaste, por lo tanto, el ánodo esta haciendo su función.



Ilustración 14: Ánodo de sacrificio desgastado.



Ilustración 15: Ánodos de sacrificio nuevos.

10.6. Elección y procedimiento de pintado de las distintas pinturas en función de la superficie a pintar.

Inicialmente, tenemos que saber que tipo de materiales tenemos en nuestro casco, y seguidamente, elegiremos el tipo de pintura que necesitaremos.

En mi caso, utilicé imprimación epoxy, dos componentes, porque quise proteger más el casco, pinté dos capas en todo el casco menos las partes metálicas como la hélice, el eje y la quilla, que usé imprimaciones epoxy específica para metales.



Ilustración 16: Imprimación epoxy, capa gruesa M-150.

Siempre leyendo y siguiendo las recomendaciones del fabricante, a cerca del rendimiento de metros cuadrados por litro, tiempo de secado a 23 °C. y por último tiempo de secado para el repintado.

Rendimiento/Rendimento: 5-7 m²/l. por capa/demão
Secado a 23°C /Secagem: 8 h.
Repintado/Repintura: 20-24 h.
Diluyente/Diluinte:

Ilustración 17: Recomendaciones del fabricante.



Ilustración 18: Etiqueta imprimación epoxy.

Seguidamente, dos capas de imprimación marina, por todo el casco en la quilla, la pala del timón; pero en la helice y el eje usé otra imprimación y otra patente, siempre estuve aconsejado por los expertos de la zona.



Ilustración 19: Pintado con imprimación monocomponente.

Finalmente, dos capas de patente antincrustantes por todo el casco.



Ilustración 20: Pintado con la patente.

Los apoyos del barco para la sujeción del mismo en tierra, nos dificultan tanto el lijado como el pintado, y es necesario su movimiento para poder realizarle mantenimiento a esa zona. Claramente, hay que poner otros apoyos en algún sitio, por lo tanto tenemos que dejar una zona terminada para poner los nuevos apoyos.



Ilustración 21: Pintado de las zonas de los apoyos.



Ilustración 22: Imprimación marina.

10.7. Aplicación de las pinturas

10.7.1. Métodos de aplicación

Existen diferentes formas de aplicar la pintura, para elegir el método debemos tener en cuenta el tipo de pintura, la rapidez, facilidad de aplicación, seguridad y versatilidad.

Aplicación a brocha

Es un método efectivo y simple, debido a su penetración en los poros e irregularidades, es más usado con imprimaciones.

La problemática que manifiesta es debido a un método lento, por ello, se usa en zonas pequeñas, parches, y no se consiguen espesores uniformes.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Fácil de corregir	coste
Imprimaciones	No recomendable para pinturas de secado rápido
Útil para lugares estrechos y de difícil acceso	Método lento

Aplicación a rodillo

Es el mejor método para el pintado de superficies lisas y grandes extensiones.

Y es el método más utilizado en este tipo de trabajos del mantenimiento de la obra viva.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Cubre grandes extensiones x2 o 3 más que la brocha	Coste
Más espesor que con la brocha	Fibras del rodillo pueden aparecer en el acabado
El más utilizado	Rapidez

Aplicación con pistola

Se consiguen resultados lisos y uniformes dejando espesores relativamente alto, presenta problemas de pulverización en superficies interiores.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Resultados lisos y uniformes	Coste
Rapidez x4 o 5 más que la brocha	Pulverización en superficies interiores.
Puede alcanzar lugares inaccesibles	Cubrir zonas que no se van a pintar

10.7.2. Condiciones de aplicación

Temperatura:

La temperatura es una variable que determina una función importante en el secado de la capa aplicado, debido por ejemplo, al aplicar pintura con temperaturas superiores a los 40 °C lleva a cabo secado rápido pudiendo dar apariciones de defectos en la superficie como descuelgues, porosidad y cráteres, en cambio a temperaturas bajas, el secado puede producir descuelgues en superficies horizontales

Humedad:

La humedad también es un factor importante para hacer un buen trabajo de pintado, si nos encontramos con alta humedad en el ambiente, hay riesgo de condensación tanto en la superficie como en la pintura después de la aplicación, pudiendo producir corrosión dependiendo de la superficie, y por lo tanto mala adherencia.

Para medir la humedad contenida en el aire, nos referimos a la humedad relativa (Hr / RH) siendo ésta, la relación entre la cantidad de vapor de agua a una temperatura determinada y la cantidad de vapor de agua máxima que puede contener el aire a una temperatura concreta, expresado en tanto por ciento.

En la práctica la mayoría de veces tenemos una humedad relativa entre un 50% y un 90 %. Cuando el aire alcanza una temperatura a la cual este se satura mediante enfriamiento, es decir, la humedad relativa es del 100 %, esa temperatura se denomina “punto de rocío”.

Para poder medir la temperatura del aire, usaremos un termómetro de mercurio calibrado y para medir la humedad relativa usaremos un higrómetro.



Ilustración 23: Higrómetro y termómetro.

Aire °C	Punto de rocío en °C y humedad relativa de:								
	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%
5	-4.1	-2.9	-1.8	-0.9	0.0	0.9	1.8	2.7	3.5
6	-3.2	-2.1	-1.0	-0.1	0.9	1.8	2.8	3.7	4.5
7	-2.4	-1.3	-0.2	0.8	1.8	2.8	3.7	4.6	5.5
8	-1.6	-0.4	0.8	1.8	2.8	3.8	4.7	5.6	6.5
9	-0.8	0.4	1.7	2.7	3.8	4.7	5.7	6.6	7.5
10	0.1	1.3	2.6	3.7	4.7	5.7	6.7	7.6	8.4
11	1.0	2.3	3.5	4.6	5.6	6.7	7.6	8.6	9.4
12	1.9	3.2	4.5	5.6	6.6	7.7	8.6	9.6	10.4
13	2.8	4.2	5.4	6.6	7.6	8.6	9.6	10.6	11.4
14	3.7	5.1	6.4	7.5	8.6	9.6	10.6	11.5	12.4
15	4.7	6.1	7.3	8.5	9.5	10.6	11.5	12.5	13.4
16	5.6	7.0	8.3	9.5	10.5	11.6	12.5	13.5	14.4
17	6.5	7.9	9.2	10.4	11.5	12.5	13.5	14.5	15.3
18	7.4	8.8	10.2	11.4	12.4	13.5	14.5	15.4	16.3
19	8.3	9.7	11.1	12.3	13.4	14.5	15.5	16.4	17.3
20	9.3	10.7	12.0	13.3	14.4	15.4	16.4	17.4	18.3
21	10.2	11.6	12.9	14.2	15.3	16.4	17.4	18.4	19.3
22	11.1	12.5	13.8	15.2	16.3	17.4	18.4	19.4	20.3
23	12.0	13.5	14.8	16.1	17.2	18.4	19.4	20.3	21.3
24	12.9	14.4	15.7	17.0	18.2	19.3	20.3	21.3	22.3
25	13.8	15.3	16.7	17.9	19.1	20.3	21.3	22.3	23.2
26	14.8	16.2	17.6	18.8	20.1	21.2	22.3	23.3	24.2
27	15.7	17.2	18.6	19.8	21.1	22.2	23.2	24.3	25.2
28	16.6	18.1	19.5	20.8	22.0	23.2	24.2	25.2	26.2
29	17.5	19.1	20.5	21.7	22.9	24.1	25.2	26.2	27.2
30	18.4	20.0	21.4	22.7	23.9	25.1	26.2	27.2	28.2

Ilustración 24: Tabla de relación temperatura del aire con el punto de rocío y humedad relativa.

Si nuestra superficie se encuentra a una superficie más baja que la temperatura del punto de rocío, será muy posible que ocurra condensación. Por lo tanto, la aplicación se recomienda cuando la temperatura de la superficie sea al menos 3°C más alta que el punto de rocío.

Otro factor que puede afectarnos es el viento que puede traer polvo y arena pudiéndose adherirse a la capa, pero también puede ayudar al secado y a eliminar vapores que pueden ser tóxicos o inflamables

10.8. Defectos en la capa de pintura y su corrección.

Cada pintura tiene lo que se conoce como punto de sag, siendo éste el grosor de la capa fresca que se puede aplicar en una superficie vertical. Si se supera el punto de sag, el recubrimiento se descolgará.

Ahora vamos a observar algunos de los defectos que pueden surgir en las capas de pintura.

Runs

Los runs son movimientos estrechos y hacia abajo de recubrimiento de pintura cuando un exceso de material continúa fluyendo después de que la superficie se haya asentado.

Ocurre con mayor frecuencia en áreas donde hay tuercas, picaduras, agujeros, grietas, poros y pasadores, es decir, donde es difícil controlar los grosores de capa, sobre todo si se pulverizan.

Descolgamientos

Los descolgamientos son movimientos del recubrimiento de pintura hacia abajo como una “cortina”.

Las causas posibles de runs y descolgamientos son:

- La causa más habitual es el aplicar demasiado material por capa.
- Si sujetamos la pistola demasiado cerca de la superficie a pintar.

Curtaining

El curtaining afecta a un área mayor y más continua que el descolgamiento, se caracteriza por un movimiento hacia debajo de la capa de pintura del recubrimiento durante el periodo de tiempo entre la aplicación y la fijación, dando un resultado heterogéneo y con bordes gruesos.

Las causas posibles son:

- Aumento del grosor de capa localizado, debido a que se ha mantenido la pistola pulverizadora demasiado cerca de la superficie, o se ha aplicado con movimientos muy lentos.
- Solapamiento de capas.
- La pintura ha sido demasiado rebajada.
- Aplicación de pintura fresca sobre una pintura existente muy brillante.

Correcciones del runs, descolgamientos y el curtaining:

- Si el descolgamiento o el curtaining se ha curado o fijado, debemos eliminarlo con papel de lija y/o rascado. Si por el contrario, todavía se encuentra en estado líquido debería cepillarse.
- Para corregir los runs y descolgamientos, un buen pintor debe hacer uso siempre de una brocha cuando pulveriza.
- Los runs y descolgamientos pueden evitarse o disminuir mediante un seguimiento del grosor de la capa húmeda. Para que no lleguemos a aplicar demasiada pintura en un recubrimiento, debemos utilizar sólo la cantidad mínima de diluyente para controlar la viscosidad, y no acercándose demasiado a la superficie al pulverizar.

Formación de gotas

Tanto por inmersión como mediante la pulverización, pueden formarse gotas en los bordes más bajos de las superficies.

Las causas posibles son:

- Temperatura demasiado baja del acero durante la aplicación.
- Tiempo insuficiente para que la pintura pueda escurrirse después de la inmersión.

Piel de naranja

Se caracteriza por un parecido con la piel de una naranja. Este efecto se denomina también pockmarking.

Las causas pueden ser:

- Presión demasiado baja del aire atomizado.
- La pistola se sujeta demasiado cerca de la superficie.
- Evaporación demasiado rápida de los disolventes en la capa.

- Utilización de diluyentes inadecuados.
- Presión demasiado alta en la pulverización sin aire.
- El orificio de pulverización demasiado pequeño.
- Temperatura ambiente o temperatura del aire en la atomización demasiado baja.

Correcciones:

El remedio para la piel de naranja depende de lo que haya causado el problema.

- Si el recubrimiento se ha fijado o curado, la superficie debe ser lijada, seguido de una pulverización con un disolvente o una fina capa de la misma pintura.
- Si la pintura se puede disolver de nuevo, el lijado con papel puede obviarse, ya que la capa húmeda disolverá la capa seca, corrigiendo la situación.
- Como con los runs, los descolgamientos y la piel de naranja se puede eliminar con una brocha si la pintura está todavía fresca o, mediante el lijado si la pintura ha secado.

Delaminación:

La delaminación es una rotura limpia entre las capas de pintura o entre la imprimación y la superficie. Esto quiere decir, que la pintura no se pega a la superficie.

Las causas principales de la delaminación son tanto el pintar sobre una superficie contaminada o dejar demasiado tiempo de secado entre capas. Cuando ocurre la delaminación, ha de determinarse la causa, para poder corregirlo.

Causas:

- Al proceder el pintado sobre una superficie contaminada por suciedad, polvo u otras partículas, debemos comprobar la superficie antes de la aplicación de la capa. Si se frota un paño limpio sobre la superficie podremos ver si hay presencia de polvo o de suciedad.
- Otros contaminantes pueden estar presentes como el aceite, grasa, o residuos químicos de plantas industriales cercanas, el humo de los tubos de escape...
- Exceso del intervalo de tiempo de repintado, ocurre especialmente en recubrimientos que curan mediante una cadena cruzada, como los epoxys o los poliuretanos. Se puede ver en la etiqueta del envase de la pintura, el intervalo máximo recomendable, así como la temperatura específica. Si la temperatura es más alta que la especificada, el intervalo ha de ser menor. En caso de duda hay que consultar con el fabricante de la pintura.

Correcciones:

- Si aparece la delaminación, el material ha de ser eliminado y aplicar una nueva capa.
- Si la causa es la suciedad, polvo o partículas, limpiando la superficie será suficiente.
- La contaminación por aceite o grasa, necesita de la limpieza con disolventes.
- El exceder del intervalo de tiempo de repintado, puede remediarse con limpieza a cepillo.
- Otras causas de delaminación pueden necesitar otras acciones correctoras.

11. Innovaciones en las varadas de las embarcaciones de fibra

Debido a la adherencia de biofouling o bioincrustación (microorganismos marinos) a la obra viva del casco de un barco se provocan efectos en el comportamiento del mismo como una reducción de hasta un 10 % de la velocidad y aumentos del consumo hasta un 40 %.

- **Lavadero con rodillos**

La empresa Drive-in Boatwash en Suecia, ha elaborado un lavadero de embarcaciones, consta de unos rodillos de lavado, ellos lo denominan Big Wash y en alrededor de 20 minutos elimina los crustáceos y las algas adheridas a la obra viva. Tiene limitaciones de hasta 16 metros de eslora y 5 metros de manga, también consta de un sistema de recogida de los desechos protegiendo el medioambiente de la zona.



Ilustración 25: Lavadero de embarcaciones.

El dueño de la empresa recomienda su uso entre dos y cuatro veces al año. Ya cuenta con nueve estaciones de lavado en Suecia y con intenciones de comercializarlo en Europa y Estados Unidos.

- **Robot autónomo**

Tony Roskilly, líder del proyecto y profesor de la universidad de Newcastle, en Inglaterra, han elaborado un robot autónomo con un sistema de navegación que genera un mapa preciso del casco, graba la situación de cada soldadura; y un sistema magnético de agarre al casco, dejando fuera de su uso las embarcaciones de fibra de vidrio.



Ilustración 26: Robot autónomo.

El robot tiene función de limpieza con agua marina presurizada depositando la suciedad en un compartimento donde se filtran 150 litros de agua por minuto. Otra función, es la transmisión de información del estado de conservación de dónde va pasando.

Se ha desarrollado dentro del proyecto europeo HISMAR (Hull Identification System for Marine Autonomous Robotics / Sistema de identificación del casco para la robótica autónoma marina)

- **El robot Hulltimo Smart**

Este robot desarrollado para armadores que quieren hacer el mantenimiento de la obra viva de sus embarcaciones, con un peso de 4,5 kg y una autonomía de 60 metros; hace de una herramienta fácil, simple y accesible. El robot Hulltimo Smar permite una limpieza completa en embarcaciones de hasta 12 metros de eslora y limpiezas parciales como la línea de flotación timones... de embarcaciones de mayor envergadura.

El robot cuenta con tubos telescópicos y curvos de diferentes formas y medidas para adaptarse a las formas del casco pudiendo hacer uso desde la cubierta o desde tierra.

Los residuos retirados de la obra viva, se almacenan en una bolsa de filtrado respetando la reglamentación en vigor.



Ilustración 27: Robot limpiador Hulltimo Smart.

- **Robot LAPP**

El robot LAPP, se caracteriza por poder adherirse a cascos metálicos y no metálicos y poder detectar obstáculos del propio casco, como estabilizadores, quillas de balance... esto es posible por tener dos módulos idénticos pudiendo mantener uno fijo a la superficie y otro en movimiento por medio de un brazo articulado.

Los dos módulos están dotados de herramientas de limpieza para la eliminación del biofouling como brochas y/o cuchillas.

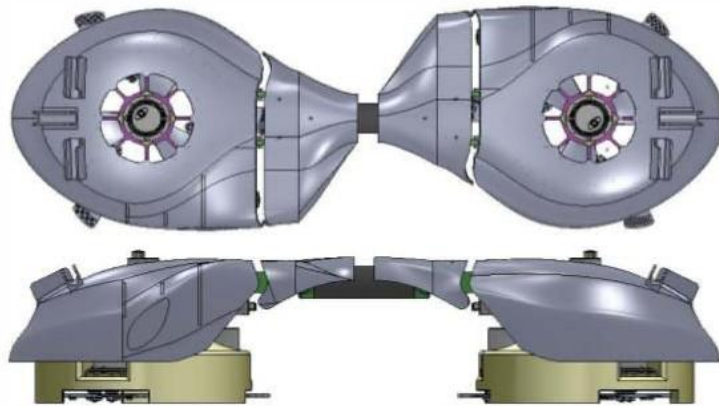


Ilustración 28: Robot LAPP.

El robot LAPP puede tener más aplicaciones incorporándole cámaras o sensores para realizar inspecciones del casco.

- **Nauticlean**

Utiliza la fuerza de succión generada por un impulsor o turbina (hélice) accionada por un motor eléctrico, permitiendo adherencia al casco y eliminación de las algas en la obra viva del casco.

El movimiento es posible mediante diferentes tipos de cepillos certificados que permiten su maniobrabilidad por el casco. Consta de una cámara para poder grabar todo el proceso de limpieza y se maneja mediante un cable remoto.



Ilustración 29: Robot limpiando en una superficie vertical.

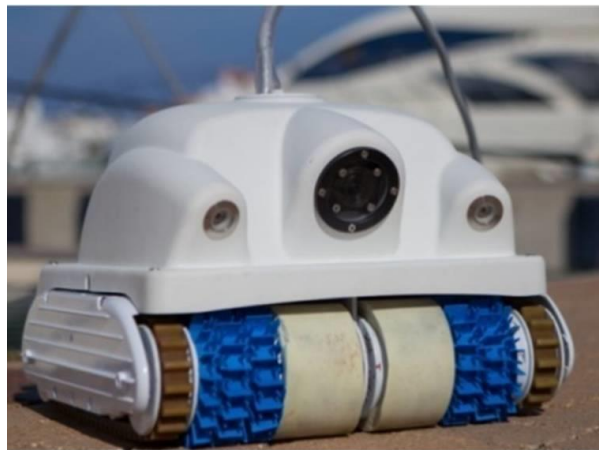


Ilustración 30: Robot Nauticlean.

- **Nanorecubrimientos**

El proyecto comunitario AMBIO hace uso de la nanotecnología para desarrollar pinturas capaces de evitar la adherencia de bacterias y otros organismos vivos marinos a la obra viva de los cascos de las embarcaciones.

El proyecto se está centrando en un revestimiento innovador e inteligente con propiedades antiincrustantes, formado por nanotubos de carbono, estos son estructuras tubulares de alrededor de un nanómetro de diámetro. Se encuentran haciendo pruebas con este material, en la primera prueba se han comprobado experimentalmente que los nanotubos no se desprenden en el agua, ha explicado el profesor Callow de la universidad de Birmingham, Inglaterra.

La segunda fase en la que entrará el proyecto, se harán ensayos prácticos de los recubrimientos con más potencial, y se medirá su capacidad en prototipos en pruebas de campo cuantitativas y comparativas.

12. Conclusiones

Tras un año a flote en un agua con una salinidad alta, el estado del casco en algunas zonas se ha visto afectada por incrustaciones. Estas imperfecciones que aparecen en el casco las he revisado y no afectan a la estructura del barco.



Ilustración 31: Visión subacuática de la obra viva.



Ilustración 32: Visión subacuática de la hélice y el arbotante.

Aunque el estado del casco este año, es bastante bueno, le convendría una varada, menos minuciosa que la relatada en este trabajo.

Con estas fotos no se puede apreciar el estado de las capas existentes bajo la patente antiincrustante, pero sumergiéndome y observando el casco su estado me ha parecido satisfactorio.

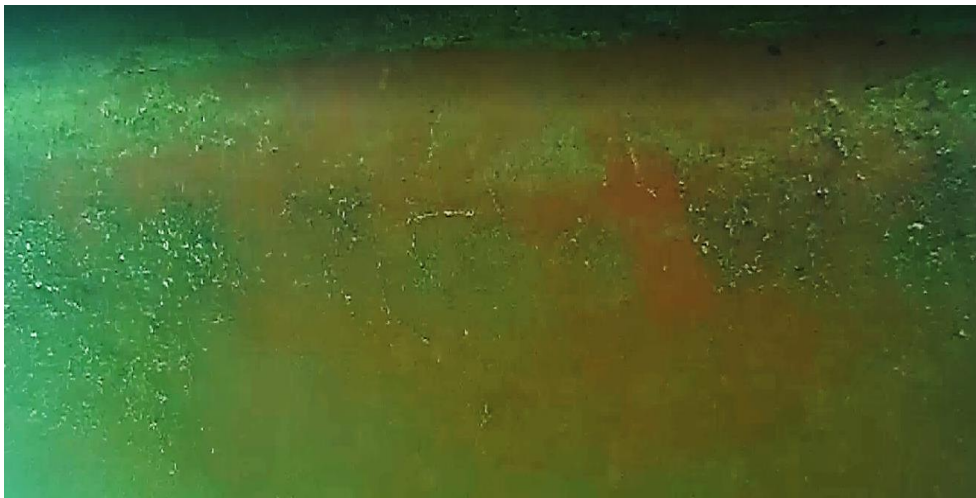


Ilustración 33: Superficie del casco bajo el agua.



Ilustración 34: Revisión de los grifos de fondo bajo la línea de flotación

No obstante, sería posible optimizar el rendimiento y mejorar el estado del barco con algunas de las innovaciones existentes, y poder así alargar los espacios entre varadas y disminuir el trabajo y los costes que conlleva.

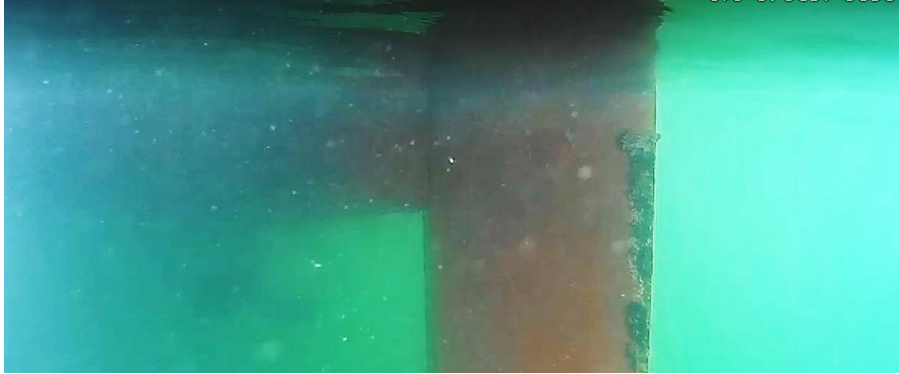


Ilustración 35: La pala del timón.

Se puede concluir que el principal problema para la fibra de vidrio es el agua con la que está en contacto, y es imprescindible un mantenimiento constante del casco para conservar la resistencia, rigidez y consolidación del material.



Ilustración 36: Vista subacuática de la popa del casco.

Debemos de estar en contacto con la actualidad para conocer las innovaciones del mercado.

13. Bibliografía.

Artículos y publicaciones

- T Staton-Bevan (1998). *Ósmosis en embarcaciones de fibra (Náutica)*.
- Marta M. Torán Vilches (septiembre, 2013). *Anàlisi de les tècniques de pintat de l'obra viva dels vaixells. Aplicació al cas d'un vaixell de 160 metres d'eslora*.
- S Fontaine – US Patent App. 14/125.770.2014 (2014). *Underwater vehicle for cleaning submerged surfaces*.
- C Sierra, P Pince – US Patent 3.946.692.1976 (1976). *Device for cleaning ship's hulls and other immersed surfaces*.
- D Souto, A Faiña, F López-Peña (2013) *Lappa: a new type of robot for underwater non-magnetic and complex hull cleaning*.
- M. Martín Pi (junio, 2016). *Tratamientos superficiales: sistema de aplicación de pinturas utilizados en los astilleros*.
- Grupo Hempel. (2018). *Manual de pintura*.
- Industrias Titan S.A. (2018). *Pinturas náuticas y barnices, yates*.

Páginas Web

- GLOBAL MEDIA DIGITAL S.L. (2018) Desarrollan nanorecubrimientos para evitar las bioincrustaciones de los barcos. Disponible en: https://www.tendencias21.net/Desarrollan-nanorecubrimientos-para-evitar-las-bioincrustaciones-de-los-barcos_a1825.html

- NautiClean S.A. (2017) NautiClean Mantenimiento y reparación de barcos. Disponible en: https://www.cosasdebarcos.com/empresa_nautica_4889008017106766668496851534567.html
- Héctor Atienza. (agosto, 2012) El limpiafondos de piscina ‘salta’ a los barcos. Disponible en: http://nauta360.expansion.com/2012/08/14/de_costa_a_costa/1344965134.html
- Richard J. Duro Fernández, Alejandro García del Valle, Fernando López Peña, José Daniel Pena Agras, Francisco Javier Bellas Bouza (septiembre,2010). *Desenvolvimento dun robot subacuático para a inspección e mantemento de cascos non magnéticos*. Disponible en: <http://www.gii.udc.es/proyectos/detalle/189>
- Compass Marketing S.L. (noviembre, 2011) Presentación del robot HULLTIMO en el Salón Náutico de Barcelona. Disponible en: <http://www.masmar.net/es/Equipamiento/Moda-y-Varios/Hulltimo-populariza-el-mantenimiento-de-obras-vivas-a-flote-con-el-cepillo-telesc%C3%B3pico>
- Osmosisbarcos (abril, 2018). Hidrólisis Reparaciones PRFV. Disponible en : <http://www.osmosisbarcos.com/la-osmosis/preguntas-frecuentes/83-i-como-tienen-que-ser-los-espesores-gruesos-del-barco-.html>