

Hace algunos meses llegaron rumores a nuestras instalaciones, de que los tornillos con que se aprietan los ánodos de sacrificio, se rompían al momento de intentar sacarlos. Esto sucedía cuando se tenía que hacer el cambio de ánodo, además, se hizo énfasis en que esto podía suceder con un tornillo que apretase un ánodo directamente al bloque de una cola o un motor, con la consecuencia de que una de las partes del tornillo quedara dentro del bloque del motor. Se nos aconsejó, cambiar los tornillos actuales, por tornillería de acero Inox. Con estos datos, en su momento procedimos a realizar pruebas a nuestros tornillos contrastando con los tornillos de un ánodo procedente de la fábrica de una marca reconocida (Ver foto Nº 1) que son los que comercialmente se utilizan en el sector.



Foto Nº 1. Ánodo VOLVO PENTA.

Como se puede observar en la fotografía anterior, el ánodo en cuestión se apretará con un tornillo inoxidable calidad A2-70 M-6. Sin embargo, a algunos ánodos ZINETI, se les incluye tornillería con tratamiento térmico conocido como PAVONADO. A continuación, vamos a contrastar un tornillo Inox A2/4-70 M-6 contra un tornillo similar en acero Pavonado.

Tornillería con tratamiento térmico “PAVONADO”

Este proceso se aplica a los tornillos de acero y es el último antes de considerar al mismo, como pieza terminada. Consiste en calentar la pieza hasta los 300 – 320 ° C, a esta temperatura la pieza adquiere una tonalidad azulada, luego, se enfría en aceite. Con este tratamiento térmico superficial, se consigue una capa de óxido férrico (Fe₂O₃) de color negro. Esta ligera capa de óxido, es la que garantiza una resistencia adecuada ante la corrosión y lo más importante, le otorga dureza superficial a la tornillería.

Tornillería Inoxidable.

El acero inoxidable es una aleación con un mínimo de 10% de cromo en su masa. En la actualidad, existe una gran variedad de aceros inoxidables aleados con cromo u otros elementos, que confieren resistencia a la corrosión por la afinidad de los metales aleantes ante el oxígeno. Los aceros inoxidables comercialmente más utilizados son los austeníticos, existen



calidades que van desde A1 hasta A5, con resistencias 50, 70 y 80, como podemos observar en la Figura Nº 1.

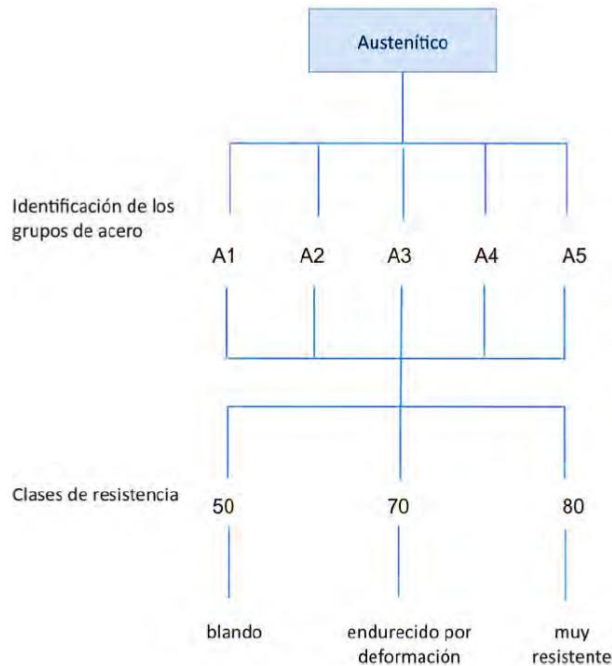


Fig. Nº 1. Acero Inoxidable Austenítico.

Trataremos de centrarnos en los tornillos inoxidables A2-70 y A4-70, siendo los primeros los que comercialmente más se utilizan en el sector naval. La tornillería inoxidable A4-70, es la que mejor comportamiento tiene en ambientes marinos, nos obstante, su precio es bastante elevado con respecto a la tornillería A2-70, además, sólo se pueden adquirir en comercios especializados.

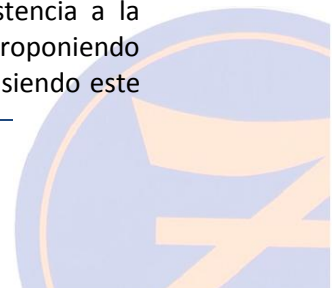
Tabla Comparativa de tornillería de acero pavonado, contra acero Inoxidable.

En la tabla siguiente observaremos una comparativa de las propiedades mecánicas de los tornillos pavonados, contra los inoxidables.

Propiedades mecánicas	Tornillo Pavonado	Tornillo Inox A2 (70)	Tornillo Inox A4 (70)
Resistencia a la tracción	800 N/mm ²	500 N/mm ²	700 N/mm ²
Límite elástico	640 N/mm ²	210 N/mm ²	450 N/mm ²
Par de rotura (M 6)	9,5 Nm	7,8 Nm	7,8 Nm

Tabla Nº 1. Propiedades mecánicas.

En la tabla anterior, podemos observar que las características mecánicas del acero pavonado son superiores a las del acero inoxidable, incluido el A4-70. Con esto, demostramos que, mecánicamente los aceros pavonados son superiores a los inoxidables, a partir de aquí, en ZINETI hemos acudido a estos datos para decidir usar tornillería de acero pavonado. En cuando a la resistencia a la corrosión sabemos que los aceros pavonados no tienen la resistencia a la corrosión que brinda un acero inoxidable A2, siendo este, el que menos resistencia a la corrosión en ambiente marino puede ofrecer. No obstante, el uso que estamos proponiendo para los tornillos pavonados es como parte fundamental en una celda galvánica, siendo este



tornillo, el medio metálico por el cual se drenará todo el flujo electrónico que se genere en esta pila galvánica durante la vida de la misma y que deberá fluir hacia el metal a proteger. De este modo, un mínimo de protección catódica es aplicado a la tornillería, manteniendo las propiedades mecánicas durante la vida útil de los mismos.

Prueba práctica de corrosión para tornillos pavonados e inoxidables A2-70.

A continuación, describiremos algunas pruebas realizadas con tornillería inoxidable aplicada en una probeta de acero comercial, apretada con tuerca y arandelas zincadas M-6 autoblocante, tornillería de acero pavonado aplicada en una probeta de aleación de zinc normalizado US MIL A18.001:K apretada con tuerca y arandela zincadas M-6 autoblocante y tornillería de acero pavonado¹ aplicada en una probeta de aleación de aluminio normalizado GALVALUM® III, apretada con tuerca y arandelas zincadas M-6 autoblocante. Estos pares se sumergieron en agua salada durante 3 meses tal y como se puede apreciar en las fotos siguientes, además se les aplicó un flujo de corriente directa de +12.000 mV para causar corrosión acelerada.



Foto Nº 2. Tornillo de Acero Inox A2-70, apretando probeta rosca de acero comercial con arandela y tuerca zincada.



Foto Nº 3. Tornillo Pavonado apretando probeta rosca de zinc, con arandela y tuerca zincada.

¹ Este tornillo en particular, es de Acero Pavonado de calidad totalmente comercial, utilizado en el montaje de muebles domésticos de una conocidísima marca sueca. El mismo, no presenta ninguna marca que garantice el grado de dureza ni una norma de calidad válida, por lo tanto **NUNCA** se ha utilizado, ni se utilizará para apretar un ánodo de sacrificio, en este experimento se ha utilizado para tener un abanico amplio de calidades y tipos de tornillos.





Foto Nº 4. Tornillo Pavonado¹, apretando probeta roscada de aluminio con arandela y tuerca zincada.

En las fotos anteriores se muestran los pares utilizados pasados tres meses, desde la inmersión, los mismos salieron considerablemente oxidados, debido a que fueron parte de un circuito eléctrico de corriente directa de +12.000 mV.

Desmontado de los pares atornillados.

Se precedió a desmontar los pares atornillados, para comprobar si se rompían al ser desmontados, según los comentarios que han dado pie para realizar estas pruebas. Cabe mencionar que tornillos se habían apretado al límite de su capacidad de torsión recomendada por el fabricante, en el caso de los tornillos fabricados según norma DIN.

El desmontaje se realizó con facilidad en todos los pares, incluido el par de la foto Nº 4, los tornillos no sufrieron ningún tipo de rotura, como se puede apreciar en las fotos siguientes.



Foto Nº 5. Desmontado del tornillo de Acero Inoxidable que apretaba probeta roscada de acero comercial.





Foto Nº 6. Desmontado del tornillo Pavonado que apretaba probeta roscada de zinc.



Foto Nº 7. Desmontado del tornillo Pavonado que apretaba probeta roscada de aluminio.

En las fotos Nº 5 y 6, se puede apreciar que el tornillo DIN 912 Inox A2-70 y el tornillo DIN 912 Pavonado 8.8, además, las tuercas zincado según DIN 985 Clase 8, no presentan ningún tipo de gripado más allá de la capa antiestética de óxido y que se debe a la corrosión acelerada a la que se han sometido, no obstante, los cuadrantes y aristas de trabajo estaban en buenas condiciones, prueba de ello se debe a que se han podido desmontar haciendo uso de herramientas convencionales adecuadas.



En el caso del tornillo Pavonado comercial, utilizado en la probeta de aleación de aluminio según GALVALUM[®] III, apretado con tuerca según DIN 985 Clase 8, presentó un leve gripado en las aristas del agujero hexagonal "Allen", por otro lado, la tuerca continuaba intacta.

Conclusiones.

Con este sencillo experimento podemos concluir que:

- Los tornillos Pavonados tienen mejores propiedades mecánicas que los tornillos inoxidables, incluyendo DIN 912 Inox A4-70, por tanto, es extremadamente difícil gripar o romper, en condiciones de apriete normal, un tornillo Pavonado antes que un tornillo Inox.
- Comprendemos que los tornillos Inoxidables son mucho más estéticos que los pavonados y que en condiciones de presión y temperatura estándar, la tornillería Inox A2 permanecerá estéticamente correcta durante mucho tiempo en comparación con un tornillo pavonado, por tanto, *nunca desaconsejamos* el uso de un tornillo Inox en las zonas que lo requieran, por ejemplo: barandillas, escaleras, bolardos, pomos, manivelas, etc. Pues su embarcación merece estar siempre coqueta, en los motores y partes mecánicas, debe de hacer uso de la tornillería que el fabricante recomienda.
- En el caso de los ánodos de sacrificio, desde ZINETI, recomendamos utilizar tornillería Pavonada para sujetar un ánodo de sacrificio, porque estos tornillos realizan el mismo trabajo que un tornillo inoxidable de calidades superiores a las ensayadas en este artículo (Tornillo DIN 912 Inox A2-70).



Foto Nº 8. Tornillería Pavonada con arandelas estriadas proporcionadas con los Kits de ánodos ZINETI.





Estamos convencidos que un tornillo pavonado nos brinda un muy buen resultado en ambientes marinos cuando aprieta un ánodo de sacrificio, porque este tornillo se vuelve parte de la pila galvánica y por tanto, no sufrirá corrosión porque, al igual que las demás partes metálicas, está protegido directamente por el ánodo. No obstante, recordemos que en el proceso de pavonado, el aceite es un elemento esencial y muchas de las piezas pavonadas, incluyendo los tornillos, salen de fábrica con una capa de aceite. Sabemos de sobra que algunos aceites pueden ser aislantes y que se emulsionan cuando están en contacto con el agua, ya sea dulce o salada, creando una “gelatina” que puede aislar algunas partes del tornillo de la acción del ánodo de sacrificio, por tanto desde ZINETI recomendamos limpiar la tornillería antes de instalarla, quitando con este gesto, el exceso de aceite; o hacer uso de arandelas estriadas que, en muchos casos, son incluidas con los ánodos ZINETI, ver foto Nº 8. Las arandelas estriadas metálicas, garantizan una correcta conexión eléctrica del ánodo con el tornillo, debido a la abrasión mecánica que se realiza al aplicar un par de apriete, desincrustando cualquier material que pueda aislar el tornillo del ánodo. No obstante, cualquier arandela metálica puede realizar un efecto abrasivo mínimo entre el ánodo y el tornillo, aconsejamos siempre el uso de arandelas cuando se tenga que apretar un ánodo con tornillos.

- Los tornillos Pavonados, además de dar un buen resultado, se encuentran en todas las medidas posibles, tienen bajos precios y son fáciles de encontrar en el mercado local, todo lo contrario de los Inoxidables que se deben adquirir en negocios especializados a precios muy superiores con respecto a la tornillería Pavonada.

Referencias.

1. EMISON, Pavonado y Coloración Térmica de Aceros.
2. UPC, Propiedades del Acero Inoxidable.
3. FATOR, Tornillería Industrial, Catálogo General Año 2.008
4. DEXTER, Elementos de fijación en acero inoxidable.
5. FACOM Tools, Guía de Apriete controlado F05.
6. UNIPARTS, Catálogo de Productos.

