

# **Incrustaciones y efectividad de las pinturas antiincrustantes**

**Trabajo Fin de Grado**  
Grado en Náutica y Transporte Marítimo  
Julio de 2023

Autor:  
**Ariadna Martín Curbelo**  
78.588.871X

Tutor:  
Prof. Dr. Beatriz Añorbe Díaz

**Escuela Politécnica Superior de Ingeniería**  
**Sección Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval**  
Universidad de La Laguna

---



D<sup>a</sup>. Beatriz Añorbe Díaz, Profesora de la UD del Departamento de Química Orgánica de la Universidad de La Laguna:

Expone que:

D. **Ariadna Martín Curbelo** con **DNI 78588871X**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: **Incrustaciones y efectividad de las pinturas antiincrustantes**.

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente documento.

En Santa Cruz de Tenerife a 7 de julio de 2023.

Fdo.: Beatriz Añorbe Díaz.

Director del trabajo.



Martín Curbelo, A. (2023). *Incrustaciones y efectividad de las pinturas antiincrustantes*.

Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

## RESUMEN

La incorporación de la navegación en un medio desconocido para el ser humano, el medio marino, ha generado desde sus inicios la creación de un nuevo hábitat para ciertos organismos. El *fouling*, comúnmente conocido como incrustaciones, se adhiere a la obra viva de los barcos provocando daños a su estructura y pérdidas de eficiencia en su rendimiento.

La problemática generada ha suscitado el interés de los investigadores por encontrar una solución efectiva que consiga paliar los efectos mencionados. La concepción de pinturas *antifouling* o antiincrustantes, cuya composición se ha ido modificando durante siglos, ha logrado ofrecer soluciones específicas que se adaptan tanto a las zonas de navegación como a las características del buque. Los factores influyentes en la proliferación de los distintos tipos de organismos juegan un papel fundamental ya que de ellos dependerá la elección de una pintura *antifouling* óptima.

La concienciación sobre la protección y preservación del medioambiente ha conducido a la realización de estudios que permitan obtener resultados más respetuosos con el entorno. Esto ha supuesto una evolución en la composición de los antiincrustantes, disminuyendo el impacto contaminante en el ecosistema.

Palabras claves: [Incrustaciones, *antifouling*, obra viva, eficiencia, ecosistema].

---

---

Martín Curbelo, A. (2023). *Incrustaciones y efectividad de las pinturas antiincrustantes*.

Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

## ABSTRACT

The incorporation of navigation in an unknown environment to humans, the marine environment, has resulted in the creation of a new habitat for certain organisms. Fouling, commonly known as encrustations, adheres to the hull of ships, causing damage to their structure and loss of efficiency in their performance.

The issues generated have sparked the interest of researchers in finding an effective solution that mitigates the mentioned effects. The development of antifouling paints, whose composition has been modified over centuries, has managed to offer specific solutions that adapt to both navigation areas and ship characteristics. The influential factors in the proliferation of different types of organisms play a crucial role, as the choice of an optimal antifouling paint will depend on them.

Awareness of environmental protection and preservation has led to the conduct of studies aimed at obtaining more environmentally friendly results. This has resulted in an evolution in the composition of antifouling agents, reducing the pollutant impact on the ecosystem."

Keywords: [*Fouling*, hull, organisms, performance, ecosystem].

---

---



## OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto es dar a conocer la problemática causada por las incrustaciones y estudiar la forma de prevenir su aparición mediante la utilización de pinturas antiincrustantes. Esto será posible gracias al estudio de una serie de objetivos específicos. Se analizarán, por un lado, los distintos tipos de incrustaciones y los factores que influyen en la evolución y crecimiento de estos. Se profundizará en las variantes de pinturas antiincrustantes presentes según su finalidad. Finalmente, se examinarán los beneficios del uso del *antifouling*, y las consecuencias que conlleva su ausencia.

---

---

## AGRADECIMIENTOS

---

*A mi madre, por guiar siempre mi recorrido académico y personal*

---



## Índice general

---

<b>1. Introducción.....</b>	<b>13</b>
<b>2. Antifouling.....</b>	<b>15</b>
2.1. Macro y <i>microfouling</i> .....	15
<b>3. Contexto histórico.....</b>	<b>17</b>
<b>4. Composición.....</b>	<b>22</b>
<b>5. Normativa <i>antifouling</i>.....</b>	<b>26</b>
5.1. MARPOL.....	27
5.2. Convenio BWM.....	28
5.3. REACH.....	30
5.4. Directiva sobre biocidas.....	31
<b>6. Tipos de incrustaciones.....</b>	<b>33</b>
6.1. Incrustaciones de limo.....	36

---

6.2. Incrustaciones de caracolillos o conchas. ....	38
6.3. Incrustaciones de algas. ....	39
<b>7. Tipos de pinturas <i>antifouling</i>.....</b>	<b>41</b>
7.1. Matriz dura.....	41
7.2. Autopulimentables. ....	43
7.3. Agua dulce.....	44
7.4. Matriz soluble.....	44
7.5. Resina epoxi. ....	45
<b>8. Pinturas antiincrustantes del mercado.....</b>	<b>46</b>
8.1. International Paint. ....	47
8.1.1 Intersleek 1100SR	
8.1.2. Intersmooth 7460HS SPC	
8.2. Jotun.....	49
8.2.1. SeaQuantum Ultra S	
8.3. Hempel. ....	50
8.3.1. Olympic 86951	
8.3.2. Hempadur Tiecoat	
8.3.3. Classic 76110	
<b>9. Método de aplicación .....</b>	<b>53</b>
<b>10. Frecuencia de aplicación .....</b>	<b>54</b>
<b>11. Beneficios del <i>antifouling</i>.....</b>	<b>56</b>

<b>12. Factores que influyen en las incrustaciones</b> .....	<b>58</b>
12.1. Salinidad.....	58
12.2. Temperatura . .....	61
12.3. pH.....	62
12.4. Corriente y velocidad. ....	64
<b>13. Consecuencias</b> .....	<b>65</b>
13.1. Aumento del consumo de combustible.....	65
13.2. Reducción de velocidad. ....	66
13.3. Daños al casco. ....	67
13.4. Pérdida de eficiencia.....	69
13.5. Especies invasoras.....	69
<b>14. Medidas para prevención de especies invasoras</b> .....	<b>72</b>
14.1. Inspección y limpieza.....	73
14.2. Tratamientos <i>antifouling</i> .....	73
14.3. Gestión del agua de lastre .....	74
14.4. Regulación y legislación.....	75
14.5. Conciencia y educación. ....	75
<b>15. Pintura antiincrustante B/SSAM “JUAN DE LA COSA”</b> .....	<b>76</b>

<b>16. Conclusiones.....</b>	<b>77</b>
<b>17. Bibliografía.....</b>	<b>79</b>
<b>18. Anexos.....</b>	<b>82</b>
18.1. Anexo Hempel Classic 76110.....	83
18.2. Anexo Intersmooth 7460HS.....	85
18.3. Anexo Hempel's Antifouling Olympic 86951.....	89
18.4. Anexo SeaQuantum Ultra S.....	91
18.5. Anexo tecnología Slime Release.....	95





## Índice de ilustraciones

---

- **Ilustración 1** Ciclo de creación del *fouling*; Fuente: Biofouling: An Overview, M.C. Pérez y M.E. Stupak
- **Ilustración 2:** Ciclo de creación del *fouling 2* Fuente: (Nurioglu, Esteves, & de With, 2015)
- **Ilustración 3** Incrustaciones de origen vegetal y sus tipos; Fuente: Propia
- **Ilustración 4** Incrustaciones de origen animal y sus tipos; Fuente: Propia
- **Ilustración 5** Barco con casco cubierto de incrustaciones tipo limo; Fuente: International Yacht Paint
- **Ilustración 6** Caracolillo incrustado en el casco del barco; Fuente: Blog FP Náutica
- **Ilustración 7** Incrustaciones de tipo alga en la obra viva del barco; Fuente: Boats News
- **Ilustración 8:** Comparativa entre estructura con Intersleek 1100SR y estructura con otra marca antiincrustante después de 19 meses en estático. Fuente: International Paint
- **Ilustración 9:** Distribución de las temperaturas en el planeta; Fuente: A high-resolution data set of Surface climate over global land areas, por David Lister, Mike Hulme, Ian Makin (2000).

- **Ilustración 10:** Relación entre aumento de CO<sub>2</sub> y la disminución del pH;  
Fuente: Iberdrola
- **Ilustración 11:** Relación entre el *fouling* y la velocidad. Fuente: Journal of Ship  
Technolog
- **Ilustración 12:** Corrosión en casco generada por incrustaciones. Fuente:  
Ingeniero Marino
- **Ilustración 13:** Marine Maintenance Report del SSAM/” JUAN DE LA COSA”.  
Fuente: Marine Maintenance Report

## Glosario

---

- **Achanthes longipes**: especie de diatomea, tipo de microalga unicelular que se encuentra en diferentes ecosistemas acuáticos y desempeña un papel importante en la producción primaria y la calidad del agua
- **AEDyR**: Asociación Española de Desalación y Reutilización.
- **AFS**: International Convention on the Control of Harmful Antifouling Systems.
- **Antifouling**: recubrimiento especial utilizado en la industria marítima para proteger el casco de los barcos.
- **Chlorophyta**: grupo de algas verdes que contienen clorofila y son conocidas por su capacidad de realizar fotosíntesis, siendo abundantes tanto en agua dulce como en ambientes marinos.
- **Cirripedia**: clase de crustáceos marinos que pertenecen al subfilo de los crustáceos branquiópodos.
- **CLP**: Reglamento sobre Clasificación, Etiquetado y Envasado de Sustancias y Mezclas.
- **Codium fragile**: alga verde marina, conocida como alga esponja o alga muerta, que se encuentra en diferentes costas del mundo.

- **Convenio BWM:** el Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques.
- **COV:** compuestos orgánicos volátiles.
- **Crassostrea gigas:** especie de ostra conocida como la ostra del Pacífico.
- **CSIC:** Consejo Superior de Investigaciones Científicas
- **Diemnum vexillum:** alga marina invasora que pertenece al grupo de las algas pardas. Originaria de Japón, ha sido introducida en diversas partes del mundo y se caracteriza por su rápido crecimiento y capacidad para formar densas colonias.
- **Dreissena polymorphe:** mejillón invasor originario de Europa, comúnmente conocido como mejillón cebra
- **EPA:** Agencia de Protección Ambiental.
- **Fouling:** crecimiento y acumulación de organismos marinos en el casco de un barco.
- **Gelcoat:** capa externa de resina aplicada en la fabricación de embarcaciones para proporcionar protección y un acabado liso y brillante a la superficie del casco.
- **MARPOL:** Convención Internacional para la Prevención de la Contaminación por los Buques.
- **Mytilus galloprovincialis:** nombre científico de la especie de mejillón conocida como mejillón mediterráneo
- **Navis lunga:** embarcación de gran tamaño y longitud, generalmente asociada a los barcos de guerra o de transporte de carga en la antigua Roma
- **OMI:** Organización Marítima Internacional.

- **Phaeophyta:** grupo de algas marinas que se distinguen por su pigmento marrón y su papel fundamental en los ecosistemas costeros.
- **REACH:** Reglamento (CE) N° 1907/2006.
- **Rhodophyta:** algas rojas, grupo diverso de algas marinas que se caracterizan por su pigmento rojo y su capacidad de habitar en diferentes profundidades del océano.
- **Skeletonema Costatum:** especie de alga marina microscópica que se encuentra comúnmente en aguas costeras y es considerada un componente importante del fitoplancton.
- **Slime Release:** enfoque que se basa en imitar la capacidad de ciertos animales marinos para secretar una sustancia viscosa conocida como "slime" (mucosidad) que actúa como una barrera antiadherente.
- **TBT:** tributilestaño
- **TPT:** trifenilestaño
- **UE:** Unión Europea



## 1. Introducción

Para conocer la definición de *antifouling* se debe comenzar estudiando su procedencia. Se trata de una palabra de origen inglés que puede dividirse en dos partes: el prefijo *anti*, que hace referencia a una oposición; y *fouling*, cuya traducción en español es impurezas o incrustaciones. De hecho, aunque la palabra *antifouling* ya está extendida como anglicismo, es posible encontrar en numerosos libros y artículos “anti-incrustante” como sustitutivo. Se habla, por tanto, de un material destinado a evitar que se produzca la acumulación de dichas incrustaciones y que será empleado en el casco de los barcos para mejorar tanto su eficiencia como su durabilidad.

Este proceso de invasión por parte de las especies comienza tan pronto como se halle la obra viva de un barco (o cualquier tipo de superficie dura) sumergido en el agua. Las especies comienzan el ciclo de adhesión de manera rápida debido a la falta de sustratos naturales. La manera en la que se forman tiene que ver con la película orgánica conformada por los organismos que se hallan adheridos a la matriz polimérica, también conocida como biopelícula, que es creada por los propios organismos. Uno de los problemas adicionales es que esta biopelícula puede ser alcanzada por partículas inorgánicas que quedan retenidas, como sales o sustancias de corrosión.

El ciclo mediante el cual se produce la incrustación desde su inicio hasta la creación de una comunidad de organismos puede ser explicado a través del siguiente esquema:

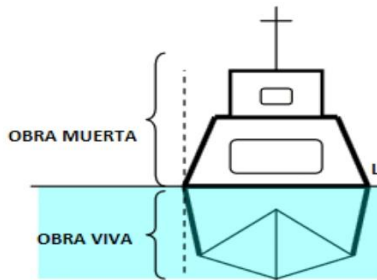


---

# 01

## Inmersión del sustrato

En este caso, el medio es el agua de mar y el sustrato es nuestra embarcación, concretamente su obra viva



---

# 02

## Adsorción de película orgánica macromolecular

En este proceso un sólido (obra viva) atrae y retiene cuerpos disueltos en el medio en el que se encuentra (agua de mar)



---

# 03

## Formación del film primario

Se trata de la aparición de organismos como bacterias, diatomeas o protozoos



---

# 04

## Adherencia de larvas de macroorganismos

Las larvas pertenecientes a los organismos macroscópicos incrustantes como las algas o los cirripedios se fijan



---

# 05

## Desarrollo de la comunidad

Los macroorganismos proliferan y forman una comunidad sobre la superficie

**Ilustración 1:** Ciclo de creación del *fouling*.

*Fuente:* Propia basada en *Biofouling: An Overview*, M.C. Pérez y M.E. Stupak

## **2. Antifouling**

Para combatir los problemas derivados de las incrustaciones que se adhieren al casco de las embarcaciones, se desarrolló un tipo de pinturas que ha ido evolucionando a lo largo de los siglos. Se trata de las pinturas *antifouling*, comúnmente conocidas como pinturas antiincrustantes cuya composición será estudiada, junto con sus variantes durante la historia, en los siguientes capítulos. Sin embargo, el objetivo principal siempre fue la aplicación de esta sustancia sobre la parte del buque que quedará sumergida (obra viva), con la finalidad de impedir el empotramiento de los organismos sobre dicha superficie. Este tipo de pinturas desprende una serie de materias bioactivas, cubriendo la superficie sobre la que se aplica con un manto biocida que no permite la incrustación. Por ello, es posible afirmar que la densidad de toxinas que se liberen en el manto de agua determinará en gran medida la capacidad antiincrustante de la pintura.

### **2.1. Macro y micro fouling**

Cuando se habla de incrustaciones marinas se hace referencia a “la acumulación de micro y macroorganismos en superficies sumergidas que provocan efectos negativos económicos, medioambientales o relacionados con la seguridad” (Bressy & Lejars, 2014).

Si bien estos organismos pueden dividirse teniendo en cuenta varias características, la clasificación más común atiende al estudio en base a su tamaño.

Por un lado, se encuentra el *microfouling*, dentro del cual destacan las bacterias, los protozoos y las diatomeas. Cabe resaltar la presencia de las cianobacterias en los cascos de los barcos, vulgarmente conocidas como algas verdeazuladas. Se trata de las únicas “algas” procariotas capaces de llevar a cabo la fotosíntesis, en la que emplean el agua como fuente de electrones.

Por otro lado, el *macrofouling*, que se divide en dos grandes grupos diferenciados según su origen: animal y vegetal. Dentro de este último, como ejemplos más comunes, destaca la adherencia de mejillones y ostras. En cuanto a los organismos de origen vegetal, se observan algas de distintas tonalidades (especialmente tonos verdes y marrones), que varían en función de numerosos factores como la temperatura del agua, su salinidad, pH u oxígeno disuelto, entre otros.

En la siguiente figura se representan los distintos periodos de formación de las incrustaciones, dependiendo de su origen. Cuando un objeto se sumerge en el agua del mar, una capa inicial de moléculas orgánicas se adhiere a su superficie. Luego, en cuestión de minutos, las bacterias se adhieren de forma reversible mediante interacciones hidrodinámicas y electrostáticas, seguidas de una adhesión irreversible que involucra una unión química más fuerte. Esto forma una película primaria de microorganismos.

Con el tiempo, esta película inicial se ve aumentada por la colonización de diatomeas, macroalgas y esporas de protozoos, formando una película secundaria. Finalmente, la película estimula el asentamiento de algas, esporas y larvas de

animales, y posteriormente se adhiere un organismo marino adulto, lo que se conoce como macroincrustación.

En resumen, la formación de bioincrustaciones en ambientes marinos es un proceso rápido y acumulativo que involucra diferentes etapas y tamaños de organismos, y presenta un desafío complejo.

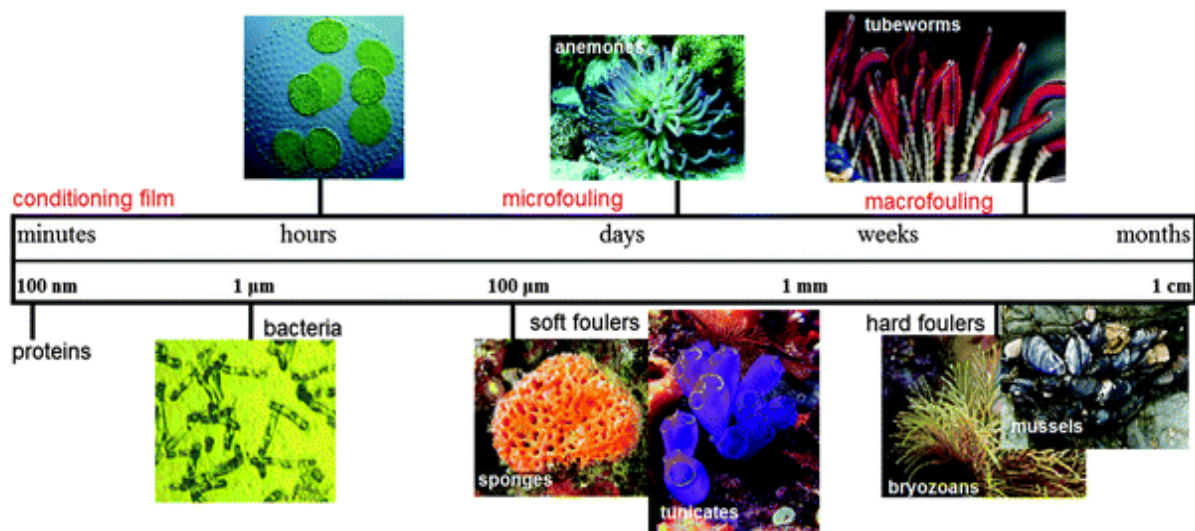


Ilustración 2: Ciclo de creación del *fouling* 2

Fuente: (Nurioglu, Esteves, & de With, 2015)

### 3. Contexto histórico

Aunque la sustancia *antifouling* tal y como es conocida hoy en día es algo relativamente novedoso, la necesidad de proteger la obra viva de las embarcaciones estuvo presente prácticamente desde las construcciones más arcaicas. De hecho, al remontarse al año 1300-1100 AC, recopilando algunos de los poemas de Homero, es

posible observar las referencias que el autor hacía sobre las *navis lunga*. Se trata de galeras primigenias, que empleaban una serie de recursos como la pintura a base de pez y las de minio, dando lugar a las naves negras y las naves rojas respectivamente. Era una sustancia que protegía dichas embarcaciones de la invasión de moluscos, los cuales perforaban el material principal de su obra viva, la madera.

Siguiendo el estudio de manera cronológica, se aprecia que “Aristóteles (siglo IV a.C.) hizo referencia sobre el efecto “frenador de barcos” causado por las rémoras, peces del género *Echeneis* que tienen la aleta dorsal modificada en forma de ventosa por medio de la cual se adhieren.” (Pérez & Stupak, 1996).

Más tarde, se observó que los moluscos no eran el único problema que afectaba a las embarcaciones y ralentizaban su avance. Los gusanos tubícolas presentaban una amenaza sobre los cascos, por lo que se optó por mezclar varias sustancias como el alquitrán, el arsénico y el azufre. Gracias a los hallazgos de este siglo, se implantó una nueva solución que acarreaba el uso de bronce y láminas de plomo con la finalidad de preservar la obra viva de los barcos de guerra.

Ampliando los descubrimientos de Aristóteles relacionados con los inconvenientes que sufrían las naves, el filósofo Plutarco, durante el siglo I, expuso que no solo se trataba de las rémoras cuando se hablaba de amenazas para los barcos. Descubrió que existían distintos organismos que provocaban efectos similares, y propuso la realización de un raspado a la carena, eliminando en la medida de lo posible dichos organismos, como posible solución.

Históricamente se ha podido comprobar que tanto normandos como vikingos, durante los siglos VII y VIII, no llevaban a cabo ninguna tarea relacionada con el cuidado de las naves. Sin embargo, puede decirse que se trataba de embarcaciones usadas durante cortos periodos de tiempo. Por tanto, no necesitaron estudiar este problema ya que no se podían observar las desventajas o, al menos, no en gran medida.

El metal fue el material por excelencia en la industria naval para griegos y romanos a lo largo de la Edad Media, aunque este quedó posteriormente en desuso durante el periodo comprendido entre los siglos V y XV. Sin embargo, embarcaciones como las de Cristóbal Colón emplearon métodos antiincrustantes que incluían la utilización de alquitrán y sebo. Años más tarde, concretamente en 1625, William Beale obtuvo la primera patente *antifouling* en Inglaterra. Su producto estaba formado por una mezcla de polvo de hierro, cemento y compuestos de cobre.

Avanzando en el tiempo, la idea de recubrir el casco de los buques con cobre fue propuesta en 1708 por Charles Perry, aunque inicialmente fue rechazada por los miembros de la Armada Británica, quienes no vieron viable esta solución. Se trataba de una idea que acarreaba muchos costes debido a las altas exigencias en cuanto a mantenimiento. No fue hasta 1758, cuando la fragata HMS Alarm empleó por primera vez este tipo de planchas con el fin de combatir el daño producido por las incrustaciones.

Durante el siglo XIX, surgió la necesidad y existían los medios que permitían expandir la cartografía presente en aquel momento. Se realizaban numerosas

expediciones, y una de las más destacadas a nivel mundial y especialmente para Inglaterra fue la organizada por la Corona Inglesa. A bordo del HSM Beagle, el oficial de la Marina Real FitzRoy emprendió una nueva aventura con el fin de cumplir los deseos de los reyes ingleses. Se trataba de un marino con amplia experiencia, que era consciente de lo insoportables que podían volverse aquellas expediciones cuando no contabas con un buen compañero. De hecho, había sido testigo del sufrimiento de su familia debido a la cantidad de días de navegación solitaria que había vivido su tío, los cuales lo habrían empujado al suicidio. Por ello, decidió ser cauto y elegir a un compañero de viaje de forma meticulosa, con el que compartiese su interés por la ciencia. “FitzRoy rechazó a diversos candidatos, aunque finalmente un joven Charles Darwin se presentó para el puesto y el capitán lo aceptó.” (Sadurní, 2022).

Esta expedición es de enorme importancia ya que Darwin realizó una gran cantidad de sus observaciones y anotaciones sobre nuevas especies, que lo llevaron a desarrollar lo que hoy se conoce como La teoría de la evolución. Además, para el interés común y, en especial el de la industria marítima, durante el viaje advirtió de la presencia de cirrípedos, determinando su clase: molusco. “La conclusión de Darwin basada en la evidencia disponible es que, sin duda, los Cirripedia pertenecían a la Clase Crustáceos.” (Castilla, 2009). No solo estudió la fijación de esta especie en superficies naturales y artificiales, sino que afirmó que “las especies más ampliamente distribuidas son aquellas que se adhieren con mayor facilidad a los cascos de los barcos”. (Pérez & Stupak, 1996). Se trata, por tanto, de una expedición de gran interés no solo por el descubrimiento de la mencionada y conocida teoría, sino porque logró ampliar los conocimientos que en aquel momento se tenían acerca del *fouling*.

Como se mencionaba anteriormente, materiales como el cobre, el arsénico o incluso el mercurio, fueron utilizados con el fin de reducir los daños existentes en los cascos de las naves. El cobre particularmente era un biocida eficiente y que entró en auge durante mediados del siglo XIX. Sin embargo, “la eficacia duró relativamente poco, por lo que se requirieron con frecuencia (c. cada 18 meses (Lewis, 1998)) las embarcaciones en dique seco para su limpieza y reaplicación de pintura” (Dafforn & Lewis, 2011). Posteriormente, se incorporó al mercado una idea que ya había sido empleada con anterioridad durante la década de los sesenta. Se trataba del tribultiestañ (TBT), que se usó inicialmente en aguas dulces para erradicar un parásito concreto, huésped de los moluscos. En primer lugar, fue introducido en “pinturas convencionales o de "asociación libre", que se basaban en la lixiviación pasiva de una matriz soluble o la lixiviación por contacto para liberar sustancias tóxicas en la superficie para inhibir el crecimiento” (Dafforn & Lewis, 2011). Aunque estas pinturas serían sustituidas más tarde por copolímero autopulimentable.

Durante el auge del tribultiestañ, el cobre continuaba estando presente, aunque en menor medida. Sin embargo, esto cambió cuando en 2010 se prohibió el uso de esta sustancia mediante la Decisión de la Comisión de las Comunidades Europeas, de 28 de mayo de 2009, por la que se modifica la Directiva 76/769/CEE del Consejo Europeo en lo que respecta a las restricciones de comercialización y uso de compuestos organoestánnicos “Los compuestos organoestánnicos trisustituidos tales como los compuestos de tribultiestañ (TBT) y trifenilestano (TPT) no se utilizarán después del 1 de julio de 2010 cuando su concentración en el artículo, o en parte del mismo, supere el equivalente al 0,1 % en peso de estaño”. El cobre, por su parte, recuperaría su papel protagonista como biocida antiincrustante.



Actualmente, las sustancias *antifouling* modernas tienen el óxido de cobre como componente activo. Sin embargo, la investigación acerca de los distintos componentes que la conforman sigue activa ya que depende de distintos factores. Es decir, un antiincrustante que pueda ser efectivo para un organismo concreto, puede no ser tan eficiente con un organismo diferente. Por ejemplo, se ha comprobado que una cantidad precisa de biocidas orgánicos puede llegar a dar un mejor resultado que aquellas sustancias a base de cobre, en incrustaciones como el limo. No obstante, la composición de estas puede variar en función de la legislación de cada país. Esto dependerá de las normativas que se apliquen, las cuales serán estudiadas más adelante.

## 4. Composición

Las sustancias *antifouling* se componen principalmente de una resina y un biocida. Mientras que la finalidad de la resina es adherirse al casco, el biocida, por su parte, actúa como elemento tóxico capaz de eliminar los organismos incrustantes. Tanto las resinas como los biocidas son sustancias cuyo origen puede variar, siendo este químico u orgánico. Se observará, más adelante, que el biocida se libera progresivamente, pudiendo provocar contaminación en el ecosistema marino.

Haciendo referencia al contexto histórico de las pinturas *antifouling*, su composición ha ido variando a lo largo de los siglos. Sin embargo, el objetivo común siempre ha sido crear una sustancia capaz de eliminar los organismos invasores que amenazan la integridad de los barcos. Para ello, se han empleado elementos altamente contaminantes y tóxicos. Un claro ejemplo es el tributilestaño, altamente

efectivo y presente durante muchos años en las pinturas antiincrustantes. Tanto este compuesto como sus derivados desarrollan mayoritariamente el papel de biocidas y pesticidas, aunque también pueden aplicarse con otras finalidades, como la conservación de la madera. Se trata de un compuesto con un grado de biodegradabilidad muy bajo, es decir, que puede perdurar en el medio durante muchos años. Una vez sumergido, las partículas residuales lo absorben, ocasionando una gran amenaza para el ecosistema debido a su alta toxicidad. Es una mezcla especialmente peligrosa para las algas, el fitoplancton y los hongos, organismos esenciales para el ecosistema debido a su importante labor de generar oxígeno. No obstante, esto dependerá de diversos factores como el lugar en el que se desprenda el compuesto, y la cantidad de sedimento presente en la zona.

El tributilestaño es capaz de descomponerse en el mar gracias a la acción de la luz, mediante lo que conocemos como fotólisis, y debido a la descomposición de los microorganismos. Esto lo convertiría en una sustancia de menor toxicidad y su duración variaría entre días y unas pocas semanas. Sin embargo, cuando este material se descompone en lugares con una gran cantidad de sedimento, provocando que el tributilestaño se acumule en estos y que la cantidad de oxígeno recibida sea escasa o nula, la durabilidad puede ser de varios años. Dicha situación puede darse en puertos y estuarios, en los que la acumulación de sedimento suele ser mayor.

Siguiendo la misma línea, se han llevado a cabo estudios como el realizado por el profesor Elorza, en los que se ha demostrado el impacto negativo del TBT sobre algunos organismos marinos. La investigación, que tuvo lugar en las costas vascas, mostró la influencia de este compuesto sobre la ostra *Crassostrea gigas*, llegando a

desformarla: “El trabajo muestra la reacción de estas ostras invasoras asentadas en toda la costa vasca. La contaminación marina, especialmente la ocasionada por el tributilestaño empleado en la pintura de las embarcaciones, ha provocado como respuesta que la ostra engrose considerablemente una de sus valvas como respuesta al estrés por la contaminación.” (OESA, 2008).

Se trata de una especie invasora, asentada desde hace años en las aguas del norte de España y proveniente del noroeste asiático. Durante el estudio se observó, por un lado, el comportamiento de estas ostras en la zona oeste de Bizkaia, concretamente en lugares cuyas condiciones hubieran sido modificadas o producidas por la actividad humana. Por ejemplo, puertos, núcleos urbanos e industriales, etc.). Al mismo tiempo, se llevaba a cabo la observación de la misma especie dentro del *Ostranor*, parque de cultivo perteneciente a San Vicente de la Barquera, Cantabria. En este último, la *Crassostrea gigas* no estaba sometida a ningún tipo de contaminación. Finalmente, analizando el desarrollo morfológico y químico de la especie en ambos lugares, se pudo concluir que los efectos del tributilestaño provocaban deformaciones en la especie, específicamente en una de sus valvas.

Por otro lado, se encuentra el cobre, que fue una propuesta bastante popular durante siglos y que resulta ser “hoy por hoy el principal enemigo de los fondos marinos junto con los aceites minerales” (López, 2013). Este elemento químico, que puede estar presente en la naturaleza como metal nativo puede resultar tóxico en grandes cantidades. A pesar de ello, se trata de un micronutriente que, en su justa medida, resulta de vital importancia para los seres vivos.

Durante la última década, se han llevado a cabo varios estudios entre los cuales destaca la investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), con Ricardo Prego como líder del sector de Bioquímica Marina. “A partir de 389 muestras de sedimento superficial y 5 testigos de sedimento se ha determinado la distribución, concentraciones naturales y niveles de contaminación por cobre en los sedimentos de las rías gallegas” (García, Bernández, & Prego, 2013). De las observaciones realizadas, una de las principales conclusiones fue la determinación del alto contenido contaminante que se hallaba en Vigo y Ferrol. Por un lado, un valor de 34 mg por kg de sedimento seco indica que la probabilidad de consecuencias perjudiciales es muy baja. Para convertirse en un biocida, debe alcanzar niveles superiores a los 270 mg, suponiendo en este punto una amenaza para los organismos. El problema radica en que los valores obtenidos en la investigación superaban en un 29% los 270 mg mencionados. Esto supone un riesgo para el ecosistema marino. Sin embargo, la ventaja de los compuestos de cobre es que los organismos poseen un sistema de autorregulación de los niveles de este, consiguiendo que no sean elevados. Además, cuando logran desprenderse de la pintura, suelen ser capaces de eliminar su toxicidad. Por ello, si se emplea con prudencia y dentro de unos valores adecuados, que dependerán de las regulaciones de cada país, no suele acumularse en el medio marino.

Como es posible observar, independientemente de la toxicidad de la mayoría de los compuestos, lo importante es la cantidad de este. La problemática desatada por definir un nivel de biocida adecuado para eliminar los organismos incrustantes, pero que al mismo tiempo no sean nocivos para el resto del entorno, ha provocado la necesidad de encontrar una solución al respecto. Con esta finalidad, se han

establecido una serie de parámetros a cumplir para la elección del biocida. Entre ellos, la necesidad de que sea tóxico para el *fouling* y que, a su vez, no lo sea para el resto de los organismos. Además, se espera que su capacidad de degradación sea efectiva en un periodo de tiempo corto, que su solubilidad sea adecuada y que tenga buena estabilidad en la pintura líquida. Es estrictamente necesario que la legislación vigente lo avale, y que haya superado previamente los exámenes toxicológicos pertinentes.

Adicionalmente, se observa que las soluciones para paliar los efectos de las incrustaciones en los barcos apuntan, cada vez más, a ideas sostenibles que protejan lo máximo posible los ecosistemas. Por ello, todo señala a que en un futuro los *antifouling* predominantes sean aquellos libres de sustancias venenosas. De hecho, ya se está trabajando activamente en el desarrollo de pinturas antiincrustantes menos dañinas para el medio ambiente. La industria marina y los investigadores están enfocados en encontrar alternativas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente para prevenir el *fouling* en los cascos de los barcos.

## 5. Normativa

El auge de las investigaciones científicas, especialmente durante las últimas décadas del siglo XX, ya arrojaban datos preocupantes. Se apreciaba que los niveles de ciertos compuestos tóxicos eran cada vez mayores en el mar e incluso en algunas especies. Todo ello supuso la necesidad de crear una serie de normativas y regulaciones que velaran por la prevención de la contaminación del medio marino y la preservación de las especies que lo habitan. Las pinturas antiincrustantes, así como sus componentes, se encuentran por tanto regidas y controladas principalmente por

la Convención Internacional para la Prevención de la Contaminación por los Buques (MARPOL), el Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques (Convenio BWM), el Reglamento (CE) N° 1907/2006 (REACH) y la Directiva sobre Biocidas (98/8/CE).

## **5.1. MARPOL**

El Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación por los Buques, mejor conocido como MARPOL, es un tratado internacional adoptado por la Organización Marítima Internacional (OMI) con el objetivo de prevenir la contaminación del medio marino por parte de los buques. Fue adoptado en 1973 y posteriormente se le realizaron enmiendas en 1978 y 1997, conocidas como MARPOL 73/78.

Este convenio establece regulaciones y normas para prevenir la contaminación por diferentes fuentes en los buques, incluyendo el vertido de sustancias nocivas en el mar o la gestión de los residuos generados a bordo. Abarca seis anexos que abordan diferentes tipos de contaminación marina y, el Anexo I en concreto, trata sobre la prevención de la contaminación por hidrocarburos y otros productos químicos. Si bien es cierto que no está destinado específicamente a su uso, contiene regulaciones relacionadas con la aplicación, el mantenimiento y la eliminación adecuada de los recubrimientos antiincrustantes.

Estas regulaciones se centran en prevenir la liberación de sustancias nocivas al medio ambiente marino y promover prácticas de manejo seguro. Algunos puntos clave del Anexo I de MARPOL relacionados con las pinturas antiincrustantes son:

1. Requisitos de autorización: Los productos químicos utilizados en los recubrimientos *antifouling* deben cumplir con los requisitos de autorización establecidos en el Anexo I. Esto implica que los productos deben someterse a evaluaciones de riesgos y cumplir con ciertos criterios de seguridad antes de su uso.

2. Registros y documentación: Los buques cuyos cascos estén recubiertos de las mencionadas pinturas, deben llevar registros que demuestren el cumplimiento de las regulaciones. Esto incluye documentación sobre la aplicación y el mantenimiento de los recubrimientos, así como información sobre los productos químicos utilizados.

3. Eliminación adecuada: Cuando se retire o repare el antiincrustante, se deben tomar medidas adecuadas para evitar la contaminación del medio ambiente marino, lo cual implica la gestión adecuada de los desechos y la utilización de instalaciones de eliminación autorizadas.

## **5.2. Convenio BWM**

El Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques (Convenio BWM), fue adoptado para prevenir, minimizar y controlar la transferencia de organismos acuáticos nocivos y patógenos a través del agua de lastre y los sedimentos de los buques.

La pintura antiincrustante es un componente crítico en la implementación de este convenio, ya que ayuda a prevenir el crecimiento y la acumulación de organismos marinos en los cascos de los buques. Al mantener los cascos limpios, el *antifouling* reduce el transporte de especies exóticas y evita la contaminación biológica en los ecosistemas marinos.

En él se establecen directrices y estándares para su uso y requiere que los buques cumplan con ciertas regulaciones. Entre ellas se encuentra la prohibición del uso de *antifouling* a base de compuestos de estaño a partir de enero de 2008, debido a su toxicidad para los organismos marinos. Además, se exige que cumplan con los criterios de rendimiento y seguridad establecidos por la Organización Marítima Internacional (OMI). También promueve la implementación de prácticas adecuadas de gestión del agua de lastre, incluida la instalación de sistemas de tratamiento de agua de lastre a bordo de los buques para eliminar o minimizar la presencia de organismos acuáticos y sedimentos. Esto contribuye a prevenir la propagación de especies invasoras y reducir el impacto ambiental causado por el transporte marítimo.

En resumen, el Convenio BWM tiene implicaciones significativas sobre el uso del antiincrustante en los buques, ya que promueve la adopción de prácticas y tecnologías que ayudan a prevenir la contaminación biológica y proteger los ecosistemas marinos.



### 5.3. REACH

Se trata del Reglamento (CE) N° 1907/2006 (REACH), perteneciente a la Unión Europea, que regula la fabricación, importación, comercialización y uso de sustancias químicas, incluidas aquellas presentes en los recubrimientos *antifouling*. REACH establece requisitos para el registro, la evaluación, la autorización y la restricción de sustancias químicas. Algunos de estos son:

1. Registro de sustancias: Los fabricantes o importadores de sustancias químicas, incluidos los ingredientes del *antifouling*, pueden estar obligados a registrar dichas sustancias en la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA, por sus siglas en inglés). El registro implica proporcionar información sobre las propiedades y los posibles efectos adversos de la sustancia, así como medidas de gestión de riesgos.

2. Evaluación de seguridad: Aquellos proveedores y usuarios de sustancias químicas, incluidos los fabricantes de pinturas antiincrustantes, deben evaluar los riesgos asociados con el uso de esas sustancias. Esto supone identificar y gestionar los posibles riesgos para la salud humana y el medio ambiente, y tomar medidas adecuadas para reducirlos o eliminarlos.

3. Autorización y restricción: Algunas sustancias químicas consideradas peligrosas pueden estar sujetas a restricciones o requerir autorización para su uso. Estas restricciones pueden incluir prohibiciones o limitaciones en el uso

de ciertos componentes químicos si se considera que representan un riesgo inaceptable.

4. Comunicación en la cadena de suministro: Se exige la responsabilidad de comunicar información relevante sobre el uso seguro de las sustancias a lo largo de la cadena de suministro, lo cual incluye proporcionar hojas de datos de seguridad y otra información pertinente a los usuarios y distribuidores.

Es importante tener en cuenta que los requisitos específicos pueden variar según las propiedades y el uso de las sustancias químicas presentes en el *antifouling*. Además, es posible que otros reglamentos, como el Reglamento sobre Clasificación, Etiquetado y Envasado de Sustancias y Mezclas (CLP) y el Reglamento sobre Biocidas, también sean aplicables dependiendo de las características y formulación específica de los productos químicos a tratar. Por lo tanto, es recomendable consultar la legislación relevante y buscar orientación específica de las autoridades competentes para garantizar el cumplimiento normativo adecuado.

#### **5.4. Directiva sobre Biocidas (98/8/CE)**

Esta directiva de la Unión Europea establece el marco para la autorización y comercialización de productos biocidas, que incluyen los recubrimientos antiincrustantes. La directiva define requisitos para la evaluación de riesgos, la autorización de biocidas y el etiquetado adecuado. Entre las aplicaciones más relevantes encontramos las siguientes:

1. Autorización de sustancias activas: La Directiva sobre Biocidas establece un proceso de autorización para las sustancias activas utilizadas en productos biocidas, incluido el *antifouling*. Estas sustancias deben someterse a una evaluación rigurosa para demostrar su eficacia y seguridad, y solo aquellas autorizadas pueden ser utilizadas en productos biocidas, a menos que exista una derogación específica.

2. Evaluación de productos biocidas: Además de la autorización de sustancias activas, los productos biocidas deben someterse a una evaluación para garantizar que su uso sea seguro y efectivo. Esto incluye evaluar su eficacia en el control de organismos marinos no deseados y minimizar los riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

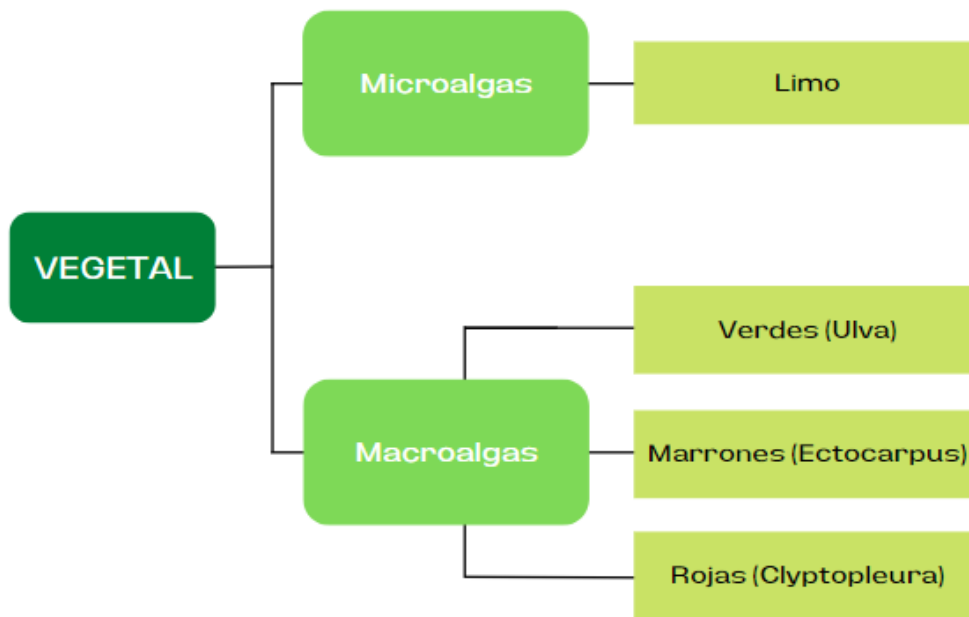
3. Etiquetado y comunicación: se debe proporcionar información clara sobre su uso seguro, instrucciones de aplicación y advertencias sobre posibles riesgos. Además, los fabricantes y distribuidores de antiincrustantes están obligados a proporcionar información relevante sobre la composición y las precauciones necesarias a los usuarios y consumidores.

4. Restricciones y sustitución: Se permite la imposición de restricciones o prohibiciones en la comercialización y uso de productos biocidas si se considera necesario por motivos de seguridad o medioambientales. Adicionalmente, la directiva fomenta la sustitución gradual de sustancias activas con propiedades preocupantes por alternativas más seguras y sostenibles.

Es importante tener en cuenta que la Directiva sobre Biocidas ha sido sustituida por el Reglamento sobre Biocidas (UE) 528/2012 a partir del 1 de septiembre de 2013. El Reglamento sobre Biocidas tiene un alcance más amplio y establece un marco regulatorio completo para la autorización y uso de productos biocidas en la Unión Europea. Por lo tanto, se debe consultar la legislación vigente para obtener información actualizada sobre las implicaciones específicas de las pinturas antiincrustantes en el marco de la regulación de biocidas en Europa.

## **6. Tipos de incrustaciones**

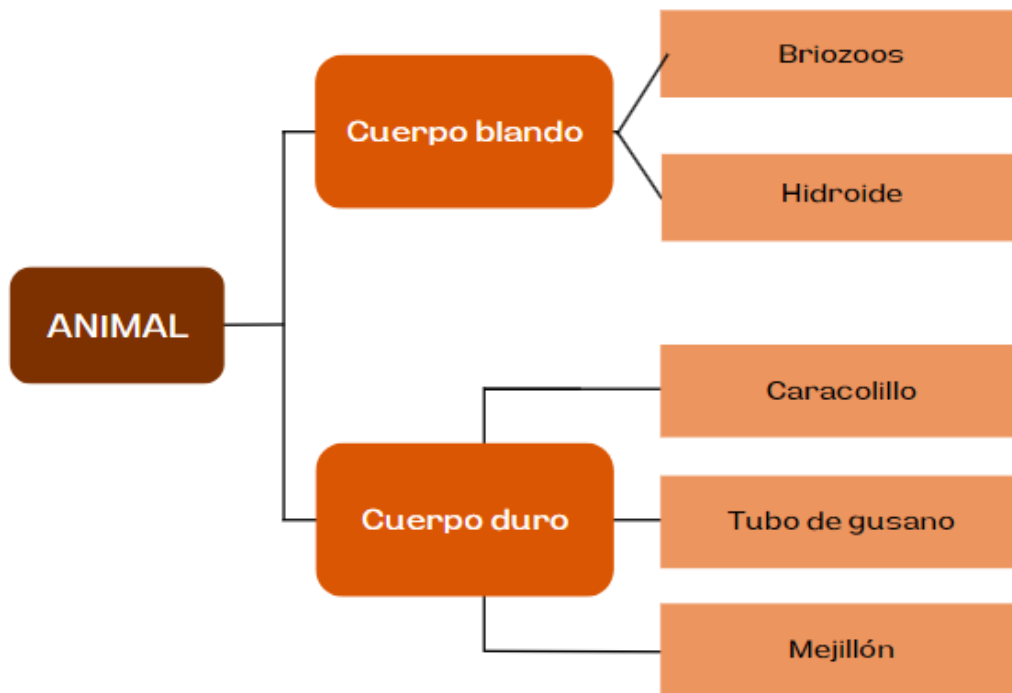
Al comienzo del trabajo se mencionaba superficialmente los diferentes tipos de incrustaciones que nos podemos encontrar en la obra viva de nuestras embarcaciones. Como clasificación general, se pueden dividir en dos grandes grupos: animales y vegetales. Estos, a su vez, están ramificados en varios subtipos. En el siguiente esquema basado en el artículo de Antonio Rodríguez, *Mantenimiento, el futuro de los antifouling*s para Náutica & Yates magazine, se observa con mayor claridad.



**Ilustración 3:** Incrustaciones de origen vegetal y sus tipos

*Fuente: Propia*

Como se puede comprobar, en lo referente a las incrustaciones de origen vegetal encontramos las micro y las macroalgas, que a su vez se dividen en distintas subcategorías.



**Ilustración 4:** Incrustaciones de origen animal y sus tipos

*Fuente: Propia*

El *fouling* de origen animal se divide, por su parte, en base a la dureza de su cuerpo. Se observan, por tanto, los de cuerpo duro y los de cuerpo blando. Entre ellos se encuentran ejemplos conocidos como el mejillón o el caracolillo. Pese a la gran variedad existente, es posible decir que las más comunes vienen en forma de limo, caracolillos o conchas y algas.

Por un lado, se llama limo al conjunto de bacterias, barro y algas microscópicas que, pese a su baja capacidad para adherirse, pueden ocasionar muchos daños. Se encuentran presentes especialmente en los yates, sobre cuyos cascos podemos observar esta fina capa que se asemeja al musgo.

## 6.1. Incrustaciones de limo



**Ilustración 5:** Barco con casco cubierto de incrustaciones tipo limo

*Fuente: International Yacht Paint*

Este tipo de incrustación es de difícil eliminación y puede presentarse debido a varios motivos entre los que encontramos:

- No se aplicó el volumen de pintura suficiente. La solución de este problema es sencilla: simplemente se debe aplicar la cantidad de pintura necesaria, sin importar el número de capas y priorizando el volumen.
- Embarcación expuesta al sol durante un largo periodo de tiempo, lo que da lugar a una tenue oxidación en su superficie. Además, las partículas contaminantes arrastradas por el viento podrían provocar efectos negativos sobre la misma. Para paliar estas desventajas, se recomienda por un lado seguir las instrucciones especificadas en la pintura que se use y, por otro, realizar una buena tarea de limpieza del casco. No deben quedar restos de

incrustaciones, y las capas de pintura aplicada deben ser, preferiblemente, lavadas con agua dulce mediante chorros de alta presión.

- El efecto de la pintura antiincrustante no es inmediato por lo que, una vez sumergida, necesitará un tiempo determinado para comenzar su labor. Por ello, resulta extremadamente fácil para organismos como las semillas de percebes, incrustarse en las superficies de los barcos. Esto ocurre especialmente en lugares con valores de contaminación y suciedad alta. Pese a que no existen medidas preventivas para este problema, se recomienda mover el barco de lugar. Como solución, retirar los restos de *fouling* y lavar con agua dulce a presión.
- Antes de usarla, conviene remover la pintura antiincrustante ya que puede haberse producido una sedimentación en el material. Esto implica que el biocida puede haberse concentrado en la capa inferior, y no estar repartido de manera uniforme en la lata.
- Los chubascos o el aumento de la temperatura del agua pueden generar movimientos en el fondo marino, liberando los recursos alimentarios adheridos a este. Las especies incrustantes aumentarán, por lo que supondrá una mayor amenaza para los buques. Lamentablemente no existe un remedio que lo pueda evitar, ya que los cursos de la naturaleza se encuentran fuera del control humano. Sin embargo, una vez ocurra, como en los casos anteriores, se recomienda retirar la mayor cantidad posible de



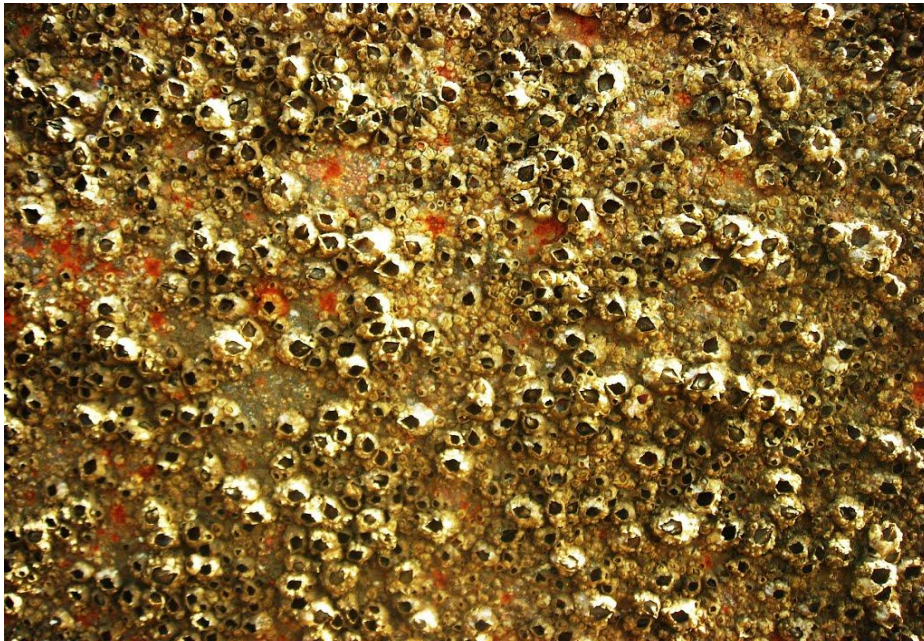
organismos indeseados y de arena húmeda, y limpiar con chorros de alta presión empleando agua dulce.

- Si bien es cierto que el lavado del casco es importante, hay que tener en cuenta que una limpieza demasiado intensa o con demasiada frecuencia puede llegar a ser perjudicial. Por ello, es necesario emplear equipos de lavado que no sean de gran intensidad. También se puede optar por la elección de una pintura antiincrustante de mayor dureza.
- Los vertidos provenientes de tierra pueden transportar diferentes compuestos químicos tales como fosfatos y sulfatos provenientes de fertilizantes, pudiendo afectar a la eficiencia de las pinturas escogidas. Conviene desplazar las embarcaciones a otro lugar en el que no se encuentren expuestas a esta amenaza.

## **6.2. Incrustaciones de caracolillos o conchas**

Se trata de uno de los tipos de incrustaciones con mayor dificultad de eliminación. Inicialmente, los comúnmente llamados percebes se encuentran repartidos por el océano en el que nadan con libertad. Una vez se aproximan a su edad adulta, estos crustáceos buscan una superficie dura a la que adherirse, con el fin de crear conchas en las que pasarán de 3 a 5 años. Este periodo de tiempo coincide con su longevidad (una vez adheridos al casco). El problema es, además, que uniéndose forman significantes colonias que pueden llegar a suponer enormes pérdidas de dinero para las naves.

Como se había comentado con anterioridad, los cirrípedos o percebes son de difícil eliminación ya que “Las conchas de los percebes están hechas de una sustancia calcárea muy dura, similar a la piedra caliza” (FUTURETECH, 2011). Además, cuando se trata de liberar el casco de este tipo de incrustaciones, estos organismos dejan una especie de pegamento mediante el cual se adhieren al casco y el cual puede acabar arrancando el *gelcoat* aplicado.



**Ilustración 6:** Caracolillo incrustado en el casco del barco

*Fuente: Blog FP Náutica*

### **6.3. Incrustaciones de algas**

Otro organismo amenazante para las embarcaciones son las algas, que desempeñan un papel protagonista en cuanto al *fouling*. Para ellas, resulta

extremadamente beneficioso encontrar superficies artificiales como puede ser la obra viva de los barcos. Esto se debe a que consiguen fijarse y son capaces de llevar a cabo su función fotosintética gracias a la escasa distancia que existe entre la carena y la superficie, permitiendo que los rayos de luz las alcancen.

Existen numerosas especies de algas y no todas necesitan unirse a estructuras fijas y/o artificiales. Este es el caso de la diatomea *Skeletonema costatum*, la cual es posible encontrar suspendida junto con el plancton. Por su parte, se hallan algas “fijadas a sustratos sumergidos como la diatomea bentónica *Achnanthes longipes*” (Pérez Lic, 2012). No obstante, las incrustaciones de plancton son comunes ya que, de esta manera, dichas comunidades encuentran numerosos beneficios para llevar a cabo los procesos de sedimentación.

Como las mencionadas, existen numerosos grupos distintos de algas. Sin embargo, las de mayor importancia para la comunidad navegante son las algas pardas, las algas rojas y las algas verdes, cuyos nombres científicos son *Phaeophyta*, *Rhodophyta* y *Chlorophyta* respectivamente.



**Ilustración 7:** Incrustaciones de tipo alga en la obra viva del barco

*Fuente: Boats News*

## 7. Tipos de pintura antifouling

Las pinturas antiincrustantes siguen una clasificación determinada que variará en función de la finalidad de su uso. Dentro de esta división se encuentran los *antifouling* de matriz dura, las autopulimentables, las de resina epoxi y las de agua dulce.

### 7.1. Matriz dura

Este tipo de pintura *antifouling* se obtiene mediante el cruce de resinas solubles e insolubles. Reciben su nombre debido a la textura que adquieren una vez se ha

secado su capa de pintura. Esto se debe a que se convierten en una superficie dura y porosa. De hecho, dureza y resistencia son las características principales que se pretenden obtener con el uso de los *antifouling* de matriz dura. Otra de las propiedades principales es que cuenta con biocidas que, una vez han entrado en contacto con el agua, impiden el aumento y desarrollo de las incrustaciones. Por su parte, el porcentaje presente de biocida en este tipo de pintura antiincrustante es alto.

Las pinturas antiincrustantes de matriz dura se recomiendan principalmente para embarcaciones rápidas tanto a vela como a motor, y para las que se encuentren en lugares con un nivel alto de exposición a las mareas (ya sea durante la navegación o varados) y los fondos lodosos. Además, algunos de los dueños de las embarcaciones participantes de regatas son partidarios de pulir o lijar sus cascos poco antes de la competición. En este caso, este tipo de antiincrustante resulta óptimo para dichas actividades ya que consiguen obtener un acabado liso.

Sin embargo, pese a tener ventajas como su alta resistencia al lijado gracias a la propiedad de dureza que presenta, su larga duración y su capacidad de ser el óptimo para travesías largas y con condiciones de marea considerablemente malas, presenta una serie de desventajas. Por ejemplo, es imprescindible que una vez finalizada la temporada se lleve a cabo el proceso de lijado para evitar la acumulación de capas. Por otro lado, los cascos no pueden ser limpiados en puerto de ninguna manera, por lo que cualquier modificación requeriría el varado.

## 7.2. Autopulimentable

Inicialmente, los antiincrustantes autopulimentables son hidrofóbicos, lo cual implica que repelen el agua. Sin embargo, “Una vez en contacto con el agua salada, el cloruro de sodio rompe la unión entre el polímero y el cobre, creando un polímero acrílico ácido.” (NACE 2, 2015). Esto ocurre únicamente en la zona superficial de la capa. A partir de este punto el polímero ácido es disuelto en el agua. Se trata, por tanto, de un tipo de pintura *antifouling* que presenta una matriz soluble, es decir, que se va disolviendo en el agua lentamente, permitiendo que el biocida realice su función. Esto ocurre a medida que el casco se encuentra en contacto constante con el agua, durante la navegación, gracias al desgaste de la pintura. Se habla de una solución especialmente eficaz ya que, al contrario que la de matriz dura, esta no necesita lijado. Esto se debe a que se va deteriorando con el paso del tiempo, permitiendo que una nueva capa se aplique cuando sea necesario, sin la obligación de que el casco sea previamente pulido. La razón de que, como fue explicado previamente, pase de ser hidrófobo a hidrófilo, se debe a que la resina y el agua salada reaccionan entre sí. En pocas palabras, encontrándose de forma estática, el barco es, como bien indica su nombre, autopulimentado.

Este tipo de antiincrustantes son la solución más duradera y que subsisten durante más tiempo. Además, pese a tener un precio más elevado, acaban siendo rentables a largo plazo debido a su escasa necesidad de mantenimiento. Por ello, se recomienda para cualquier tipo de embarcaciones, especialmente aquellas que realicen travesías largas, pero que no naveguen a altas velocidades, como por ejemplo los cruceros. También pueden ser usadas en aquellos buques que se

encuentren atracados. No obstante, es preferible no emplearlas en zonas de aguas dulces, tales como pantanos, lagos o ríos. Tampoco es recomendable la exposición de estas pinturas al aire, ya que conllevan un alto grado de deterioro.

### **7.3. Agua dulce**

Los *antifouling* de agua dulce son, como bien explica su nombre, son aquellos que se emplean en las embarcaciones destinadas para este medio. Las pinturas de agua dulce, a diferencia de las de agua salada, cuentan con biocidas de distinto tipo, y unos elementos específicos cuya finalidad es prevenir la corrosión en el agua dulce.

A la hora de seleccionar un antiincrustante para un buque que navegará tanto en agua dulce como en agua salada, habrá que tener en cuenta dónde pasará más tiempo. En este caso particular, su aplicación no es necesaria con tanta frecuencia ya que normalmente los organismos que crecen en agua dulce no sobreviven en agua salada y viceversa. Adicionalmente, existe un margen de tiempo durante el cual estos organismos de un medio están muriendo y se desprenden del casco, que puede durar semanas. En el transcurso, los organismos del nuevo medio no se adherirán hasta que dicho ciclo finalice.

### **7.4. Matriz soluble**

En cierto modo, las pinturas antiincrustantes de matriz soluble presentan similitudes con respecto a las autopulimentables. La razón radica en que también poseen un método de actuación mediante el cual el biocida y el resto de los

compuestos activos comienzan a desprenderse en contacto con el agua. Sin embargo, en el caso de la matriz soluble, lo que sucede es que el *antifouling* se disuelve una vez se encuentra sumergido, y los componentes activos comienzan a liberarse.

Este tipo de antiincrustante resulta más adecuado para naves que tienen períodos de inactividad prolongados, ya que la disolución controlada permite una liberación continua de los ingredientes activos incluso cuando la embarcación no está en movimiento.

## **7.5. Resina epoxi**

Se trata de una solución relativamente nueva en el mercado. El epoxi es un tipo de resina termo endurecible que se utiliza ampliamente en diversos campos, como la construcción, la industria, la electrónica y el arte. Está compuesto por dos componentes principales: una resina epoxi y un agente de curado o endurecedor. Estos dos componentes se mezclan en proporciones específicas, lo que desencadena una reacción química que conduce a la polimerización y endurecimiento del material.

El epoxi se caracteriza por su alta resistencia mecánica, durabilidad y excelente adhesión a una amplia gama de sustratos, como metales, plásticos, madera y concreto. Además, ofrece una buena resistencia a la corrosión, al impacto y a la temperatura. Una vez que el epoxi se ha curado, forma una estructura rígida y estable. Las exigencias de mantenimiento son bajas, pudiendo durar de 2 a 5 años sin ser sustituidas, aunque requieren una limpieza del casco periódica. Consecuentemente,



la aplicación de este tipo de *antifouling* es de bajo coste a largo plazo, a pesar de ser más costoso que el resto de antiincrustantes convencionales.

Las resinas epoxi están pigmentadas atribuyéndole color al producto, y biocidas entre los que se encuentran el óxido de cobre. Este, junto con níquel, se van liberando paulatinamente una vez entran en contacto con el agua. Entre sus características más destacadas encontramos su rapidez en el secado, su gran capacidad de adherencia y el alto grado de dureza que presenta. Dicha dureza, sin embargo, implica que sean difíciles de remover, lo que supone un coste más elevado para su extracción. Son compatibles con la mayoría de las pinturas, por lo que su aplicación no supone mayores problemas sobre capas ya existentes.

Por otro lado, es importante tener en cuenta que, al poseer óxido de cobre, puede llegar a ser incompatible con las embarcaciones de aluminio, por lo que resulta conveniente que se consulte previamente con el fabricante.

## **8. Pinturas antiincrustantes del mercado**

Si bien es cierto que el abanico de posibilidades a la hora de encontrar una pintura antiincrustante adecuada es extenso, existen algunas marcas que se han ganado un gran reconocimiento en los últimos años y que resultan ampliamente conocidas y utilizadas. Estas son: International Paint, Jotun, y Hempel. Las tres poseen un catálogo con diferentes tipos de *antifouling*, pudiendo encontrarse aquel que mejor convenga al buque deseado dependiendo tanto de las características de este como de las aguas en las que navega.

## 8.1. International Paint

International Paint es una marca registrada de AkzoNobel, una empresa multinacional holandesa especializada en pinturas y recubrimientos. AkzoNobel es una de las principales compañías mundiales en la industria de productos químicos y recubrimientos, y opera en diversos segmentos, incluyendo pinturas decorativas, productos para la industria, recubrimientos marinos y de protección, entre otros.

La mencionada marca abarca distintos tipos de pinturas antiincrustantes, presentando opciones tanto de matriz dura, como de pinturas autopulimentables, o incluso de agua dulce.

### 8.1.1. Intersleek 1100SR

Se trata de la gama de International Paint que “se lanzó en 1996 como el primer recubrimiento patentado libre de biocidas para la industria naviera.” (AkzoNobel, 2021). Intersleek cuenta ha desarrollado nuevos estándares de rendimiento, ofreciendo una mayor eficiencia en el tiempo; y de sostenibilidad, pues se trata de un tipo de pintura no solo libre de biocidas, sino que adicionalmente ha conseguido reducir las emisiones de carbono en su fabricación. Además, destaca por su innovación en lo que respecta a la creación de una tecnología pionera en la erradicación del *fouling* tipo limo.

Intersleek 1100SR es el primer *antifouling* libre de biocidas que posee la tecnología *Slime Release* patentada. Es una solución eficiente tanto para micro como para macro incrustaciones, que ha mejorado su tecnología estática incluso en aguas

dulces. Por ello, está recomendada como marca especializada para estas aguas. Sus principales beneficios son la reducción de resistencia de los buques y el consiguiente ahorro de combustible que, además, supone una disminución en cuanto a la emisión de dióxido de carbono.



**Ilustración 8:** Comparativa entre estructura con Intersleek 1100SR y estructura con otra marca antiincrustante después de 19 meses en estático.

*Fuente: International Paint*

### 8.1.2. Intersmooth 7460HS SPC

La pintura antiincrustante Intersmooth 7460HS SPC es una opción de antiincrustante autopulimentable libre de compuestos dañinos, e incluso prohibidos en numerosos países, como el tributilestaño. Se emplea principalmente en aquellas situaciones en las que se requiera reducir las emisiones de disolventes. Por su parte, presenta una baja fricción, por lo que permitiría un efectivo nivel de flujo de agua a lo largo del casco.

## 8.2. Jotun

Jotun es una empresa noruega líder en el campo de las pinturas y recubrimientos, con más de 100 años de experiencia en la industria. Fue fundada en 1926 y ha crecido hasta convertirse en una marca reconocida a nivel mundial. Ofrece una amplia gama de productos, que incluyen pinturas decorativas, pinturas industriales, pinturas marinas y recubrimientos especiales. Su enfoque se centra en la innovación, la calidad y la sostenibilidad.

En el sector marino, Jotun es conocida por su gama de pinturas *antifouling*, que protegen los cascos de los barcos contra el crecimiento de organismos marinos y ayudan a mejorar la eficiencia y el rendimiento de las embarcaciones. También ofrece productos para el mantenimiento y la protección de embarcaciones, como imprimaciones, pinturas de acabado y recubrimientos especiales.

Además de su enfoque en la calidad y la innovación, Jotun se ha comprometido con la sostenibilidad y la protección del medio ambiente. Han desarrollado productos y tecnologías que reducen el impacto ambiental, como pinturas con bajo contenido de compuestos orgánicos volátiles (COV) y sistemas de revestimiento resistentes a la corrosión que prolongan la vida útil de las estructuras y reducen la necesidad de mantenimiento frecuente.

### 8.2.1. SeaQuantum Ultra S

Si bien es cierto que el catálogo de Jotun es amplio, ofreciendo diversas soluciones dependiendo de las condiciones de navegación presentes y de las

características intrínsecas del buque, cabe destacar la gama SeaQuantum Ultra S. Se trata de un tipo de pintura antiincrustante de tipo autopulimentable que está formulado para ofrecer una superficie lisa y de baja fricción, lo que reduce el arrastre hidrodinámico y mejora el rendimiento de la embarcación. Además, proporciona una protección duradera contra el *fouling*, lo que permite intervalos de mantenimiento más largos y reduce la necesidad de limpieza y repintado frecuentes.

Por su parte, “SeaQuantum Ultra S reduce el consumo de combustible y las emisiones de carbono hasta en un 10,2%\* y permite una resistencia a la fricción ultrabaja en el casco submarino, posible gracias a un control de bioincrustaciones altamente efectivo y un perfil de superficie liso y autopulido.” (Jotun, 2023). Adicionalmente, cuenta con una protección de hasta 45 días de inactividad, lo cual resulta altamente ventajoso teniendo en cuenta que una embarcación parada es más propensa a sufrir incrustaciones debido a que carece del flujo de agua que recorre el casco y de las vibraciones generadas por el movimiento, que dificultarían la adhesión.

### **8.3. Hempel**

Hempel es una reconocida empresa global especializada en la fabricación y suministro de pinturas y recubrimientos. Fundada en Dinamarca en 1915, cuenta con más de un siglo de experiencia en la industria y se ha convertido en uno de los principales actores en el mercado de pinturas marinas y recubrimientos industriales. La empresa ofrece una amplia gama de soluciones de recubrimiento para diversas industrias, incluyendo la marina, la construcción, la energía, la infraestructura y el

sector industrial en general. Sus productos están diseñados para proteger y mejorar la durabilidad de estructuras y equipos en condiciones ambientales desafiantes.

En el ámbito marino, aunque Hempel es ampliamente conocida por sus soluciones de pinturas *antifouling*, ofrece otros productos para la protección y el mantenimiento de barcos, incluyendo imprimaciones, pinturas de acabado y recubrimientos especiales. Se trata de una marca que destaca por su enfoque en la innovación y la calidad de sus productos.

La empresa invierte considerablemente en investigación y desarrollo para desarrollar tecnologías de vanguardia y ofrecer soluciones avanzadas a sus clientes. Además, Hempel se preocupa por la sostenibilidad y se esfuerza por reducir el impacto ambiental de sus operaciones y productos, implementando medidas para minimizar las emisiones y promoviendo el uso responsable de los recursos naturales.

Esta reconocida compañía opera a nivel mundial, con presencia en más de 80 países y una red de centros de producción y distribución estratégicamente ubicados. Esto le permite ofrecer sus productos y servicios de manera eficiente a nivel global, cumpliendo con las necesidades de sus clientes en diferentes sectores y regiones.

### **8.3.1. Olympic 86951**

Hempel Olympic 86951 es un tipo de *antifouling* desarrollado por Hempel. Es un recubrimiento antiincrustante altamente sólido que no contiene estaño. Su característica autopulimentante se basa en un proceso de intercambio de iones, lo que resulta en la formación de una capa activa que se descompone en contacto con el

agua. La resina matriz de este producto se fortalece con fibra inorgánica, lo que asegura un control efectivo del pulido y una mayor resistencia mecánica.

Una particularidad importante es que este producto no utiliza compuestos orgánicos de estaño como biocidas. Además, cumple con los estándares establecidos en la Convención Internacional sobre el Control de los Sistemas Antiincrustantes Nocivos en Buques, adoptada por la Organización Marítima Internacional (IMO) en octubre de 2001 (documento de la IMO AFS/CONF/26).

### **8.3.2. Hempadur Tiecoat**

Hempadur Tiecoat 49183 es un epoxi anticorrosivo de dos componentes. Entre sus características más destacadas destacan: sus excelentes propiedades de protección contra la corrosión, y su método de actuación como capa intermedia que conecta la imprimación con las capas que se secan físicamente. Para un uso atmosférico y de inmersión, se utiliza como capa de enlace entre recubrimientos epoxi y de secado físico. En su uso de inmersión puede reemplazar también una segunda capa de imprimación anticorrosiva para el sistema de pintado submarino y, al mismo tiempo, actuar como capa de enlace para el antiincrustante.

### **8.3.3. Classic 76110**

Hempel's Antifouling Classic 76110 es una opción de pintura antiincrustante de matriz soluble, en cuya composición no se emplean compuestos orgánicos de estaño activos para la formación de sus biocidas. Esto supone que el mencionado *antifouling* cumple “con la International Convention on the Control of Harmful Antifouling Systems

para buques adoptada por la IMO Octubre 2011 (IMO document AFS/CONF/26).” (Hempel, 2023). Está conformado, en cambio, por biocidas orgánicos y contiene óxido cuproso.

## 9. Método de aplicación

Para aplicar el producto antiincrustante, es fundamental contar con una superficie preparada. Para ello, se deberá limpiar el casco con el fin de eliminar cualquier suciedad, aceite, grasa o residuos presentes en la superficie. Una vez limpio, se procederá al lijado de este, paso que resulta especialmente importante ya que será el que cree una superficie rugosa que mejorará la adherencia de la pintura.

Por otro lado, se recomienda la aplicación de una capa de imprimación o primer. Ayuda a mejorar la adhesión de la pintura al casco y proporciona una capa de protección adicional. A continuación, se pinta el casco. Este paso tiene propósitos estéticos y también ayuda a proteger la estructura del barco. Se elige el tipo de pintura adecuado según preferencias y recomendaciones del fabricante.

Finalmente, una vez secada por completo, se procede a la aplicación del *antifouling* sobre la pintura. También es posible utilizar el *antifouling* como pintura sin necesidad de aplicar una capa adicional, ya que ya vienen pigmentados.



## 10. Frecuencia de aplicación

Como se ha podido apreciar con los diferentes tipos de pinturas antiincrustantes, la frecuencia de aplicación dependerá de factores como el tipo de embarcación, el tiempo que esta pasará navegando, la zona en la que operará, etc. Si se trata, por ejemplo, de aguas más frías, una capa de *antifouling* puede ser suficiente para la temporada. Sin embargo, una zona de aguas más cálidas implica una mayor exposición a los organismos y, por tanto, un mayor riesgo de que estas incrustaciones se produzcan. Los cruceros, por su parte, suelen aplicar dos capas de antiincrustante antes del inicio de la temporada, lo cual suele ser suficiente hasta aproximadamente otoño. No obstante, en aguas cálidas y con un nivel de suciedad considerable, se puede observar la formación de incrustaciones en el casco a partir de las pocas semanas después de haber sido aplicado. Por tanto, también influye la limpieza que presenten dichas aguas ya que, si se hace referencia a las embarcaciones atracadas a puerto durante largos periodos de tiempo, estas presentarán una mayor cantidad de incrustaciones debido a la suciedad de la zona.

Es posible decir que la duración efectiva de esta sustancia está directamente relacionada con el grosor de capas que se le aplique al casco. Esto se debe a que poco a poco se va liberando, dando paso a la siguiente capa más próxima a su superficie. Aun así, no se debe aplicar capas excesivamente gruesas con el fin de prolongar la vida útil de estas pinturas, ya que esto puede provocar un daño sobre la pintura convencional del barco y, posteriormente, sobre el casco. Se requiere, por tanto, encontrar un equilibrio barajando todos los factores mencionados previamente.

Por su parte, la composición juega también un papel fundamental a la hora de establecer la durabilidad del antiincrustante. Habiendo estudiado en el punto anterior los diferentes tipos de *antifouling* se observa que, por ejemplo, los de matriz soluble representan una de las soluciones menos duraderas del mercado. Esto se debe a que la dilución de los polímeros que la forman se lleva a cabo sin ningún tipo de control. Por ello, se renueva de forma anual, aunque es cierto que en aguas más cálidas su duración se reduce a la mitad, siendo de 6 meses aproximadamente. En aguas más frías, este periodo suele prolongarse a los 9 meses de duración.

Las pinturas antiincrustantes de matriz dura, en cambio, tienden a ser más duraderas debido a su insolubilidad en el agua. Gracias a esto, su duración puede extenderse hasta los 24 meses. Una vez alcanzado ese punto, su sustitución es requerida debido a la acumulación de capas que se forma.

Por otro lado, las de matriz autopulimentable presentan copolímeros que facilitan que la liberación del biocida se produzca de una manera más controlada dependiendo en la zona en la que se realice la navegación. Esto permite que su vida útil pueda alcanzar hasta los 5 años. Sin embargo, como se mencionaba anteriormente, este dato irá ligado al espesor de la capa que se aplique sobre el casco, ya que con el tiempo las capas irán desprendiéndose.

Finalmente, los *antifouling* formados por resinas epóxicas presentan una duración de entre 1 y 2 años en el agua, y son especialmente efectivas en áreas expuestas a un alto nivel de incrustación. No obstante, en dique seco pierden su

efectividad de manera progresiva y con mayor facilidad, y debido a su propiedad de dureza son difíciles de remover.

## 11. Beneficios del *antifouling*

La aplicación del *antifouling* surgió como una necesidad cuando se observaron diversos problemas entre los que destacan: la ralentización de las embarcaciones y el rápido deterioro de los cascos producido por las incrustaciones. Inicialmente, el planteamiento de la navegación más lenta no suponía un problema tan grave. Sin embargo, con el auge del comercio y la presión sobre la marina mercante, medio principal de transporte mundial, de cubrir las necesidades de la población, surgió la necesidad de mejorar las soluciones ya existentes. Así, el comercio de las pinturas antiincrustantes se ha encontrado en constante desarrollo y evolución desde hace muchos años.

En el medio marítimo, unas horas de retraso para entregar una determinada mercancía, pueden suponer miles de euros de pérdidas. Además, a diferencia del resto de transportes, las embarcaciones se encuentran parcialmente sumergidas en el agua, por lo que para su reparación y mantenimiento tienen que ser extraídas de este medio, lo cual supone grandes costes para las empresas. Por ello, es necesario que los cascos de los barcos se encuentren en el punto óptimo para su navegación, pudiendo garantizar travesías veloces, seguras y, en definitiva, eficaces durante el mayor periodo de tiempo posible.

Entre los principales y más importantes beneficios generados a raíz de la aplicación de las pinturas antiincrustantes resaltan:

- Prevención del crecimiento de organismos marinos que pueden afectar el rendimiento y la eficiencia de la embarcación.
  
- Mejora del rendimiento y eficiencia: Al prevenir el crecimiento de organismos marinos, el *antifouling* ayuda a mantener la superficie del casco limpia y suave. Esto reduce la fricción entre el agua y el casco, lo que a su vez mejora la velocidad y el rendimiento del barco, y reduce el consumo de combustible. También puede facilitar el movimiento y maniobrabilidad de las embarcaciones.
  
- Aumento de la vida útil del casco al proteger la integridad de este. Esto es especialmente importante en embarcaciones de acero, aluminio u otros materiales susceptibles a la corrosión.
  
- Reducción de los costos de mantenimiento: gracias a la disminución de la necesidad de limpiezas frecuentes y de operaciones de limpieza más agresivas, como la limpieza con chorro de agua a alta presión o la limpieza manual. Además, al evitar el crecimiento de organismos marinos, se minimiza el riesgo de daños o deformaciones en la estructura del casco.
  
- Protección del ecosistema marino. Cuando los organismos marinos se adhieren al casco de un barco, pueden ser transportados a otras áreas y convertirse en especies invasivas que afectan negativamente los ecosistemas locales. El uso

adecuado de antiincrustantes contribuye a la protección del ecosistema marino al evitar la propagación de estas especies.

Es importante tener en cuenta que algunos antiincrustantes pueden contener compuestos químicos que pueden ser perjudiciales para el medio ambiente. Por lo tanto, es esencial utilizar productos aprobados y seguir las regulaciones y recomendaciones correspondientes para minimizar los impactos ambientales.

## **12. Factores que influyen en las incrustaciones**

De la misma forma que se mencionaba previamente, tanto los tipos de incrustaciones como la cantidad en la que se presentan dependerán de factores externos que, a su vez, están relacionados con las aguas en las que se navegan. Entre estos factores se hallan, la salinidad, el pH, la temperatura, la corriente y otros factores relacionados con el agua de mar.

### **12.1. Salinidad**

Una de las peculiaridades más destacadas del agua de mar es su alto contenido en sal, en la cual se forma una solución compleja que abarca un número considerable de elementos de la tabla periódica. La salinidad es definida como “el total de materias sólidas en gramos, presentes en 1kg de agua de mar cuando todo el carbonato se ha convertido en óxido, el bromo y el yodo sustituidos por cloro, y toda la materia orgánica completamente oxidada” (Capurro, 1971). Eso quiere decir que el conjunto de sales disueltas se establece como un único soluto. Si bien es cierto que,

tras esta definición se han desarrollado métodos de medición de mayor precisión como la clorinidad o la conductividad, esta definición es de gran ayuda para comprender de forma más clara el tema tratado.

El grado de salinidad en los océanos, donde el agua no se ve afectada por factores como el deshielo los ríos o áreas expuestas a un elevado grado de evaporación, puede alcanzar hasta los 45 gramos por litro: “En líneas generales podemos afirmar que el agua de mar tiene una concentración de sales comprendida entre 35 y 45 gramos por litro” (AEDyR, 2019). Esto supone aproximadamente entre un 3,3 y un 3,8% en peso de cloruro de sodio (sal) en los océanos. Sin embargo, si se tuviese en cuenta únicamente la capa de agua que se encuentra por debajo de los 4000m de profundidad, se encontrarían valores que no superarían el 3,5% en peso. La razón por la que estos valores decrecen se debe principalmente a que la superficie está expuesta a factores como el agua de la lluvia o la evaporación.

Por tanto, se obtiene la conclusión de que, en áreas de alta presión atmosférica, existen valores de salinidad superiores debido a la baja probabilidad de precipitación, y al alto grado de evaporación. Esto se produce en torno a los 30°N y 30°S. Por el contrario, en las áreas próximas al ecuador que son de baja presión atmosférica, se observa menos concentración de sal. En definitiva, se considera 3,5% como valor medio de concentración salina en las aguas del planeta, a pesar de que este valor pueda cambiar significativamente en la superficie de ciertas regiones.

La razón por la que la salinidad juega un papel importante en la elección del *antifouling* es porque en lugares cuya concentración salina sea elevada, la cantidad

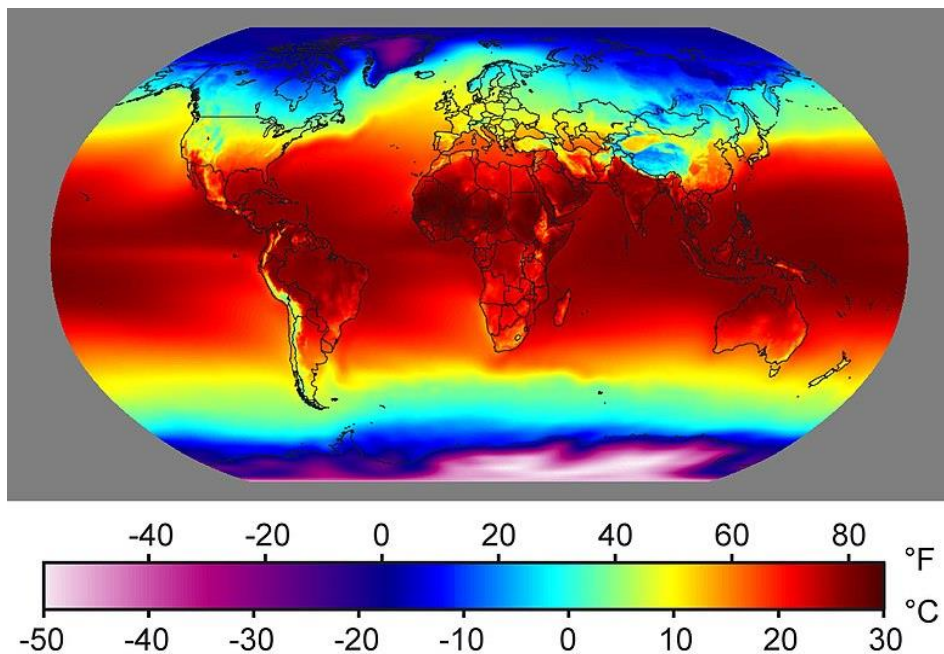
de organismos presentes será menor ya que esta dificultará su desarrollo y reproducción. Las aguas menos saladas, por su parte, facilitan la proliferación de una mayor cantidad de especies y, por lo general, estas áreas supondrán una mayor amenaza para los cascos que las anteriores mencionadas.

## **12.2. Temperatura**

Las temperaturas que se encuentran en la superficie de las aguas del planeta varían en base a la latitud, pudiendo hallar valores en un rango de  $-2^{\circ}\text{C}$  en los polos y  $28^{\circ}\text{C}$  en torno al Ecuador. Sin embargo, temperaturas tanto más bajas como más altas pueden presentarse en regiones concretas. Si se comparasen las variaciones sufridas por la masa terrestre como consecuencia del clima, es cierto que esta se ve mucho más afectada que las superficies de los océanos. A pesar de ello, en zonas cálidas se observan variaciones de unos  $10^{\circ}\text{C}$  y hasta de  $18^{\circ}\text{C}$  en aguas próximas a los continentes o zonas de aguas de mares marginales. En cuanto a las áreas próximas al Ecuador, suelen ser más estables obteniendo diferencias menos significativas de unos  $2^{\circ}\text{C}$  aproximadamente.

Por su parte, las capas superficiales de los océanos son las que se encuentran más expuestas a experimentar mayores cambios de temperatura por numerosos motivos entre los que resaltan: la evaporación, el proceso de absorción de radiación solar y la emisión de radiación que se produce desde la capa superior del agua hacia el aire, el intercambio de calor que ocurre con la atmósfera o las precipitaciones.

A continuación, se observa un mapa de calor en el que se representan las temperaturas medias en los diferentes puntos del planeta. Es posible comprobar que las zonas más cálidas son aquellas que se encuentran más próximas al Ecuador, mientras que se aprecia un decremento de la temperatura a medida que aumenta la distancia con este y se produce una aproximación a los polos. Las zonas en las cuales las temperaturas son menos drásticas facilitarán la creación de vida y desarrollo de las especies ya que requerirán un menor esfuerzo para adaptarse al medio. Por tanto, las regiones comprendidas entre el Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio serán aquellas con mayores posibilidades de proliferación de organismos y en las cuales la obra viva de los buques será más propensa a sufrir las amenazas del *fouling*.



**Ilustración 9:** Distribución de las temperaturas en el planeta

*Fuente: A high-resolution data set of Surface climate over global land areas, por David Lister, Mike Hulme, Ian Makin (2000).*



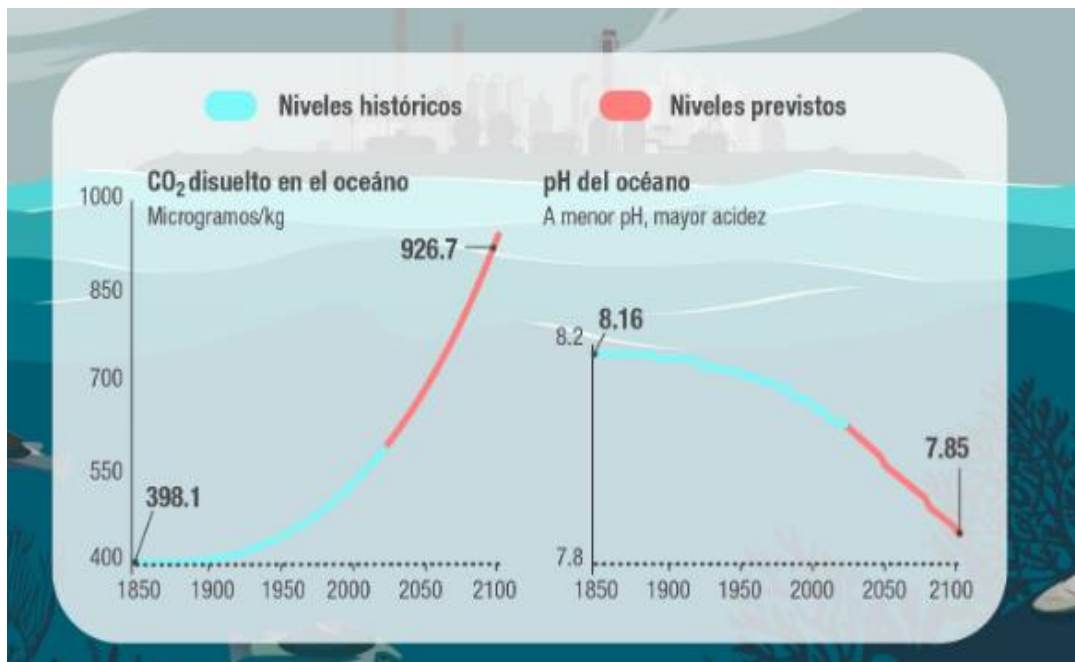
### 12.3. pH

Por lo general, el agua de mar es alcalina, lo que quiere decir que sus valores de pH se encuentran por encima de 7. En la superficie de los océanos, estos valores suelen estar comprendidos entre los 8 y 8,3 debido a que el agua se halla en equilibrio con el  $\text{CO}_2$  de la atmósfera. El conjunto de carbonatos como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$  o  $\text{CO}_3^{2-}$  brindan una propiedad amortiguadora al agua. Los valores de pH pueden variar en base a la presencia de sulfuro de hidrógeno, en cuyo caso resaltarían niveles más bajos, o la supresión de dióxido de carbono que las algas pueden llevar a cabo y que provocaría un aumento del pH. Además, este parámetro puede también verse afectado por la temperatura de manera inversa. Es decir, a medida que aumentan los valores de temperatura, disminuyen los niveles de pH, salvo en el caso en el cual se produjera la desorción de  $\text{CO}_2$  en cantidades considerables. En ese caso, el pH aumentaría.

Los seres vivos que habitan el ecosistema marino ya se han adaptado a los valores de pH mencionados previamente, por lo que cualquier variación supondría una amenaza para la preservación de su especie. La tendencia actual y a medio-largo plazo es que se produzca una acidificación de estos niveles producido por la absorción de dióxido de carbono que ocurre en el agua de mar a través de una serie de reacciones químicas. Esto ocasionaría un fuerte impacto en el ciclo de algunas especies: “Si las emisiones de  $\text{CO}_2$ , no disminuyen, el pH del océano caerá de su nivel preindustrial de 8.2 a aproximadamente 7.8 para fines de este siglo, un aumento del 250% en la acidez. La acidificación de los océanos sin duda tendrá efectos dramáticos en los organismos y ecosistemas marinos” (Onthank, Foster, Culler Juarez, Calvo, &

Saca, 2023). Como dato, el lado positivo de que los océanos actúen como un “sumidero” de CO<sub>2</sub> es que consigue reducir su acumulación en la atmósfera: “Sabemos que el océano es bueno para secuestrar carbono porque ya ha absorbido el 30% del CO<sub>2</sub>, y el 90% del exceso de calor, causado por las actividades humanas, amortiguando significativamente los impactos del cambio climático. En total, el océano contiene alrededor de 42 veces más carbono que la atmósfera.” (Lebling, Northrop, & McCormick, 2022). Sin embargo, no se trata de trasladar la contaminación de un ecosistema a otro, sino de conseguir reducir las emisiones con el fin de preservar las especies y garantizar la sostenibilidad en el planeta.

Por su parte, los científicos han podido demostrar la correlación entre el aumento de la contaminación y la acidificación de los océanos. Esto se puede apreciar en la siguiente figura:



**Ilustración 10:** Relación entre aumento de CO<sub>2</sub> y la disminución del pH

*Fuente: Iberdrola*

Conocer la evolución de las especies dependiendo de la variación de parámetros como el pH resulta de vital importancia debido a que estos son las que determinarán las regiones en las que se encontrarán más o menos organismos que puedan suponer una amenaza para las embarcaciones. Además, el aumento del dióxido de carbono disuelto en los océanos está provocando una tendencia ácida del pH presente, lo que conlleva a una peor adaptación y supervivencia de las especies a su entorno. Por todo ello, estos son factores para tener en cuenta a la hora de elegir la pintura antiincrustante.

#### **12.4. Corriente y velocidad**

La corriente juega un papel fundamental en la presencia de organismos incrustantes en la obra viva de las embarcaciones. La presencia de fuertes corrientes podría contribuir a la disminución del *fouling* presente. Esto se debe a que habría un flujo de agua mayor y más fuerte recorriendo el casco que, dependiendo de su dirección, dificultaría la adhesión de los organismos incrustantes. Lo mismo ocurre con la velocidad a la que navega una embarcación. Su flujo de agua será mayor cuando la velocidad de esta aumente, provocando un efecto similar al de la corriente, con presencia de turbulencias que son capaces de desprender las incrustaciones del casco. Por tanto, aunque no supone una solución definitiva, el efecto mecánico que conlleva un resultado auto limpiante, resulta ser eficaz.

## 13. Consecuencias de las incrustaciones

Las incrustaciones en el casco de los barcos pueden causar varias pérdidas económicas. Algunas de estas pérdidas incluyen:

- Aumento del consumo de combustible
- Reducción de la velocidad
- Daños al casco
- Pérdida de eficiencia

### 13.1. Aumento del consumo de combustible

Las incrustaciones sobre la obra viva de los buques aumentan la resistencia al agua y pueden provocar un aumento en el consumo de combustible, lo que supondría costes adicionales para los propietarios de barcos. De hecho, “Se sabe que esta resistencia puede reducir la velocidad en un 10 %, y que para compensar el consumo de combustible puede aumentar en hasta un 40 %.” (CORDIS, 2015). Además, el propio centro de investigación de la Comisión de la Unión Europea, CORDIS, afirma en el mismo artículo que “el combustible supone el 70% de los costes de explotación de un buque comercial oceánico medio” (CORDIS, 2015), lo cual implica que una pintura antiincrustante eficaz podría ahorrar a las compañías miles de millones de euros.

## 13.2. Reducción de la velocidad

Si bien es cierto que la cantidad de reducción de velocidad de un barco debido a las incrustaciones depende de varios factores como el tipo y la cantidad de especies que se hallen adheridas, la velocidad de la embarcación o las condiciones del agua en las que se navega, se estima que pueden afectar la velocidad del barco reduciéndola entre un 5 y un 20%, lo que puede resultar en retrasos y pérdidas de tiempo con consecuencias económicas negativas. En la siguiente ilustración se puede apreciar la relación entre la velocidad de un mismo barco con incrustaciones (*“Speed of Fouled ship”*) y sin *fouling* (*“Speed of Normal Ships”*). Se obtienen valores de aproximadamente el 17% de diferencia entre ambos. Los valores vienen dados en nudos.

Además, esta tabla permite realizar la comparativa entre los costes generados por las operaciones diarias de un buque (*“Daily Operating Cost of normal ship”*), y el aumento de dicho coste debido a la reducción de velocidad causada por las incrustaciones (*“Increase in cost due to reduced speed”*).

Table 2 : Increase in cost due to reduced speed						
Vessel (In GRT)	Daily Operating Cost of normal ship (In thousand INR.)	Speed of Normal Ship (In Knots)	Speed of fouled ship (In Knots)	Reduction in speed due to fouling (In Knots)	Increase in the number of days of travel due to reduced ship*(di)	Increase in cost due to reduced speed (In Thousand INR)
Less than 20000	390	12	10.6	1.4	3.0	1170
20000 - 30000	450	12	10.7	1.3	2.1	945
More than 30000	768	13.9	12.2	1.7	2.0	1536

\* Fuel rate is \$ 800 / tonne and converted in INR (Indian Rupees or Rs.) @ Rs.42 per \$

### Ilustración 11: Relación entre el *fouling* y la velocidad

Fuente: *Journal of Ship Technolog*

En casos muy extremos, este porcentaje puede aumentar alcanzando valores de ralentización próximos al 40%. Esto se debe a que organismos marinos como algas o mejillones, al incrustarse, crean una superficie áspera y texturizada en el casco que provoca un aumento en la resistencia al movimiento de agua alrededor del barco, reduciendo tanto su velocidad como su eficiencia.

Por ejemplo, un barco con una velocidad de crucero de 20 nudos podría reducir su velocidad a unos 17-18 nudos a causa de las incrustaciones en el casco. Consecuentemente, su tiempo de viaje será mayor por lo que se tendrán que tomar decisiones como aumentar la velocidad y, por tanto, el consumo de combustible.

### 13.3. Daños al casco

Las incrustaciones son capaces de causar daños al casco del barco, lo que puede resultar en reparaciones costosas. Esto puede darse de distintas maneras

como la corrosión, ya que algunas especies pueden llegar a corroer las estructuras de las embarcaciones reduciendo su vida útil y aumentando, por tanto, los costes de mantenimiento. De hecho, “Las incrustaciones aceleran la corrosión por aportar al medio sustancias agresivas y propiciado fenómenos de aireación diferencial.” (García Soutullo, 2021).



**Ilustración 12:** Corrosión en casco generada por incrustaciones

*Fuente: Ingeniero Marino*

Por su parte, una cantidad considerable de organismos adheridos al casco aumentarían el peso del buque, lo cual no solo afectaría a la velocidad a la que este

se desplaza, sino que también podría acarrear problemas de estabilidad y manejo del barco, pudiendo incluso afectar a su seguridad. Además, las incrustaciones son capaces de desequilibrar los barcos llegando a provocar vibraciones excesivas.

### **13.4. Pérdida de eficiencia**

El *fouling* puede afectar la eficiencia de los sistemas de refrigeración y otros equipos a bordo, lo que puede resultar en una disminución del rendimiento y mayores costos operativos. Esto se debe a que la acumulación de organismos es capaz de obstruir dichos sistemas, disminuyendo su eficacia. De hecho, aunque grosso modo puede parecer un problema leve, la falta del correcto funcionamiento de los equipos de enfriamiento de un barco pueden acarrear consecuencias tan graves como el sobrecalentamiento del motor o de los motores.

### **13.5. Especies invasoras**

Las incrustaciones en el casco del barco proporcionan una superficie de anclaje y un hábitat para las especies marinas, incluyendo algunas especies invasoras. Las especies invasoras son aquellas que son transportadas accidental o intencionalmente a una región donde no son nativas y que tienen un impacto negativo en el medio ambiente, la economía y/o la salud humana. Estas pueden ser transportadas por el agua de lastre, que es el agua utilizada para mantener la estabilidad del barco durante la navegación y que se toma en una ubicación y se descarga en otra. También pueden trasladarse a través de las incrustaciones en el casco del barco, donde pueden viajar largas distancias y establecerse en áreas donde no son nativas.



Una vez que las especies invasoras se establecen en un nuevo hábitat, pueden competir con las especies nativas por recursos y alterar el equilibrio ecológico de la región. Por ejemplo, la invasión de la especie mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*) en los Grandes Lagos de América del Norte ha tenido un impacto negativo en el ecosistema y ha causado pérdidas económicas significativas. Se trata de unos organismos pertenecientes a las aguas europeas y asiáticas que fueron introducidas accidentalmente, provocando un gran impacto en el ecosistema. Esto se debe a que el mejillón cebra filtra grandes cantidades de agua, extrayendo partículas de alimento y reduciendo la disponibilidad de alimento para otras especies acuáticas. Como consecuencia, los niveles tróficos pueden verse afectados, perjudicando a los peces y otros organismos que dependen de esos recursos alimentarios. Además de provocar daños infraestructurales al adherirse a estructuras como cascos, tuberías o muelles, esta especie es capaz de modificar la calidad del agua, alterando su claridad mediante la filtración de partículas y mejorar la transparencia en ciertas áreas. Todo ello puede tener consecuencias ecológicas, como cambios en la producción de algas y otros organismos acuáticos, y puede alterar la composición química del agua. Finalmente, esta especie es capaz de provocar pérdidas en la biodiversidad de la zona afectada debido a su gran capacidad reproductora y a su especial resistencia, siendo organismos altamente competitivos que desplazan y/o acaban con muchas de las otras especies presentes.

Otro de los ejemplos destacados es el caso de las especies de tunicados como el *Didemnum vexillum*. Se trata de una especie invasora marina originaria del noroeste del Océano Pacífico, pero que ha sido introducida en diversas partes del mundo, incluyendo Europa, América del Norte y Australia. Tiene la capacidad de colonizar

rápida­mente sustratos duros, como estructuras portuarias, embarcaciones y boyas, formando grandes masas gelatinosas que cubren las superficies. Esto puede causar problemas en la infraestructura marina, ya que reduce la eficiencia de las embarcaciones, interfiere con las actividades humanas y afecta a la diversidad y la comunidad de especies nativas.

Por su parte y, de manera paradójica, este organismo resulta ser especialmente efectivo como *antifouling* porque tiene la capacidad de producir una matriz gelatinosa rica en compuestos bioactivos. Dichos compuestos tienen propiedades antimicrobianas y repelentes de organismos incrustantes, lo que ayuda a prevenir la colonización de otros organismos en las superficies donde se encuentra. No obstante, los beneficios obtenidos no son mayores que los daños que el *Didemnum vexillum* provoca, por lo que no supone una solución natural a esta problemática.

El "Bribón del Pacífico" es un nombre común utilizado para referirse a *Codium fragile*, una especie de alga verde marina. También se conoce con otros nombres, como alga esponjosa o alga esponjosa japonesa. *Codium fragile* es originaria de las regiones costeras del Pacífico Norte, incluyendo Japón y el noroeste de América del Norte.

Esta especie de alga tiene una apariencia distintiva, con ramas gruesas y esponjosas que se asemejan a un manojo de tubos. Puede crecer hasta alcanzar varios centímetros de longitud y formar grandes agregaciones en el fondo marino, adherida a sustratos duros como rocas y conchas. Además, tiene una alta capacidad de reproducción y dispersión, lo que ha contribuido a su éxito como especie invasora.

Una de sus peculiaridades más destacables es su gran resistencia ante el cobre, lo que implica que una pintura antiincrustante que porte este elemento químico no será eficiente ante el mencionado organismo.

Como ejemplo adicional, cabe destacar El mejillón (*Mytilus galloprovincialis*) es una especie de molusco bivalvo muy común en las zonas costeras. Si bien el mejillón en sí mismo no es considerado una especie *fouling*, es decir, no se adhiere a estructuras u objetos, su presencia puede facilitar la colonización de otras especies incrustantes en su superficie. Cuando los mejillones se agrupan en grandes cantidades en un sustrato, como rocas, boyas o estructuras marinas, pueden crear un sustrato adecuado para que estas se adhieran y se establezcan. Las larvas y los juveniles de diversos organismos marinos incrustantes, como algas, barnacles (barnáculos), poliquetos, briozoos y otros moluscos, pueden encontrar refugio y alimento en la estructura creada por los mejillones.

## **14. Medidas preventivas para especies invasoras**

Para prevenir la introducción y propagación de especies invasoras *fouling*, se han implementado varias medidas y estrategias. Estas medidas suelen centrarse en la gestión y el control de las actividades humanas que pueden ser responsables de la introducción de estas especies. Algunas de las medidas comunes incluyen: inspección y limpieza de embarcaciones, tratamientos *antifouling*, gestión de aguas de lastre, regulaciones y legislación, o conciencia y educación.

## 14.1. Inspección y limpieza

Se realizan inspecciones exhaustivas y limpiezas regulares de embarcaciones y buques antes de que ingresen a un nuevo cuerpo de agua. Esto ayuda a prevenir la propagación de especies invasoras incrustantes que pueden estar adheridas al casco de los barcos. Estas medidas pueden variar dependiendo de las regulaciones y políticas específicas de cada país o región, pero entre ellas podemos encontrar la inspección visual que consiste en analizar a simple vista y de manera minuciosa, el casco y la superestructura del buque. Se presta especial atención a las áreas donde las especies invasoras *fouling* son propensas a adherirse, como las hélices, las tomas de agua, las líneas de agua y las superficies sumergidas.

Una vez detectados los organismos incrustantes, si fuera el caso, se procedería a la limpieza y el raspado de la zona afectada. Este proceso tiene lugar mediante la utilización de herramientas como raspadores, cepillos o chorros de agua a presión. El objetivo es eliminar cualquier organismo que pueda estar presente y que pueda ser transportado a aguas no deseadas.

## 14.2. Tratamientos antiincrustantes

Como ha sido mencionado a lo largo de este trabajo, los revestimientos antiincrustantes se aplican a las superficies sumergidas de embarcaciones, boyas y otras estructuras para prevenir la colonización de organismos incrustantes. Estos revestimientos contienen sustancias químicas que desalientan el asentamiento y el crecimiento de especies invasoras. Sin embargo, habrá que prestar especial atención

a las características y el tipo de incrustación presente, puesto que existen organismos, como el mencionado Bribón del Pacífico, que pueden ser resistencias a ciertas sustancias.

### **14.3. Gestión de aguas de lastre**

Las aguas de lastre de los barcos pueden contener larvas y organismos marinos. La gestión adecuada de las aguas de lastre, como su tratamiento y cambio adecuado antes de su liberación, ayuda a prevenir la introducción de especies invasoras *fouling* en nuevas áreas. En este aspecto, la principal medida es la inspección de los sistemas de agua de lastre. Se verifica si se han tomado las medidas adecuadas para evitar la introducción de organismos invasores. Esto puede incluir el tratamiento, el uso de sistemas de intercambio, o incluso la prohibición de tomar agua de lastre en ciertas áreas sensibles.

La Convención BWM establece medidas para prevenir la introducción de especies invasoras a través del agua de lastre de los buques, especialmente cuando se cruzan océanos. Se requiere que los buques realicen un intercambio de agua de lastre en alta mar antes de ingresar a aguas bajo jurisdicción de un país diferente. Dicho procedimiento, conocido como "intercambio de agua de lastre en aguas abiertas", implica vaciar una cierta cantidad de agua de lastre tomada en un puerto y reemplazarla con agua de mar tomada en aguas abiertas del océano. Esto ayuda a reducir significativamente la cantidad de organismos marinos presentes en el agua de lastre y, por lo tanto, minimiza el riesgo de introducción de especies invasoras en nuevas áreas.

## 14.4. Regulaciones y legislación

Los países y las organizaciones internacionales han establecido regulaciones y legislación para controlar la introducción de especies invasoras *fouling*. Estas regulaciones pueden incluir restricciones en el intercambio de agua de lastre, requisitos de limpieza y mantenimiento de embarcaciones, y medidas de inspección en puertos y terminales marítimas.

Entre la legislación vigente, se encuentran la mencionada Convención Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques (BWM), las normas antiincrustantes de la OMI, e incluso regulaciones propias a nivel nacional. Estados Unidos, por ejemplo, cuenta con la Agencia de Protección Ambiental (EPA), que tiene regulaciones específicas acerca de la gestión de especies invasoras a través de las incrustaciones.

## 14.5. Conciencia y educación

Resulta de vital importancia que se promueva la conciencia y educación sobre las especies invasoras *fouling* entre los navegantes, pescadores, acuicultores y otros usuarios del medio marino. A partir de ahí, y una vez conocido el problema, se deben fomentar medidas como la divulgación de información sobre los riesgos asociados con las especies invasoras, la identificación de especies problemáticas y las prácticas para prevenir su propagación.

Es importante destacar que la prevención y el control efectivos de las especies invasoras requieren la colaboración y el compromiso de múltiples partes interesadas, incluyendo gobiernos, industrias marítimas, científicos y el público en general.

## 15. Pintura antiincrustante B/SSAM “JUAN DE LA COSA”

En la siguiente ilustración se puede observar un apartado de la ficha técnica de las pinturas utilizadas en astillero para la preparación del B/SSAM “JUAN DE LA COSA”. En este caso, en la última fila viene indicado “Hempaguard x7” como pintura antiincrustante para el tratado de la obra viva del mencionado buque. Se trata de “Hempaguard X7 es un recubrimiento de defensa contra incrustaciones avanzado y con alto contenido de sólidos basado en la tecnología ActiGuard®” (Hempel, HEMPEL, 2023).



### Aplicación de Pintura

Inicio de la aplicación **2021-01-12 14:00**

Final de la aplicación **2021-02-14 14:00**

Capa	Tipo de capa y porcentaje	Modo aplic.	Nombre y nº de producto	EPS espec. [µm]	Inicio pintado	Final pintado	EPS actual [µm]	Consumo [L] Factor de consumo	Temp. aire [°C] Hum. Relativa [%] T° del acero [°C]	Obs. nº
1	Parqueo 20-40%	Airless	HEMPADUR EASY 47700-11480	175	2021-01-12 14:00	2021-01-29 17:00	274	100	9 / 65 / 7	
2	Parqueo 20-40%	Airless	HEMPADUR 15570-50630	125	2021-02-11 08:30	2021-02-11 18:00	397	40	8.3 / 74 / 8.2	
3	Parqueo >40% <100%	Airless	HEMPASIL NEXUS X- TEND 27500-23410	120	2021-02-13 14:30	2021-02-13 16:00	654	40	17.7 / 58 / 13.6	
4	Capa general 100%	Airless	HEMPAGUARD X7 89900-59161	150	2021-02-14 09:00	2021-02-14 14:00	831	300	9 / 65 / 9.2	

**Ilustración 13:** Marine Maintenance Report del SSAM/” JUAN DE LA COSA”

*Fuente: Marine Maintenance Report*

## 16. Conclusiones

Las incrustaciones suponen un problema presente desde los inicios de la historia de la navegación. Se trata de organismos de distintos tamaños y orígenes que se adhieren al casco de los barcos provocando una serie de inconvenientes. Para paliar los efectos negativos que se generan, se han creado las pinturas antiincrustantes o *antifouling*. Estas son sustancias compuestas principalmente por resina y biocida que actúan impidiendo y/o disminuyendo la mencionada adhesión. El abanico de pinturas antiincrustantes presentes en la actualidad es amplio: matriz dura, autopulimentables, de agua dulce, matriz soluble, resina epoxi. Su elección dependerá de la zona de navegación y de las características que presente la embarcación. Además, habrá que tener en cuenta el tipo de *fouling* (dependiendo del área navegada) que estará presente, pudiendo ser este: limo, caracolillo o conchas o algas.

El uso de pinturas como método antiincrustante genera beneficios como la mejora de rendimiento del buque, la disminución del consumo de combustible que, a su vez, supone menor pérdida económica, la reducción de los costes en el mantenimiento de la estructura expuesta, y la protección del ecosistema marino. Por su parte, un mal uso o la no aplicación de sistemas adecuados para prevenir el *fouling* provoca daños a la obra viva de las naves, pérdidas de eficiencia y aumento de los gastos.

Además, debido a que el transporte marítimo permite conectar puntos de distintas partes del mundo, las incrustaciones podrían conllevar al traslado de especies fuera de su hábitat natural, generando una alteración en el ciclo de la vida e



incluso pudiendo llevar a la extinción de ciertas especies. Por ello, es importante conocer las medidas preventivas que contribuyen a la disminución de las especies invasoras, y ser conscientes de la importancia de su aplicación.

## 17. Bibliografía

- AEDyR. (2019). Las sales del mar: ¿son todos los mares igual de salados? *Asociación Española de Desalación y Reutilización*.
- AkzoNobel. (2021). *International Marine*. Obtenido de [www.international-marine.com/in-focus/Intersleek](http://www.international-marine.com/in-focus/Intersleek)
- Bressy, C., & Lejars, M. (2014). Marine Fouling: An Overview. En *The Journal of Ocean Technology* (págs. 19-28).
- Castilla, J. (2009). SPECIAL FEATURE: EVER SINCE DARWIN? *Revista Chilena de Historia Natural* , 477-483.
- CORDIS. (2015). Tecnologías antiincrustantes ecológicas de interés para la industria naviera. *CORDIS Comisión Europea*.
- Dafforn, K., & Lewis, J. J. (2011). Antifouling strategies: History and regulation, ecological impacts and mitigation. *Marine Pollution Bulletin*, 453-465.
- FUTURETECH. (2011). *La Información*. Obtenido de <https://www.lainformacion.com/opinion/futuretech/los-percebes-se-pegan-al-casco-de-mi-barco-una-solucion-quiero/13260/>
- García Soutullo, R. (2021). Corrosión y Tratamiento de Superficies. Tratamiento de la obra viva del buque (1ªParte). *Ingeniero Marino*.
- García, A., Bernández, P., & Prego, R. (2013). *Copper in Galician ria sediments: natural levels*. Scientia Marina.
- Hempel. (2023). *HEMPEL*. Obtenido de <https://www.hempel.com/products/hempaguard-x7-89900>

- Hempel. (2023). *Hempel's Antifouling Classic 71100*. Obtenido de <https://www.hempel.com/es-es/productos/hempels-antifouling-classic-76110-76110>
- Jotun. (2023). *Jotun*. Obtenido de <https://www.jotun.com/ww-en/industries/products/seaquantum-ultra-s>
- Lebling, K., Northrop, E., & McCormick, C. (2022). Ocean-based Carbon Dioxide Removal: 6 Key Questions, Answered. *World Resources Institute*.
- López, P. (2013). La nueva amenaza del mar. *GCiencia*.
- NACE 2, I. (2015). Mantenimiento, ¿Qué antifouling elegir? *Náutica y Yates Magazine*.
- Nurioglu, A. G., Esteves, C., & de With, G. (2015). Non-toxic, non-biocide-release antifouling coatings based on molecular structure design for marine applications. *Journal of Materials Chemistry B*.
- OESA. (2008). ECOLOGÍA.ESPAÑA: *Cassostrea gigas* como bioindicador de bajo coste de la contaminación marina. *Observatorio Español de Acuicultura*.
- Onthank, K. L., Foster, J., Culler Juarez, M., Calvo, E., & Saca, L. (2023). *The Open acidification Tank Controller: An open-source device for the control of pH and temperature in ocean acidification experiments*.
- Pérez Lic, M. C. (2012). *Las incrustaciones biológicas (biofouling)*. La Plata, Argentina: Facultad de Ciencias Naturales y museo.
- Pérez, M., & Stupak, M. (1996). *Revisión sobre los aspectos biológicos del 'fouling'*. Centro de Investigaciones científicas Argentina.
- Sadurní, J. (2022). Robert Fitzroy, el capitán del "Beagle" de Darwin y precursor de la meteorología . *National Geographic*.



## 18. Anexos

A continuación, se incluyen como anexos las fichas técnicas de algunas de las marcas de pinturas antiincrustantes mencionadas. En ellas se incluye información específica del producto como las características, el método de aplicación o los datos sobre seguridad, entre otros.

## 18.1. Anexo Hempel Classic 76110

Ficha Técnica del Producto



# Hempel's AntiFouling Classic 76110

### Características del producto

#### Descripción

Hempel's Antifouling Classic 76110 antiincrustante del tipo "matriz soluble". Este producto no contiene compuestos orgánicos de estaño activos como biocidas, cumpliendo con la International Convention on the Control of Harmful Antifouling Systems para buques adoptada por la IMO Octubre 2011 (IMO document AFS/CONF/26).

#### Uso recomendado

Antiincrustante basado en el principio de "matriz soluble". Contiene óxido cuproso y biocidas orgánicos.

#### Certificados / Aprobaciones

- Este producto no contiene biocidas orgánicos con estaño y cumple con el Convenio internacional para el control de los sistemas antiincrustantes mediambientalmente perjudiciales en buques, adoptado por la IMO en octubre de 2001 (documento de la IMO AFS/CONF/26).

### Seguridad del producto

**Punto de inflamación** 38°C [100°F]

#### Contenido en VOC

Legislación	Valor
UE	364 g/L [3,04 lb/gal EE.UU.]
USA (recubrimientos)	364 g/L [3,04 lb/gal EE.UU.]
USA (regulatorio)	364 g/L [3,04 lb/gal EE.UU.]
China	364 g/L [3,04 lb/gal EE.UU.]

Según la legislación específica, consulte la información detallada en las notas explicativas disponibles en la página web general de Hempel (hempel.com) o en su página web local. Los valores de VOC pueden variar con el tono; consulte la sección 9 de la ficha técnica de seguridad.

#### Manipulación

Manipular con cuidado. Antes y durante el uso, observar las etiquetas de seguridad en los envases y los contenedores de pintura y seguir todas las regulaciones locales y nacionales. Siempre consultar las Fichas de seguridad de Hempel para este producto junto con la Ficha técnica del producto.

Para uso profesional únicamente.

### Datos del producto

**Código de producto**  
76110

**Color estándar / código**  
Rojo parduzco 50000 \*

**Volumen de sólidos**  
54 ± 2%

**Peso específico**  
1,5 kg/L [12 lb/gal EE.UU.]

**Espesor de película seca de referencia**  
50 micras [2,0 mils]

### Preparación de superficie:

Construcción nueva:  
- Según la especificación de Hempel.

Mantenimiento y reparación  
- Elimine sales, detergentes, contaminantes y crecimiento marino con una limpieza de agua fresca a alta presión.  
- Sellador: Se debe utilizar una capa selladora o de enlace, según el tipo y el estado del antiincrustante existente.

Consultar las Guías separadas de Hempel sobre la preparación de superficie para obtener más información.

### Aplicación

**Proporción de mezcla**  
El producto contiene partículas pesadas. Agite bien antes de usar.

**Disolvente**  
Hempel's Thinner 08080

**Agente de limpieza**  
Hempel's Thinner 808 08081  
Hempel's Thinner 08080

\* Puede aparecer una ligera decoloración. Esto no afecta a las propiedades del recubrimiento.

Ficha Técnica del Producto



# Hempel's AntiFouling Classic 76110

## Método de aplicación

Herramienta	Parámetros de aplicación
Pistola sin aire	Presión en boquilla: 270 bar [3900 psi] Orificio de boquilla: 0.027-0.031"
Brocha	No aplica.
Rodillo	No aplica.

Si se usa brocha o rodillo, pueden ser necesarias capas adicionales para alcanzar el espesor seco recomendado. Los datos de la pistola son indicativos y están sujetos a ajustes. La presión es para una temperatura del material de 20°C [68°F].

## Espesor de película

	Recomendado
Espesor de película seca	50 micras [2,0 mils]
Espesor de película húmeda	90 micras [3,5 mils]
Rendimiento teórico	11 m <sup>2</sup> /L [450 sq ft/gal EE.UU.]

## Condiciones de aplicación

- Para evitar la condensación, aplique sobre una superficie limpia y seca con una temperatura de al menos 3°C [5°F] por encima del punto de rocío.

## Observaciones de aplicación

- Los antiincrustantes con contenido en cobre no deben tener contacto eléctrico con cascos de aluminio y otros componentes de aluminio.
- Si se usa brocha o rodillo, pueden ser necesarias capas adicionales para alcanzar el espesor seco recomendado.

## Secado y repintado

### Compatibilidad del producto

- Capa anterior: Según la especificación de Hempel. El producto recomendado es: Hempatex Aluminium 16300
- Capa subsiguiente: Ninguno.

## Tiempo de secado

Temperatura de la superficie		10°C [50°F]	20°C [68°F]
Seco duro	min.	120	60

Determinado para 50 micras [2.0 mils] de espesor de película seca en condiciones estándar; consulte las notas explicativas de Hempel para obtener más información.

## Condiciones de secado

- Para lograr el tiempo de secado que se indica, es importante mantener una ventilación suficiente durante la aplicación, el secado y el curado.

## Observaciones del repintado

- La superficie debe estar seca y limpia antes de la aplicación.
- Póngase en contacto con Hempel si desea obtener información más específica.

## Otras observaciones

- Consulte a Hempel para obtener información sobre el tiempo mínimo de salida de dique.

## Almacenaje

### Vida de almacenaje

Temperatura ambiente	25°C [77°F]
Producto	60 meses

Vida de almacenaje desde la fecha de producción, siempre que se almacene en el contenedor original y sin abrir. Después, se debe volver a inspeccionar la calidad del producto. Un almacenaje a temperaturas elevadas puede reducir la vida útil del producto. Consulte a Hempel para obtener asesoramiento.

## 18.2. Anexo Intersmooth 7460HS SPC

### Intersmooth 7460HS SPC



#### TBT Free, Low Friction, Self Polishing Copolymer A/F

<b>PRODUCT DESCRIPTION</b>	A high solids, high performance, TBT free, low friction, self polishing copolymer (SPC) antifouling. Particularly suitable for use where solvent emissions need to be reduced.			
<b>INTENDED USES</b>	Specifically designed for Deep Sea Vessels. For use at Maintenance & Repair.			
<b>PRODUCT INFORMATION</b>	<b>Colour</b>	BEA754-Brown, BEA757-Red, BEA751-Black BEA744-Brown, BEA747-Red, BEA741-Black ( <b>only</b> available in European non-regulated countries) BEA701-Black, BEA702-Blue, BEA707-Red ( <b>only</b> available in Finland)		
	<b>Finish/Sheen</b>	Not applicable		
	<b>Part B (Curing Agent)</b>	Not applicable		
	<b>Volume Solids</b>	54% ±2% (ISO 3233:1998)		
	<b>Mix Ratio</b>	Not applicable		
	<b>Typical Film Thickness</b>	Range: 75 - 200 microns dry (139 - 370 microns wet) may be specified depending upon end use.		
	<b>Theoretical Coverage</b>	Range: 7.2 - 2.7 m <sup>2</sup> /litre at 75 - 200 microns dft, allow appropriate loss factors		
	<b>Method of Application</b>	Airless Spray, Brush, Roller		
	<b>Flash Point (Typical)</b>	Single Pack 25°C		

<b>Drying Information</b>	-5°C	5°C	25°C	35°C
Touch Dry [ISO 9117/3:2010]	120 mins	60 mins	40 mins	30 mins
Before Flooding Single Coat	30 hrs	12 hrs	10 hrs	8 hrs
Before Flooding Multiple Coats	48 hrs	18 hrs	14 hrs	12 hrs

**Note** For Major Refurbishment and Repair if any single coat dft is >150µm or total dft is >300µm, the flooding times must be increased as follows:  
 48 hours at 10°C or less, 36 hours at 25°C and 24hrs at 35°C.

<b>Overcoating Data - see limitations</b>	<b>Substrate Temperature</b>							
	-5°C		5°C		25°C		35°C	
<b>Overcoated By</b>	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Intersmooth 7460HS SPC	12 hrs	28 days	6 hrs	28 days	4 hrs	28 days	3 hrs	28 days

<b>REGULATORY DATA</b>	<b>VOC</b>	425 g/lit as supplied (EPA Method 24) 226 g/kg of liquid paint as supplied. EU Solvent Emissions Directive (Council Directive 1999/13/EC) 403 g/lit Chinese National Standard GB23985
	<b>Note:</b>	VOC values are typical and are provided for guidance purposes only. These may be subject to variation depending on factors such as differences in colour and normal manufacturing tolerances.
	<b>EPA</b>	This product is not registered in the USA or Canada.
		This product does not contain organotin compounds acting as biocides and as such is in compliance with the International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems on ships as adopted by IMO in October 2001 (IMO document AFS/CONF/26).

#### Marine Coatings



# Intersmooth 7460HS SPC



## TBT Free, Low Friction, Self Polishing Copolymer A/F

### CERTIFICATION

When used as part of an approved scheme, this product has the following certification:

Product recognised by the following classification societies as compliant with the International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems on Ships, 2001 (AFS 2001):

- Bureau Veritas
- DNV GL
- Korean Register of Shipping
- Lloyds Register

Consult your International Paint representative for details.

---

### SYSTEMS AND COMPATIBILITY

Consult your International Paint representative for the system best suited for the surfaces to be protected.

---

### SURFACE PREPARATIONS

Use in accordance with the standard Worldwide Marine Specifications.

All surfaces to be coated should be clean, dry and free from contamination.

High pressure fresh water wash or fresh water wash, as appropriate, and remove all oil or grease, soluble contaminants and other foreign matter in accordance with SSPC-SP1 solvent cleaning.

#### MAJOR REFURBISHMENT

Intersmooth 7460HS SPC should always be applied over a recommended primer coating scheme. The primer surface should be dry and free from all contamination, and Intersmooth 7460HS SPC must be applied within the overcoating intervals specified (consult the relevant product data sheet).

Areas of breakdown, damage etc. should be prepared to the specified standard (eg. SSPC-SP10) and primed prior to the application of Intersmooth 7460HS SPC.

#### REPAIR

##### Application of Intersmooth 7460HS SPC over self:

Clean the entire area with close high pressure fresh water washing using a fan-jet lance held close to the surface (3,000 p.s.i., 211 kg/cm<sup>2</sup>) as soon as the vessel enters dock and before it dries out. Consult the recommended anticorrosive primer system and apply Intersmooth 7460HS SPC within the overcoating interval specified for the primer (consult the relevant primer data sheets).

##### Application of Intersmooth 7460HS SPC over International Paint TBT-Free, International Paint Intersmooth SPC or competitors antifouling:

Consult your International Paint representative for specific recommendations.

---

## Marine Coatings

Page 2 of 4  
Issue Date:09/08/2019  
Ref:3719

**AkzoNobel**

# Intersmooth 7460HS SPC



## TBT Free, Low Friction, Self Polishing Copolymer A/F

### APPLICATION

<b>Mixing</b>	This material is a one pack coating and should always be mixed thoroughly with a power agitator before application.
<b>Thinner</b>	International GTA007. Thinning is not normally required. Consult the local representative for advice during application in extreme conditions. Do not thin more than allowed by local environmental legislation.
<b>Airless Spray</b>	Recommended Tip Range 0.54-0.8 mm (21-31 thou) Total output fluid pressure at spray tip not less than 190 kg/cm <sup>2</sup> (2700 p.s.i.)
<b>Conventional Spray</b>	Application by conventional spray is not recommended.
<b>Brush</b>	Application by brush is recommended for small areas only. Multiple coats may be required to achieve specified film thickness.
<b>Roller</b>	Application by roller is recommended for small areas only. Multiple coats may be required to achieve specified film thickness.
<b>Cleaner</b>	International GTA007
<b>Work Stoppages and Cleanup</b>	Thoroughly flush all equipment with GTA007. All unused material should be stored in tightly closed containers. Partially filled containers may show a viscosity increase of the material after storage. Material should be filtered prior to use.
<b>Welding</b>	In the event welding or flame cutting is performed on metal coated with this product, dust and fumes will be emitted which will require the use of appropriate personal protective equipment and adequate local exhaust ventilation.

### SAFETY

All work involving the application and use of this product should be performed in compliance with all relevant national Health, Safety & Environmental standards and regulations.

Prior to use, obtain, consult and follow the Material Safety Data Sheet for this product concerning health and safety information. Read and follow all precautionary notices on the Material Safety Data Sheet and container labels. If you do not fully understand these warnings and instructions or if you can not strictly comply with them, do not use this product. Proper ventilation and protective measures must be provided during application and drying to keep solvent vapour concentrations within safe limits and to protect against toxic or oxygen deficient hazards. Take precautions to avoid skin and eye contact (ie. gloves, goggles, face masks, barrier creams etc.) Actual safety measures are dependant on application methods and work environment.

#### EMERGENCY CONTACT NUMBERS:

USA/Canada - Medical Advisory Number 1-800-854-6813

Europe - Contact (44) 191 4696111. For advice to Doctors & Hospitals only contact (44) 207 6359191

China - Contact (86) 532 83889090

R.O.W. - Contact Regional Office

## Marine Coatings

Page 3 of 4  
Issue Date: 09/08/2019  
Ref: 3719

**AkzoNobel**

# Intersmooth 7460HS SPC



## TBT Free, Low Friction, Self Polishing Copolymer A/F

### LIMITATIONS

Coating lifetime is directly proportional to thickness applied. Performance of the product is dependent upon the specified film thickness being achieved.  
On immersion, Intersmooth 7460HS SPC will exhibit a slight colour change.  
Overcoating information is given for guidance only and is subject to regional variation depending upon local climate and environmental conditions. Consult your local International Paint representative for specific recommendations.  
Apply in good weather. Temperature of the surface to be coated must be at least 3°C above the dew point. For optimum application properties bring the material to 21°C, unless specifically instructed otherwise, prior to mixing and application. Unmixed material (in closed containers) should be maintained in protected storage in accordance with information given in the STORAGE Section of this data sheet. Technical and application data herein is for the purpose of establishing a general guideline of the coating application procedures. Test performance results were obtained in a controlled laboratory environment and International Paint makes no claim that the exhibited published test results, or any other tests, accurately represent results found in all field environments. As application, environmental and design factors can vary significantly, due care should be exercised in the selection, verification of performance and use of the coating.

UNIT SIZE	Unit Size	Vol	Pack
	20 lt	20 lt	20 lt

*For availability of other unit sizes consult International Paint*

UNIT SHIPPING WEIGHT (TYPICAL)	Unit Size	Unit Weight
	20 lt	38.6 Kg

STORAGE	Shelf Life	12 months at all temperatures. Subject to reinspection thereafter. Store in dry, shaded conditions away from sources of heat and ignition.
---------	------------	--

**WORLDWIDE AVAILABILITY** Consult International Paint.

### IMPORTANT NOTE

*The information in this data sheet is not intended to be exhaustive; any person using the product for any purpose other than that specifically recommended in this data sheet without first obtaining written confirmation from us as to the suitability of the product for the intended purpose does so at their own risk. All advice given or statements made about the product (whether in this data sheet or otherwise) is correct to the best of our knowledge but we have no control over the quality or the condition of the substrate or the many factors affecting the use and application of the product. Therefore, unless we specifically agree in writing to do so, we do not accept any liability at all for the performance of the product or for (subject to the maximum extent permitted by law) any loss or damage arising out of the use of the product. We hereby disclaim any warranties or representations, express or implied, by operation of law or otherwise, including, without limitation, any implied warranty of merchantability or fitness for a particular purpose. All products supplied and technical advice given are subject to our Conditions of Sale. You should request a copy of this document and review it carefully. The information contained in this data sheet is liable to modification from time to time in the light of experience and our policy of continuous development. It is the user's responsibility to check with their local representative that this data sheet is current prior to using the product.*

*This Technical Data Sheet is available on our website at [www.international-marine.com](http://www.international-marine.com) or [www.international-pc.com](http://www.international-pc.com), and should be the same as this document. Should there be any discrepancies between this document and the version of the Technical Data Sheet that appears on the website, then the version on the website will take precedence.*

All trademarks mentioned in this publication are owned by, or licensed to, the AkzoNobel group of companies.

© AkzoNobel, 2019

[www.international-marine.com](http://www.international-marine.com)

## Marine Coatings

Page 4 of 4  
Issue Date:09/08/2019  
Ref:3719

**AkzoNobel**

## 18.3. Anexo Hempel's AntiFouling Olympic 86951

Ficha Técnica del Producto



# Hempel's AntiFouling Olympic 86951

### Características del producto

#### Descripción

Hempel's Antifouling Olympic 86951 antiincrustante de alto contenido en sólidos, libre de estaño, autoalisante y autopulimentante. La pulimentación está basada en un intercambio de iones dando lugar a una capa activa hidrolizable. El refuerzo con fibra inorgánica de la resina matriz asegura un control eficaz del pulido así como resistencia mecánica.

Este producto no contiene componentes orgánicos de estaño actuando como biocidas y cumple con la International Convention on the Control of Harmful Antifouling Systems on Ships adoptado por la IMO October 2001 (IMO document AFS/CONF/26).

#### Uso recomendado

Como antiincrustante económico para fondos y flotaciones de barcos que navegan en aguas profundas operando a velocidades medias o altas y con una gran actividad, con cortos periodos de inactividad y con intervalos de diqueado de hasta 36 meses.

Cascos de aluminio: Ver Observaciones al dorso.

#### Certificados / Aprobaciones

- Este producto no contiene biocidas orgánicos con estaño y cumple con el Convenio internacional para el control de los sistemas antiincrustantes mediambientalmente perjudiciales en buques, adoptado por la IMO en octubre de 2001 (documento de la IMO AFS/CONF/26).

### Seguridad del producto

**Punto de inflamación** 27°C [81°F]

#### Contenido en VOC

Legislación	Valor
UE	434 g/L [3,62 lb/gal EE.UU.]
USA (recubrimientos)	434 g/L [3,62 lb/gal EE.UU.]
USA (regulatorio)	434 g/L [3,62 lb/gal EE.UU.]
China	434 g/L [3,62 lb/gal EE.UU.]

Según la legislación específica, consulte la información detallada en las notas explicativas disponibles en la página web general de Hempel (hempel.com) o en su página web local.

#### Manipulación

Manipular con cuidado. Antes y durante el uso, observar las etiquetas de seguridad en los envases y los contenedores de pintura y seguir todas las regulaciones locales y nacionales. Siempre consultar las Fichas de seguridad de Hempel para este producto junto con la Ficha técnica del producto.

Para uso profesional únicamente.

### Datos del producto

**Código de producto**  
86951

**Color estándar / código**  
Rojo parduzco 51110 \*

**Brillo**  
Mate

**Volumen de sólidos**  
52 ± 2%

**Peso específico**  
1,8 kg/L [15 lb/gal EE.UU.]

**Espesor de película seca de referencia**  
100 micras [3,9 mils]

### Preparación de superficie:

Construcción nueva:  
- Según la especificación de Hempel.

Mantenimiento y reparación  
- Elimine sales, detergentes, contaminantes y crecimiento marino con una limpieza de agua fresca a alta presión.  
- Sellador: Se debe utilizar una capa selladora o de enlace, según el tipo y el estado del antiincrustante existente.

Consultar las Guías separadas de Hempel sobre la preparación de superficie para obtener más información.

\* Puede aparecer una ligera decoloración. Esto no afecta a las propiedades del recubrimiento.

Ficha Técnica del Producto



# Hempel's AntiFouling Olympic 86951

## Aplicación

### Proporción de mezcla

El producto contiene partículas pesadas. Agite bien antes de usar.

### Disolvente

Hempel's Thinner 08080

### Agente de limpieza

Hempel's Thinner 08080

### Método de aplicación

Herramienta	Parámetros de aplicación
Pistola sin aire	Presión en boquilla: 270 bar [3900 psi] Orificio de boquilla: 0.027-0.031"

Filtro: el filtro del tanque de compensación y los filtros de boquilla deben retirarse. Los datos de la pistola son indicativos y están sujetos a ajustes. La presión es para una temperatura del material de 20°C [68°F].

### Espesor de película

Intervalo de especificación	Bajo	Alto	Recomendado
Espesor de película seca	80 micras [3,1 mils]	150 micras [5,9 mils]	100 micras [3,9 mils]
Espesor de película húmeda	150 micras [5,9 mils]	290 micras [11 mils]	190 micras [7,5 mils]
Rendimiento teórico	6,5 m <sup>2</sup> /L [260 sq ft/gal gal EE.UU.]	3,5 m <sup>2</sup> /L [140 sq ft/gal gal EE.UU.]	5,2 m <sup>2</sup> /L [210 sq ft/gal gal EE.UU.]

El producto puede especificarse a distintos espesores de película del indicado en función del propósito y área de uso. Esto altera el rendimiento y puede influir en el tiempo de secado y curado, y en el intervalo de repintado.

### Condiciones de aplicación

- Para evitar la condensación, aplique sobre una superficie limpia y seca con una temperatura de al menos 3°C [5°F] por encima del punto de rocío.

### Observaciones de aplicación

- Los antiincrustantes con contenido en cobre no deben tener contacto eléctrico con cascos de aluminio y otros componentes de aluminio.

## Secado y repintado

### Compatibilidad del producto

- Capa anterior: Según la especificación de Hempel. Hempadur 45182, Hempadur 47182, Hempadur Tiecoat 49183
- Capa subsiguiente: Ninguno.

### Tiempo de secado

Temperatura de la superficie		10°C [50°F]	20°C [68°F]
Seco duro	min.	120	60

Determinado para 100 micras [3.9 mils] de espesor de película seca en condiciones estándar; consulte las notas explicativas de Hempel para obtener más información.

### Condiciones de secado

- Para lograr el tiempo de secado que se indica, es importante mantener una ventilación suficiente durante la aplicación, el secado y el curado.

### Observaciones del repintado

- La superficie debe estar seca y limpia antes de la aplicación.
- Póngase en contacto con Hempel si desea obtener información más específica.

### Otras observaciones

- Consulte a Hempel para obtener información sobre el tiempo mínimo de salida de dique.

## Almacenaje

### Vida de almacenaje

Temperatura ambiente	25°C [77°F]
Producto	60 meses

Vida de almacenaje desde la fecha de producción, siempre que se almacene en el contenedor original y sin abrir. Después, se debe volver a inspeccionar la calidad del producto. Un almacenaje a temperaturas elevadas puede reducir la vida útil del producto. Consulte a Hempel para obtener asesoramiento.

## 18.4. Anexo SeaQuantum Ultra S



### SeaQuantum Ultra S

#### Descripción del producto

Es un recubrimiento de vanguardia, anti incrustante de acrilato de sililo, hidrolizable químicamente, de un componente. Proporciona una excelente protección anti incrustante y un incomparable comportamiento. Se consigue mediante las características autopulimentables, estables y altamente predecibles del producto que reduce el deterioro del casco, la fricción y la pérdida de velocidad. La superficie lisa inicial proporciona un buen comportamiento a la salida de dique. Como capa de acabado, en ambientes de inmersión solamente. Puede aplicarse a temperaturas de superficie inferiores a 0 °C.

#### Uso recomendado

Marina:

Recomendado para casco bajo flotación en nueva construcción y varadas. Especialmente diseñado como solución Premium para buques con baja operatividad y baja velocidad. Recomendado como solución para con alto riesgo de incrustaciones, tales como cajas de mar, para minimizar el riesgo de especies invasivas. Este producto proporciona una protección óptima del casco en aguas con intenso ataque de incrustaciones o en operaciones con largos periodos estáticos. El producto puede ser utilizado por largos periodos de servicio hasta 90 meses como parte de un sistema de pintado completo.

Protective:

Recomendado para construcciones offshore y áreas en inmersión en instalaciones estáticas.

#### Navegación típica

Diseñado para navegación global y especialmente para la flota costera. Recomendado para exposición tanto a agua salada como agua dulce durante los trabajos de nueva construcción.

#### Homologaciones y certificados

Conforme al Convenio de la IMO sobre sistemas antiincrustantes AFS/CONF/26 + IMO MEPC.331(76).

Se pueden facilitar otros certificados y/o homologaciones bajo pedido

#### Colores

rojo oscuro, rojo claro

### Ficha del producto

Propiedad	Prueba/Norma	Descripción
Sólidos en volumen	ISO 3233	50 ± 2 %
Punto de inflamación	ISO 3679 Method 1	25 °C
Densidad	calculado	1.8 kg/l
COV-US/Hong Kong	US EPA método 24 (ensayado) (CARB(SCM)2007, SCAQMD rule 1113, Hong Kong)	455 g/l
COV-EU	IED (2010/75/EU) (teórico)	457 g/l

Fecha de  
emisión: 17 Enero 2023

Página: 1/5

Esta ficha técnica anula y reemplaza las emitidas anteriormente.

Se recomienda leer la Ficha Técnica (FT) conjuntamente con la Ficha de Datos de Seguridad (FDS) y la Guía de Aplicación (GA) de este producto. Para conocer cual es su oficina de Jotun más cercana, visite nuestra página web [www.jotun.com](http://www.jotun.com)

## Ficha Técnica SeaQuantum Ultra S



Los datos facilitados son los valores esperados para una fabricación típica, sujetos a ligeras variaciones en función del color final.

### Espesor de película por capa

#### Rango de especificación estándar recomendado

Espesor de Película Seca	75 - 175 $\mu\text{m}$
Espesor de Película Húmeda	150 - 350 $\mu\text{m}$
Rendimiento teórico	6.6 - 2.8 $\text{m}^2/\text{l}$

Espesor seco total máximo para múltiples capas en el sistema antiincrustante: 600  $\mu\text{m}$

### Preparación de superficie

#### Tabla sumario de la preparación de superficies

Substrato	Preparación de superficie	
	Mínimo	Recomendado
Superficies pintadas	<p>Nueva capa de anclaje o nuevo antiincrustante: Eliminar cualquier contaminación que pudiera influir en la adherencia entre capas. Si se supera el tiempo máximo de repintado será precisa limpieza/abrasión o capas extras, según las condiciones.</p> <p>Antiincrustante envejecido con capa lechosa: Eliminar mediante lavado energético con agua dulce a presión de como mínimo 200 baes a punta de boquilla.</p>	<p>Nueva capa de anclaje o nuevo antiincrustante: Eliminar cualquier contaminación que pudiera influir en la adherencia entre capas. Si se supera el tiempo máximo de repintado será precisa limpieza/abrasión o capas extras, según las condiciones.</p> <p>Antiincrustante envejecido con capa lechosa: Eliminar mediante lavado energético con agua dulce a presión de como mínimo 200 baes a punta de boquilla.</p>

### Aplicación

#### Métodos de aplicación

El producto puede aplicarse mediante

Pulverización:	Usar pistola airless.
Brocha:	Puede usarse. Vigilar que se obtiene el espesor de película seca especificado.
Rodillo:	Puede usarse. Vigilar que se obtiene el espesor de película seca especificado.

Fecha de emisión: 17 Enero 2023

Página: 2/5

Esta ficha técnica anula y reemplaza las emitidas anteriormente.

Se recomienda leer la Ficha Técnica (FT) conjuntamente con la Ficha de Datos de Seguridad (FDS) y la Guía de Aplicación (GA) de este producto. Para conocer cual es su oficina de Jotun más cercana, visite nuestra página web [www.jotun.com](http://www.jotun.com)

## Ficha Técnica SeaQuantum Ultra S



### Mezcla del producto

Un componente

Agitar/mezclar vigorosamente con un agitador potente antes de aplicar.

### Diluyente/disolvente de limpieza

Disolvente: Jotun Thinner No. 7 / Jotun Thinner No. 10

### Datos de aplicación para pistola airless

Boquilla (inch/1000): 21-31  
Presión en boquilla (mínimo): 150 bar/2100 psi

## Tiempo de secado y curado

Temperatura del sustrato	-10 °C	0 °C	10 °C	23 °C	40 °C
Secado superficial (al tacto)	5 h	2 h	45 min	30 min	30 min
Seco para repintar, mínimo	24 h	16 h	9 h	7 h	6 h
Seco/curado para inmersión	36 h	24 h	10 h	9 h	8 h

Para conocer los intervalos máximos de repintado, ver la "Application Guide" (AG) del producto.

En caso de aplicar tres o más capas en una sucesión rápida, se recomienda doblar el tiempo mínimo de secado para inmersión.

Los tiempos de secado y curado se determinan en condiciones de temperaturas controladas y una humedad relativa por debajo del 85%, y a un EPS medio según el rango indicado para cada producto.

Secado superficial (al tacto): Estado de secado del producto que no deja huella ni se muestra pegajoso al aplicar una ligera presión con un dedo.

Seco para repintar, mínimo: El tiempo mínimo recomendado antes de poder aplicar la siguiente capa.

Seco/Curado para inmersión: tiempo mínimo antes de que el recubrimiento pueda estar permanentemente sumergido en agua marina.

## Tipo de imprimación recomendada

Sistema de imprimación anticorrosiva adecuada para este propósito. La selladora recomendada para la subsiguiente capa de anti incrustante es:

Safeguard Universal ES  
o  
Safeguard Plus

Fecha de emisión: 17 Enero 2023

Página: 3/5

Esta ficha técnica anula y reemplaza las emitidas anteriormente.

Se recomienda leer la Ficha Técnica (FT) conjuntamente con la Ficha de Datos de Seguridad (FDS) y la Guía de Aplicación (GA) de este producto. Para conocer cual es su oficina de Jotun más cercana, visite nuestra página web [www.jotun.com](http://www.jotun.com)



## Ficha Técnica SeaQuantum Ultra S



### Envasado (más usual)

	Volumen (litros)	Tamaño de envases (litros)
SeaQuantum Ultra S	20	20

El volumen indicado es para colores producidos en fábrica. Pueden encontrarse variaciones de tamaño y volumen de envasado en otros países debido a regulaciones locales.

### Almacenaje

El producto debe almacenarse de acuerdo con la legislación vigente. Las condiciones por defecto son mantener los envases en un espacio seco, fresco y bien ventilado y alejados de toda fuente de ignición y calor. Los envases deben mantenerse perfectamente cerrados y estancos.

### Tiempo de vida de almacenaje a 23 °C

SeaQuantum Ultra S	12 meses
--------------------	----------

En algunos mercados el tiempo de vida de almacenaje puede ser inferior debido a la legislación local. El dato indicado es el tiempo de vida de almacenaje mínimo, tras el cual la calidad de la pintura estará sujeta a re-inspección.

### Precaución

Este producto es sólo para uso profesional. Los aplicadores y operarios deberán ser formados, experimentados y tener la capacidad y equipo para mezclar/agitr y aplicar las pinturas correctamente y de acuerdo con la documentación técnica de Jotun. Los aplicadores y operarios deberán utilizar equipos de protección personal adecuados al usar este producto. Esta guía se proporciona en base al conocimiento actual del producto. Cualquier requerimiento para una modificación que se adapte a las condiciones de la obra deberá remitirse a un representante de Jotun responsable para su aprobación antes de comenzar el trabajo.

### Salud y Seguridad

Por favor, sigan las indicaciones de precaución que se muestran en el envase. Utilizar en condiciones de buena ventilación. No inhalar las pulverizaciones. Evitar el contacto con la piel. Las salpicaduras sobre la piel deben limpiarse inmediatamente con un limpiador adecuado, agua y jabón. Sobre los ojos, enjuagar con agua abundante y requerir inmediata atención médica.

### Variación del color

Cuando corresponda, los productos destinados principalmente a su uso como imprimaciones o antiincrustantes pueden tener ligeras variaciones de color de un lote a otro. Dichos productos y los productos a base de epoxi utilizados como capa de acabado pueden calentar cuando se exponen a la luz solar y la intemperie.

La retención de color y brillo en las capas de acabado puede variar según el tipo de color, el entorno de exposición, como la temperatura, la intensidad de los rayos UV, etc., la calidad de la aplicación y el tipo genérico de pintura. Póngase en contacto con su oficina local de Jotun para obtener más información.

### Nota de descargo

Fecha de  
emisión: 17 Enero 2023

Página: 4/5

Esta ficha técnica anula y reemplaza las emitidas anteriormente.

Se recomienda leer la Ficha Técnica (FT) conjuntamente con la Ficha de Datos de Seguridad (FDS) y la Guía de Aplicación (GA) de este producto. Para conocer cual es su oficina de Jotun más cercana, visite nuestra página web [www.jotun.com](http://www.jotun.com)

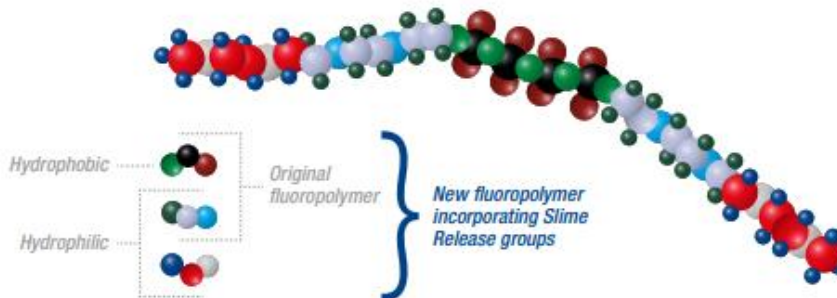
## 17.5. Anexo tecnología *Slime Release*

***Intersleek®1100SR, the first patented micro fouling-focused fluoropolymer based slime release technology specifically designed to tackle the impact of slime.***

### ***The proof is in the polymer***

The new patented fluoropolymer in Intersleek®1100SR has been developed by enhancing the slime resistant polymer groups used in earlier generations of Intersleek®. The tailored surface chemistry of this new technology specifically influences and resists the adhesion and settlement of organisms that make up slime colonisation.

It is necessary to create a surface that limits the capability of the extra cellular polymeric substances (EPS) to adhere and spread. This is achieved by modifying the surface energy of coatings to become more hydrophilic and yet maintain a hydrophobic portion. The surface of Intersleek®1100SR remains amphiphilic yet has a more hydrophilic characteristic.



### **Slime Release test results from Hydrodynamic Flume**

During the technology development process we enlisted the help of external experts at Newcastle University, University of Birmingham and Sultan Qaboos University, to conduct experimental work on a range of coatings. This independent data, combined with our in-depth research have proven that Intersleek®1100SR is significantly better at deterring the settlement and release of slime compared to other foul release products, and displays reliable foul release performance against weed, barnacles and other macro fouling organisms.

