

# OXIDACIÓN Y CORROSIÓN

EN ESTRUCTURAS E INSTALACIONES  
FIJAS O FLOTANTES EN EL MAR



## **RESUMEN:**

*Dentro de los fenómenos electroquímicos, los que más destacan son las re combinaciones químicas y eléctricas entre sí, que dan como reacción, efectos de oxidación o corrosión. En estos procesos naturales, los materiales afectados que intervienen vuelven a su estado primario, creando en su proceso irreversible, efectos eléctricos secundarios que retroalimentan los procesos químicos.*

*Para entender los principios químicos y eléctricos que intervienen y situarte en tu nivel de gravedad, hacemos una breve introducción a la electrotécnica.*

*El procedimiento de las auditorías que realizamos, se basa en un estudio previo para verificar la gravedad de la situación y en su caso, planificar o no (en función de la gravedad), una auditoría más profunda para analizar las propuestas de soluciones y contramedidas.*



## INTRODUCCIÓN:

Queremos, con esta introducción, situaros en una realidad oculta que en algunos momentos no se valora por falta de información. Esto no quiere decir que los efectos- causa aparezcan en todas las estructuras, ya que cada una de ellas está construida con diferentes materiales. Es por ello importante, en cada caso, realizar una auditoria técnica para analizar y proponer posibles actuaciones o contramedidas a seguir en función de la gravedad de los efectos aparecidos a lo largo de la vida de la estructura.

## TIPOS DE REACCIONES QUÍMICAS Y FÍSICAS

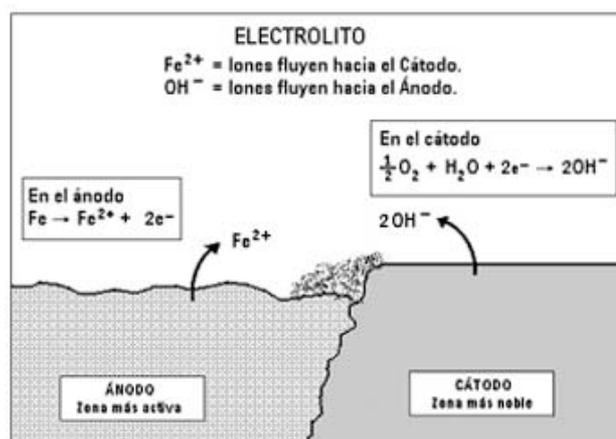
### El fenómeno electro-químico.

Es una **reacción química** causada por una presencia de corrientes no controladas o en presencia de un dieléctrico o viceversa.

Es decir que los fenómenos electro-químicos, también puede ser causados por una **reacción eléctrica** no controlada, que excitan una reacciones químicas y que se retroalimenta, en presencia de un dieléctrica.

En el peor de los casos, puede ser causada por reacciones de los dos fenómenos; químico-eléctricos y eléctrico-químicos dentro de circuitos cerrados, ya que se verán influenciados por una atmosfera marina, saturada en iones y por la excitación de contaminación electromagnética.

### Las reacciones pueden llegar a ser caóticas y retroalimentadas



Reacciones químico-

eléctricas y electro-químicas (corrosión o oxidación).

## El fenómeno químico

### La corrosión:

*Todos los metales, con el espacio tiempo, tienden a volver a su estado primario.*

*En el caso del acero (hierro y carbono) su estado primario es óxido de hierro y carbono. Al estar el hierro que compone el acero en contacto con el oxígeno del aire y del agua, éste, reacciona y busca de su equilibrio, hasta llegar a su estado primario por efecto natural (óxido de hierro).*

*El nivel de reacción, depende de los ciclos de intercambio del reactivo (Aire/Agua).*

*Si el acero está siempre en contacto con uno de ellos, su reacción es mínima con el paso del tiempo. Sin embargo, si éste está en constante intercambio (aire/agua/aire) las reacciones químicas y electrónico se acentúan.*

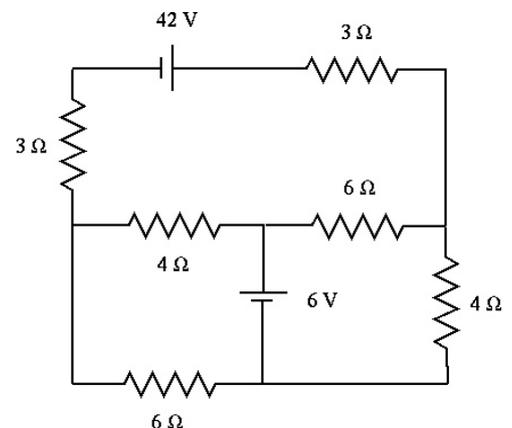


Reacciones físicas de corrosión sobre un metal (casco de un barco).

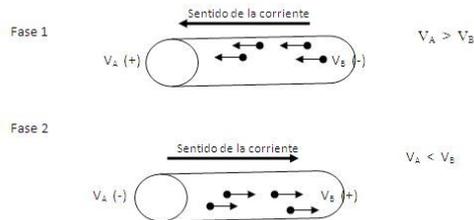
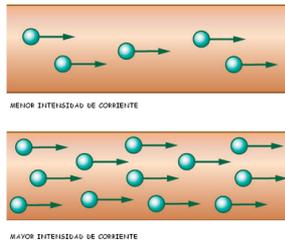
### El fenómeno electrónico.

*Los equipos de producción de energía eléctrica y su forma de distribución por medio de cables en una estructura, generan durante su proceso de producción y distribución, diferentes efectos electrónicos y eléctricos en función del origen y destino de la energía para su consumo. Durante este proceso, pueden aparecer diferentes fenómenos como serán: la resonancia, el acoplamiento magnético o la diferencia de potencia.*

**La diferencia de potencial (Tensión),** puede aparecer entre el neutro y la toma de tierra, incluso en las instalaciones eléctricas desconectadas. Al convivir en la propia instalación eléctrica, diferentes tipos de metales conectados eléctricamente o mecánicamente entre ellos, por medio de cables.



También nos puede aparecer diferencia de potencial, en función del tipo de cada metal, ya que en función de su composición molecular, el metal ejerce un freno (resistencia) o aceleración (inductancia) al paso de la corriente creando diferentes tensiones por diferencia de potencial.



**El acoplamiento magnético o inducción magnética.**

Aparece sobre todo, cerca de los transformadores de tensión o generadores eléctricos. Este fenómeno, crea la polarización de los metales, es decir que orienta el sentido de la corriente de un punto a otro. La corriente electrónica en el metal, puede circular en un sentido u otro en función del tipo del metal y variar en función si es diamagnético o paramagnético.

<b>DIAMAGNETICOS</b>	Cobre	- 0,085
	Plata	- 0,20
	Estaño	- 0,25
	Cinc	- 0,157
<b>PARAMAGNETICOS</b>	Aluminio	+ 0,651
	Platino	+ 1,10
	Titanio	+ 1,25

**Otro fenómeno natural que polariza al instante un metal es el rayo.**

Cuando circula por el la corriente de un rayo. Durante la descarga del rayo, la corriente que circula por el metal a tierra, deja una memoria magnética a su paso que polarizada los metales en función de la polaridad del rayo. Si el rayo es ascendente (positivo), lo polarizara negativamente a tierra, y si el rayo es descendente (negativo), polarizara los metales positivamente a tierra. Todos los metales afectados por rayos pierden sus características de resistencia mecánica, pudiendo sufrir roturas. Este fenómeno de pérdida de resistencia, también afecta a la los mástiles de fibra de carbono



Este caos, físico-químico natural de los metales y sus reacciones, crearán en as estructuras, circuitos electrónicos propios con memoria, como si de un circuito impreso se tratara, por donde circularán los electrones, generando la aparición de las conocidas “corrientes vagabundas”. Al interactuar entre ellas estas corrientes y convivir en la misma estructura molecular que forman las diferentes composiciones de los metales, generan la aparición de reacciones químicas y electro-químicas físicas. Durante su proceso químico, aparecerán reacciones gaseosas. Los nuevos gases de estas reacciones químicas, se reconvertirán al encontrarse en atmósferas contaminadas por falta de ventilación y se transforman en peligrosos gases cancerígenos. En función de su reactivos con otros gases, aparecerán potenciales atmósferas con riesgo de explosión (ATEX).

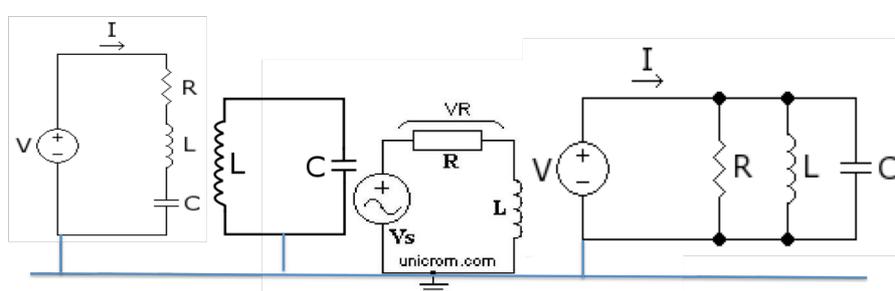


IMAGEN: circuitos electrónicos formados en materiales.

### **DIFERENCIA DE POTENCIAL, ARMÓNICOS Y RESONANCIA.**

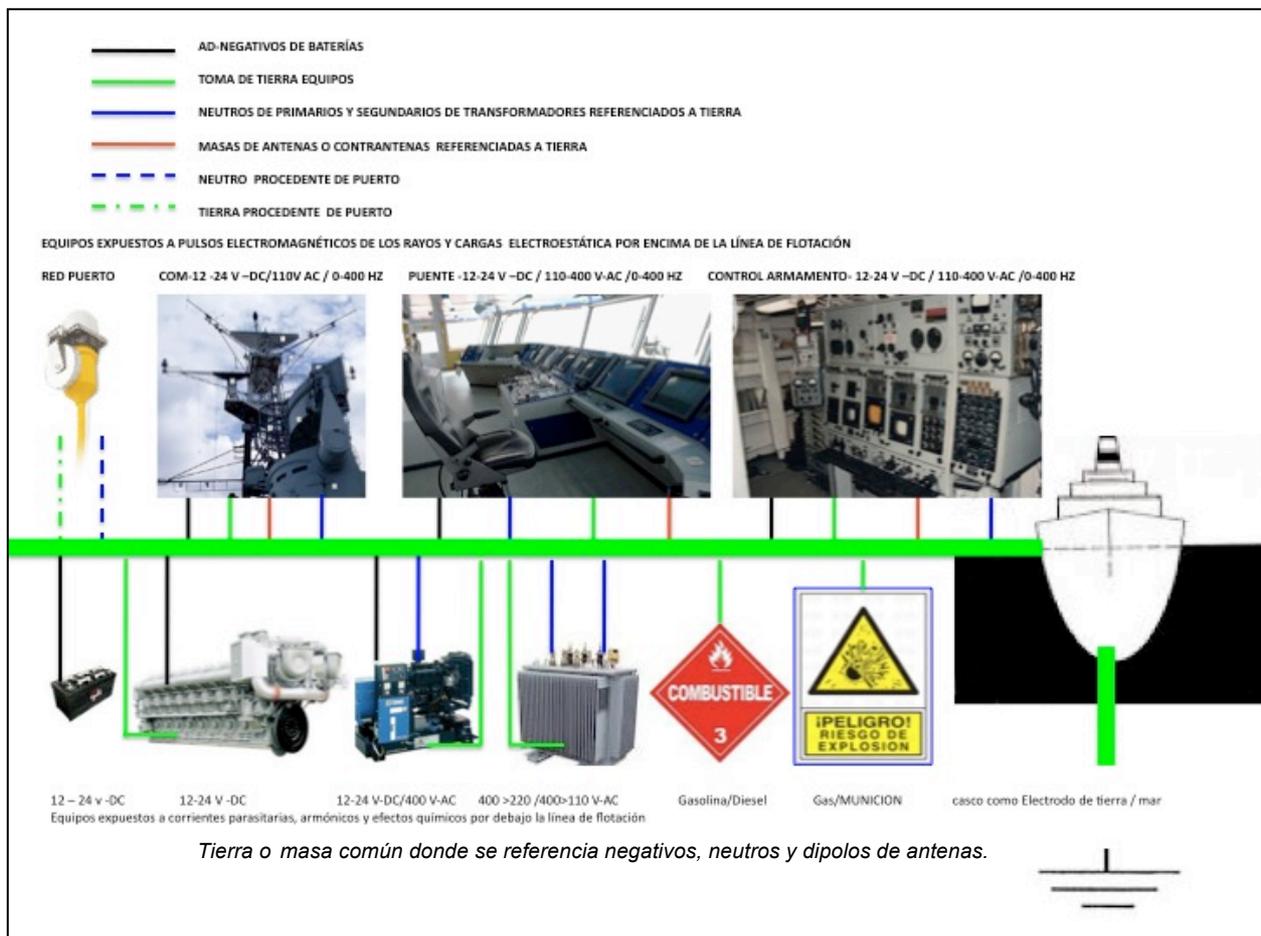
En función de la envergadura de la estructura, se genera la producción de diferentes tipos de energía eléctrica para el consumo, gestión y explotación de la misma.

Podemos encontrarnos tensiones de muy baja tensión de 12V, alta tensión en corrientes alternas pasando por la media y baja tensión, de diferente polaridad y diferente frecuencias como pueden ser la cocina eléctrica, la nevera, el aire acondicionado, el radar etc. Cuando conviven más de 2 tensiones diferentes en una estructura y comparten entre ellas el mismo plano de tierra, neutro, masa o negativo de instalación eléctrica, el problema se agrava si no está correctamente gestionada su distribución, ya que puede ser causa de otros fenómenos eléctricos residuales parasitarios con períodos y efectos intermitentes según su origen.

Los efectos de acoplamiento magnético y diferencia de potencial variable en los cables y estructuras, son generadores de la Aparición de otros problemas como es la resonancia.

La resonancia aparece en cables o partes de metal que forman la propia estructura, como es el cobre, aluminio, bronce, acero inoxidable y otros, creando efectos indeseables como son el recalentamiento de los conductores, el sobre-consumo inusual, los ruidos en las instalaciones y las averías de electrónica sensible.

La resonancia incontrolada crea ruido en los equipos electrónicos, excitando el circuito a resonar en función del origen y de la frecuencia generada. Éste fenómeno redundante en algunos casos, llega a acoplarse con ella misma, arrancando procesos dormidos o aumentando los procesos básicos de la circulación de las corrientes electroquímicas. Estos efectos son irreversibles si están todos indiscriminadamente referenciados al mismo plano de masa, negativo o neutro.



Estos fenómenos electro-químicos atacan a los metales en función de la intensidad de la corriente y polarización de los metales. Los efectos son atenuados o amplificados en función de la resonancia del circuito y de su frecuencia, de tal manera que los metales pueden transformarse, en Ánodos, Cátodos o viceversa.

La intensidad de las reacciones químicas que se reflejarán podrá ser leve, moderada o muy grave y sus efectos podrán ser la visualización de puntos de corrosión, zonas de corrosión amplias o, por último, la pérdida de material.

En función de la gravedad de los primeros síntomas de los efectos de corrosión, se pueden tomar medidas correctivas o contramedidas, pero una vez que electrónicamente la corriente ha encontrado un camino a su paso, el proceso es irreversible y difícil de solucionar aunque se cambie el material por uno nuevo, ya que entro en fases de retro-alimentación.

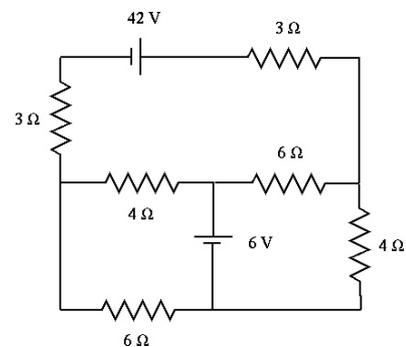
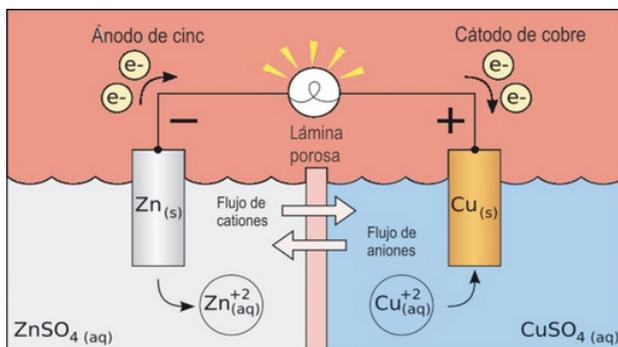


El material se sacrifica en función de su composición y polarización llegando a ser irreversible.

### Retroalimentación de los fenómenos, químicos y electroquímicos.

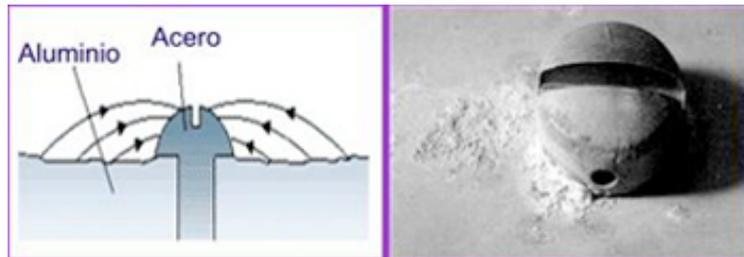
La retro-alimentación es la suma de los dos fenómenos anteriores que crean un bucle en un circuito electrónico cerrado.

El fenómeno se alimenta de diferentes metales y de uno o varios aceleradores electrolíticos y químicos. Las reacciones crean una diferencia de potencial entre ellos y durante el proceso de intercambio, se crea la pérdida de material entre los metales. A su vez, ésta genera la aparición de corrientes y diferencia de potencial, dando como resultado una retroalimentación.



## EL PAR GALVANICO

Cuando los diferentes tipos de metales, están unidos mecánicamente o eléctricamente por cables y se encuentran afectados o bañados por un electrolítico, como pueden ser las sales marinas y la humedad del ambiente, estos se convierten en generadores de corrientes galvánicas como el efecto PILA. A esta situación de los metales, se le denomina también “ PAR GALVANICO”.



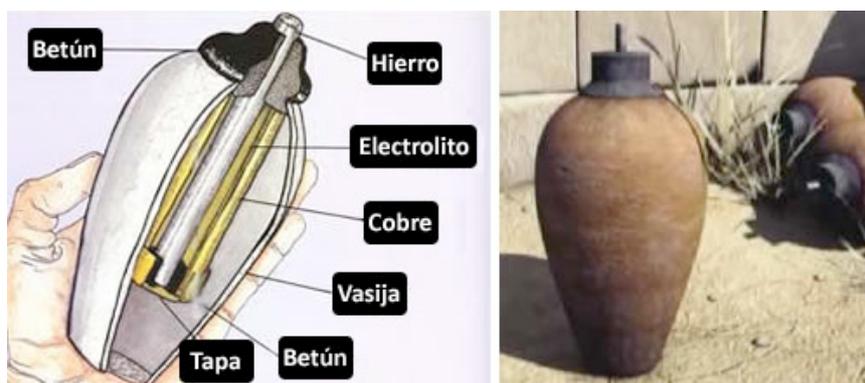
Par Galvanico.

Los metales, se clasifican dentro de la tabla periódica según su peso atómico, que le convierte también, en una jerarquía de resistencia mecánica de mayor a menor valor , desde el más débil como es el zinc al más resistente como es el oro. De mayor a menor serian : el platino, oro, grafito, titanio, plata, níquel, bronce, latón, cobre, estaño, plomo, acero inoxidable, hierro de fundición, acero galvanizado, aleaciones de aluminio, zinc, magnesio y aleaciones de magnesio.

Tabla Periódica de los Elementos																			
Wikipedia <input type="checkbox"/> Propiedades <input type="checkbox"/> Orbitales <input type="checkbox"/> Isótopos <input type="checkbox"/> Weight <input checked="" type="checkbox"/> Nombres <input type="checkbox"/> Electrones <input type="checkbox"/> Ancho																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1 H 1.00794	2 He 4.002602	[C] Sólido														10 Ne 20.1797			
3 Li 6.941	4 Be 9.012182	[Hg] Líquido														11 Na 22.989768			
5 B 10.811	6 C 12.0107	7 N 14.0064	8 O 15.9994	9 F 18.998403	10 Ne 20.1797	[H] Gaseoso													
11 Na 22.989768	12 Mg 24.3050	[Rf] Desconocido														13 Al 26.981538			
19 K 39.0983	20 Ca 40.078	21 Sc 44.955912	22 Ti 47.867	23 V 50.9415	24 Cr 51.9961	25 Mn 54.938044	26 Fe 55.845	27 Co 58.933194	28 Ni 58.6934	29 Cu 63.546	30 Zn 65.38	31 Ga 69.723	32 Ge 72.64	33 As 74.92160	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.798		
37 Rb 85.4678	38 Sr 87.62	39 Y 88.90585	40 Zr 91.224	41 Nb 92.90638	42 Mo 95.96	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.9055	46 Pd 106.42	47 Ag 107.8682	48 Cd 112.411	49 In 114.818	50 Sn 118.710	51 Sb 121.760	52 Te 127.60	53 I 126.9044	54 Xe 131.293		
55 Cs 132.9054	56 Ba 137.327	57-71	72 Hf 178.49	73 Ta 180.9478	74 W 183.84	75 Re 186.207	76 Os 190.23	77 Ir 192.217	78 Pt 195.084	79 Au 196.9665	80 Hg 200.59	81 Tl 204.3833	82 Pb 207.2	83 Bi 208.9804	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)		
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89-103	104 Rf (261)	105 Db (268)	106 Sg (271)	107 Bh (272)	108 Hs (270)	109 Mt (276)	110 Ds (281)	111 Rg (280)	112 Cn (285)	113 Uut (284)	114 Uuq (289)	115 Uup (288)	116 Uuh (293)	117 Uus (294)	118 Uuo (294)		
Las masas atómicas entre parentesis se corresponden con las de aquellos isótopos que son más estables o más abundantes.																			
Tabla Periódica Diseño e Interface de Copyright © 1997 Michael Dayah. <a href="http://www.ptable.com/">http://www.ptable.com/</a> Last updated December 12, 2009																			
57 La 138.9054	58 Ce 140.116	59 Pr 140.9078	60 Nd 144.242	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.964	64 Gd 157.25	65 Tb 158.9253	66 Dy 162.500	67 Ho 164.9303	68 Er 167.259	69 Tm 168.9342	70 Yb 173.054	71 Lu 174.9668					
89 Ac (227)	90 Th 232.0380	91 Pa 231.0358	92 U 238.0289	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)					

Este principio electroquímico de corrientes galvánicas o efecto “PILA”, ya se aplicaba 400 años a.C. con un artilugio llamado “pila de Bagdad”. Su principio de funcionamiento, es tan tecnológico para su tiempo, como básico, ya que transformaba las reacciones químicas, en corriente eléctrica.

Se utilizaban dos tipos de metales (hierro y cobre) en un medio electrolítico (orín) para crear unas corrientes galvánicas a partir de las reacciones químicas. Los metales separados por un tapon de corcho hacían las funciones de electrodos, se convertían en un cátodo y un ánodo al bañarse en orín dentro de una vasija de cerámica aislante. La reacción de los dos metales a causa del dieléctrico ácido, generaba la aparición de una pequeña tensión en los dos electrodos que sobresalían del corcho por la parte superior de la vasija, durante estas reacciones, el metal mas noble, se descomponía con el tiempo y cuando se liberaba el ácido y se encontraba libre al aire, empezaban a oxidarse .



*Pila de Bagdad 400 años aC*

*En la actualidad, se modernizó el principio de la pila de Bagdad y se unió a las tecnologías con nuevas pilas que utilizan como dieléctrico el limón o una patata para crear corriente galvánica.*



*Pilas galvánicas con dieléctricos naturales*

### **Detección de reacciones químicas**

**Inicio del proceso de corrosión :** Los efectos químicos pueden reaccionar y esconderse debajo de las pinturas, en los rincones húmedos bajo la pintura, cerca de soldaduras, alrededor de los remaches o tornillos y representarse en forma de manchas marrones y costras donde conviven como mínimo dos tipos de metales. Las zonas más vulnerables son las que están expuestas a cambios térmicos y bañadas por agua de mar en ciclos intermitentes. Lo más fácil para detectarlos es pinchar las zonas con un punzón y si no se clava, tapar después la zona pinchada para que no entre ni el aire ni el agua. Como medio preventivo, se recomienda en las posibles zonas de riesgo, pintar los metales o terminales con resina o barniz exterior.



Falla por corrosión de un bulón en un puente.

**Activación de las reacciones:** Si no tomamos medidas preventivas al detectar el inicio del proceso, las reacciones químicas y electrónicas se reactivan y se representan en zonas más vulnerables, donde aparece la afloración de la oxidación con pérdida de las primeras capas superficiales del material. Las zonas más expuestas son el límite entre la parte de obra viva y obra muerta en un Buque. Un sintoma que puede ser motivo de revisar los puntos críticos de corrosión si no la vemos, es que los electrodos de sacrificio en los buques no pierden material, es decir que no hacen su trabajo de sacrificio.



**Proceso irreversible:** Con el tiempo, los efectos químicos, electrónicos y eléctricos buscan el camino de menor resistencia por donde crearán su propio circuito, transformando el metal en un conductor electroquímico perfecto. **Los materiales expuestos a estos efectos.**

Son todos aquellos que de una u otra manera estén expuestos a la circulación de corrientes, sea por medio del agua salada, ambiente muy húmedo, conectados entre metales o por medio de cables eléctricos. Los menos afectados son aquellos que no estén referenciados a tierra, pero estos son elementos que se cargarán electrostáticamente y generarán descargas a las personas que los toquen con la presencia de vientos secos del Sahara y navegando, siendo elementos peligrosos en caso de tormentas ya que son precursores de la excitación del rayo positivo.



### **Detección de síntomas de diferencia de potencial en la instalación eléctrica.**

En algunas estructura, las instalaciones eléctricas y electrónicas conviven en ocasiones con diferentes valores de tensiones cada una, como puede ser la muy baja tensión, baja tensión, media tensión, y en algunos casos alta tensión. Todas ellas comparten el plano de tierra incluso con equipos de telecomunicaciones, con un amplio rango de frecuencias.



Las diferentes tensiones de la corriente continua y alternas, comparten como hemos dicho anteriormente el mismo plano de tierra como referencia cero, pero también comparten el equipotencial de MASA COMÚN y NEGATIVO de baterías en el caso de motores. Según el momento de esfuerzo de la carga de trabajo a nivel de consumo eectrico, la producción de energía instantánea puede ocasionar desplazamiento del punto de gravedad del neutro referente al transformador y crear la aparición de indeseables armónicos o diferencias de potencial en las propias fases de corriente. Esto puede repercutir con efectos peligrosos de nivel leve o grave en la propia red de tierra, que repercutirían con averías de los equipos electrónicos sensibles e incluso con ruido en los equipos de radio.

Una manera simple y básica para verificar que podríamos tener estos efectos antes de pedir mas asesoramiento técnico, seria el verificar con un medidor de corriente los siguientes valores:

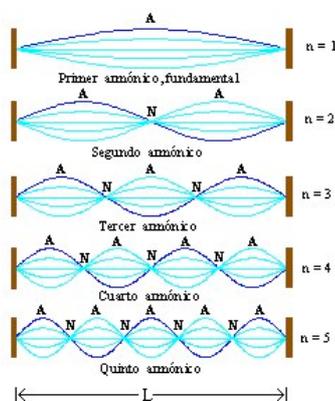
Medir con el voltímetro en la posición de “ Corriente continua “(DC).

1. Con tensión en la instalación:
  - a. Verificar que entre la toma de tierra de la instalación eléctrica y el neutro, el valor de registro es ( CERO ).
  - b. Verificar que entre las fases y el tierra, el valor de registro es (CERO).
  - c. Verificar que entre el neutro y negativo de batería el valor de registro es (CERO).
2. Sin tensión en la instalación: Con el voltímetro en “ Resistencia”.
  - a. Verificar que entre el neutro y el negativo de baterías el valor de registro de la resistencia es (CERO).
  - b. Verificar que entre el negativo de batería y las masas el valor de registro es (CERO).

**En función de los valores de neutro a tierra o equipotencial de masas, los problemas que pueden aparecer serán en función de su nivel:**

**Leves:** Averías de autómatas, ruidos en las instalaciones de radio y tv, recalentamiento de los cables de neutros de la red, vibraciones en los transformadores o recalentamiento en el alternador del grupo electrógeno como referencias genéricas.

**Graves:** Avería de electrónica de potencia, perforación bobinas de transformadores, pérdida de información en las señales de GPS y GPRS o pérdida del control autómatas como casos más comunes.



### La detección de los efectos en radio y comunicaciones.

Estos efectos se pueden detectar con el altavoz de una radio en la frecuencia de AM, si existe ruido de fondo a causa de la instalación, en el altavoz escucharemos un ruido a sobrito.

Si el ruido es importante, es mejor revisar la instalación por un profesional. Su procedencia suele ser mayormente por acoplamiento electromagnético inducido o radiado y generalmente por falta de una correcta toma de tierra.

En un buque, las instalaciones de potencia y electrónica conviven sin rigor. No suelen tener una toma de tierra individual o efectiva por su imposibilidad técnica.

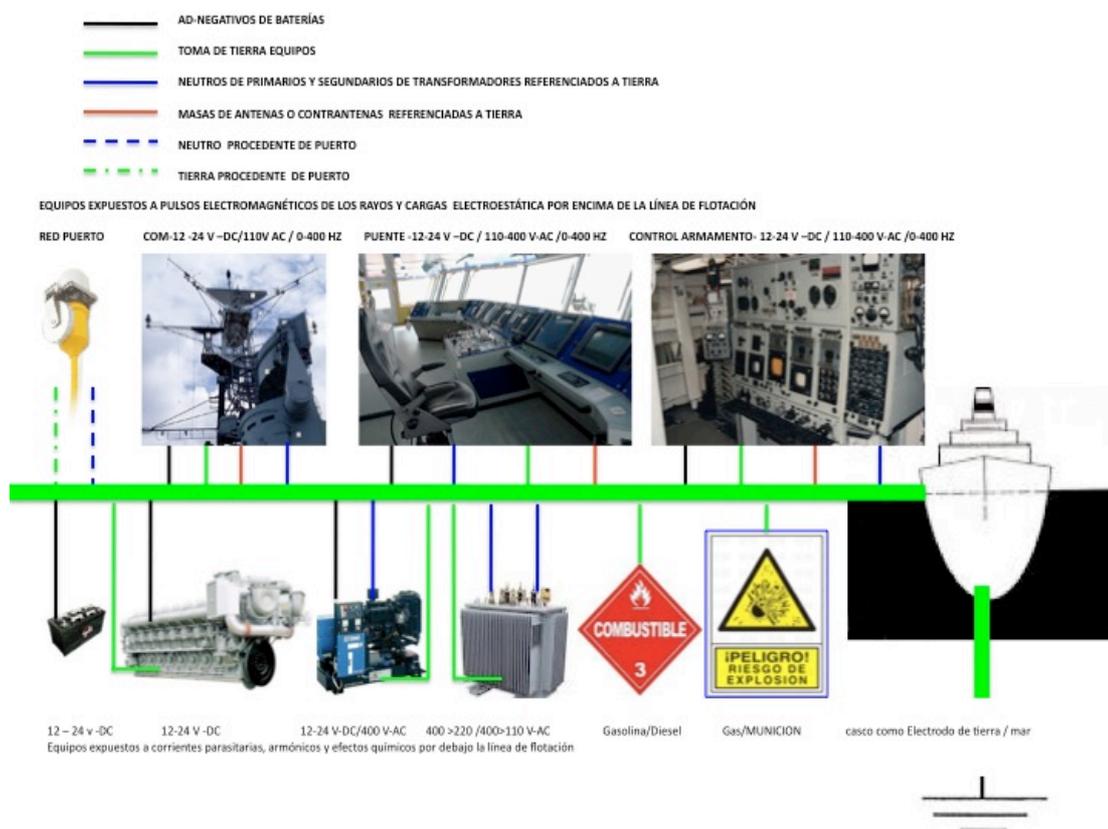
Cuando se pone en marcha toda la maquinaria dentro del buque, las capacitancias, inductancias y armónicos generados, suelen ponerse en resonancia, creando la aparición de muchos ruidos parasitarios que no se pueden atenuar correctamente a no ser que se analicen su origen y se tomen medidas correctivas.

Este fenómeno está causado precisamente por la indiscriminada utilización de una amplia gama de frecuencias referenciadas todas al mismo plano de masa o tierra como la que comparten los electrodomésticos, los equipos de radio, los osciladores de frecuencia, el radar, la radio, la baliza, etc. Los equipos de radio son los más sensibles ya que comparten ese plano de tierra común, junto con todas las referencias de tierras de los equipos de producción y distribución de energía en baja y media tensión.

### PROBLEMAS DE CORROSION A CAUSA DE LA TOMA DE TIERRA

El casco de hierro de un barco, se utiliza como plano de masa, colocando electrodos de sacrificio como electrodos de tierra. El esquema siguiente, sería una configuración eléctrica de la toma de tierras mas común y menos recomendada.

Simplifico el esquema, para ver el CAOS y orgia que define todos los capítulos anteriores, y no es la mas eficiente para reducir los fenómenos electrotécnicos, químicos, magnéticos, diferencia de potencial y otros relacionados. Esta configuración, es mas propensa para crear averías y activar los efectos electro-químicos de la corrosión.

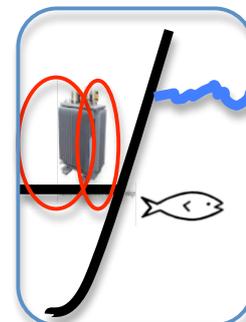


Como se puede apreciar, todos los equipos se unen entre ellos por medio de un cable de tierra, sin discriminar ni el tipo de material del equipo, ni la tensión con la cual trabaja, ni si es electrónica sensible o tensión de potencia. Los síntomas más acusados que podemos detectar en esta configuración, son los ruidos eléctricos en radio, diferencia de potencial entre negativo de batería y neutro del generador del grupo electrógeno, recalentamiento del neutro, circulación de corriente por el cable de tierra, recalentamiento de las baterías, ronroneo de los transformadores separadores y transformador elevador de tensión, retroalimentación intermitente de tubos fluorescentes

estando apagados, tensiones altas en las baterías y entre otros un olor fuerte a ácido de batería.

### Detección de problemas de corrosión a causa de los transformadores.

Los transformadores de baja, media y gran potencia, no siempre pueden estar instalados correctamente, para minimizar los efectos de compatibilidad electromagnética indeseables. Todos los transformadores, generan campos magnéticos en menor o mayor medida y es por ello importante, alejar de esos campos magnéticos cualquier cable eléctrico y equipo electrónico sensible. Un transformador colocado cerca de un casco metálico, pueden sufrir recalentamiento y descompensación de fases a causa de su propio campo magnético, distorsionado por el casco metálico. Si el campo magnético toca una pared metálica, éste campo magnético se debilita y crea el desplazamiento del centro de gravedad de los campos magnéticos del propio transformador, generando en este momento, el aumento de la temperatura, y la descompensación de las fases del secundario.



Los efectos, pueden llegar a reducir las tensiones de salida de las bobinas del secundario, en un 20 y 40 %. En casos extremos, puede aparecer diferencia de potencial entre el neutro y la fase, que se representará en la aparición de tensiones peligrosas entre neutro y tierra. Podemos detectar si padecemos este problema, midiendo el campo magnético que genera el transformador a pleno régimen y verificar la distancia de los mismo campos, desde el transformador, hasta que desaparece el campo magnético y verificar que dentro de esta influencia magnética no hay ninguna pared metálica, cable o equipo electrónico afectado. Otra medida a efectuar, es verificar si la tensión de salida del transformador en carga, es del mismo valor en las tres fases y cero en referencia al neutro. Otro síntoma importante, es verificar que el transformador no vibra ni se calienta más de un lado que de otro.

### Las reacciones químicas en puerto

Los problemas algunas veces aparecen solo cuando estamos conectados a la toma de corriente de puerto. Las estructuras de aluminio, cerca de estructuras de hierro, no suelen ser compatibles, en el caso de los cascos de barcos, se puede llegar a apreciar que en partes del casco de aluminio, aparecen burbujas de aire. Si aparece este fenómeno, todo lo antes descrito puede estar pasando, y agravarse, cuando el barco con casco de aluminio se conecta eléctricamente a la toma de corriente eléctrica del puerto.

Con esta configuración eléctrica

(burbujas/casco aluminio/conexión puerto), lo que está sucediendo, es que por medio del neutro y cable de tierra, se unen todas las instalaciones eléctricas e tierra y de masas metálicas (como farolas) por medio de la instalación del puerto y entre todos los barcos conectados a las tomas de puerto.

En esta situación, están apareciendo irreversiblemente importantes corrientes electrolíticas, que circulan por el aluminio para pasar por el agua salada al fondo marino. Para entenderlo, volveremos a



recordar la diferencia de potencial entre metales, creada por un par galvanico.

Es decir que en el caso anterior, las corrientes pasan de la instalación del buque con casco de hierro, por medio del cable de tierra de la instalación de puerto, al buque con casco de aluminio conectado al mismo puerto eléctricamente y el dieléctrico en este caso, es el agua salada. Con el tiempo, el casco de aluminio perderá tanta masa que aparecerán poros, llegando a la perforación de casco y una vía de agua entre otros efectos electrolíticos indeseables.

Es importante, inspeccionar de vez en cuando si en nuestra estructura puesta en el mar, aparecen burbujas de aire. Esto nos delata visualmente que hay un grave problema electro-químico, otro punto importante, es verificar si aparece oxidación del aluminio en el mástil ( la pintura del mástil se suelta y aparece un polvo blanco muy nocivo).

### **Los efectos se multiplican en navegación.**

Todo lo visto anteriormente, es sólo un resumen superficial de los efectos básicos que nos podemos encontrar gracias a una incorrecta instalación eléctrica o por un mal diseño previo a su construcción. Estos fenómenos se agravan, cuando salimos a navegar en función de la envergadura del buque, sus características de materiales de construcción, su velocidad y el tipos de vientos predominantes. Los problemas se acentuarán debido a la presencia de cargas electrostáticas, ocasionadas por la fricción del aire con diferentes materiales. Este fenómeno crea tensiones entre metales, a causa de la concentración de cargas que se concentran en los materiales eléctricamente flotantes, de diferente polaridad, y que no están referenciados a tierra. Su potencial de almacenamiento de carga puede generar diferencia de potencial y la aparición de pequeñas tensiones en cables de nuestros y tierra e incluso ponernos los pelos de punta.



Cuando la tensión de los materiales, es mayor que la resistencia de aislamiento del aire entre ellos o entre nosotros, se pueden generar pequeñas chispas entre los dos puntos afectados, de tal manera que a nosotros mismos nos puede generar descargas eléctrica si nos movemos por la cubierta durante la navegación. Este fenómeno, utiliza los metales, para derivar a tierra su potencial de carga, creando una corriente de fuga, realimentando los procesos electro-químicos antes descritos. En navegación es importante tener todos los metales en cubierta referenciados al mismo potencial de masa, para evitar descargas electrostáticas, sobre todo cuando se navega con vientos predominantes secos y tormentas eléctricas.

Equipotencial de masas, se puede verificar con un simple equipo de medida “ TESTER” o Voltímetro, en la función “ RESISTENCIA” un cable al negativo de batería, y el otro a cada metal que queremos referenciar a tierra o negativo. El valor de resistencia sera cero, y si aparecen valores de resistencia, eso quiere decir que el metal no esta correctamente conectado a tierra, en este caso podéis poner el medidor en “ VOLTIO CORRIENTE COTINUA” y verificar la tensión que aparece. Si quieres desaparecer la tensión, utiliza un cable en el mismo momento y lo referencias a otro metal puesto a tierra y veras que el valor será “ CERO “ .

Otros problemas que podéis evitar.

### **Averías o destrucción de equipos, por tormentas electromagnéticas a causa de las erupciones solares.**

Durante la navegación podemos perder literalmente el norte y físicamente perder la información del radar, las comunicaciones y el rumbo. Durante las tormentas solares, el sol inyecta variables masas de partículas al espacio llamado “ VIENTO SOLAR”, el viento solar, se esparce por el espacio y tarda entre 24 y 48 horas en llegar a nuestra atmósfera. Durante un período de 2 horas, nuestra atmosfera se enrarece y se electrifica de tal manera, que aparece la luminiscencia del aire en las zonas polares (Auroras). Este fenómeno causado por las tormentas solares, se representa en forma de lluvia de partículas cargadas de muy alta energía.

Foto 10. Actividad solar y electrica

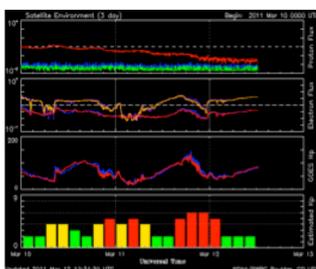


foto 11. Lluvia de electrones



foto 12 . electrificación del cielo en japon



Durante este corto tiempo de lluvia de partículas cargadas, aparece en la zona afectada, cargas electroestáticas que electrifican todo a su paso ionizando incluso el aire.

Nuestros equipos electrónicos, se pueden saturar electrostáticamente.

El motivo es que todos los equipos expuestos padecerán un efecto puramente eléctrico de sobretensión temporal, a causa de la diferencia de potencial con los elementos expuestos al aire libre. Durante minutos, pueden aparecer descargas eléctricas en forma de chispas, por saturación electrostática entre elementos de diferente potencial.

Una manera de verificar este fenómeno durante la noche, es coger un tubo fluorescente de 20 cm y de 12 v y exponerlo al aire o cerca de los metales de cubierta, si el fluorescente se ilumina, podemos reducir el fenómeno, bajando el ancla e introducirla al agua para tener mejor disipación de cargas, siempre y cuando el ancla tenga cadena de metal, si no, se recomienda tener un cable con pinza metálica, conectada por un lado a una masa referenciada a masa y por el otro conectada la pinza al ancla que después introduciremos en el agua. Durante el día, podemos verificar el mismo fenómeno con el medidor “tester” en medida de “VOLTIOS” en CONTINUA, cogiendo por la mano un cable y otro acercarlo a los metales, verificando que el valor de tensión aumenta en función de la distancia. (no tocar directamente el metal porque el TESTER se puede averiar). Las personas con marcapasos, no pueden efectuar estas verificaciones, y conviene que en estos casos, se envuelvan en una manta de aluminio de supervivencia para evitar que les afecte el campo electrostático.

Una alternativa de supervivencia para nuestros equipos de telecomunicaciones en estos casos y garantizar que no se averíen, es meterlos dentro del horno, o en una caja de metal referenciada a la tierra del barco.

### **Averías a causa de tormentas eléctricas y rayos.**

En el momento de la presencia de una tormenta eléctrica en el mar, aparece en superficie un campo eléctrico de alta tensión que ioniza todos los elementos al paso del frente de la tormenta. Si el buque se encuentra bajo este campo eléctrico de alta tensión, todos sus elementos más predominantes al aire y altura, se ionizarán. Este fenómeno llamado efecto o fuego de SAN TELMO se representa visualmente en chispas que salen de los materiales expuestos y a un peculiar ruido de “chisporroteo como al freír huevos” y un peculiar olor a OZONO (olor peculiar que aparece cerca de una impresora al imprimir hojas).

Durante este proceso, todos los equipos electrónicos pueden padecer sobretensiones peligrosas sin necesidad de la presencia de un rayo, las personas por ejemplo, se les puede poner los pelos de punta. En el caso de una antena, la presencia de la ionización, genera interferencias y ruidos que se pueden acoplar en las líneas de datos o señales de TV y radio, sobre todo en frecuencia AM. Durante la aparición de este fenómeno, por el cable de las antenas pueden aparecer corrientes superiores a los 15 Amperios, que pueden averiar los equipos.



Después del fenómeno de la ionización, puede aparecer O NO la descarga del rayo. Hay muchas variables que pueden reducir el riesgo de impacto de rayo, como son la velocidad de la nube, la trayectoria del barco, la intensidad de la tormenta, etc. Algunas opciones de contramedidas, frente a una tormenta eléctrica de rayos severa, es enfrentarnos a ella a la mayor velocidad si no podemos esquivarla. Indudablemente la mejor prevención es no salir a navegar en estas condiciones, pero hay ocasiones que no podemos evitar esa tormenta indeseable. Varios consejos, si la tormenta aun no a llegado y no estamos mojados, 1- Regar y mojar todo con agua dulce para eliminar las cargas estáticas y iones de sal, mojarnos incluso nosotros. 2 – verificar la velocidad del frente de la tormenta y ver de cruzarla lo más rápidamente posible sin poner en peligro la nave. 3- Poner a salvo una emisora portátil para que no se averíe en caso de impacto de rayo, la solución más rápida es envolverla con papel de plata y meterla dentro de una caja metálica. 4- apagar todo equipo de comunicaciones y radar después de dar vuestra posición y alerta, 5- tener a mano una linterna si es por la noche.

En función de la intensidad de la descarga del rayo en la embarcación, los efectos eléctricos pueden ser múltiples y afectar a los equipos de navegación y la electrónica del motor, llegando a producir riesgo de incendio y explosión.

Las reacciones eléctricas producidas por el rayo, pueden aparecer por acoplamiento o por diferencia de potencial entre elementos metálicos que no estén correctamente

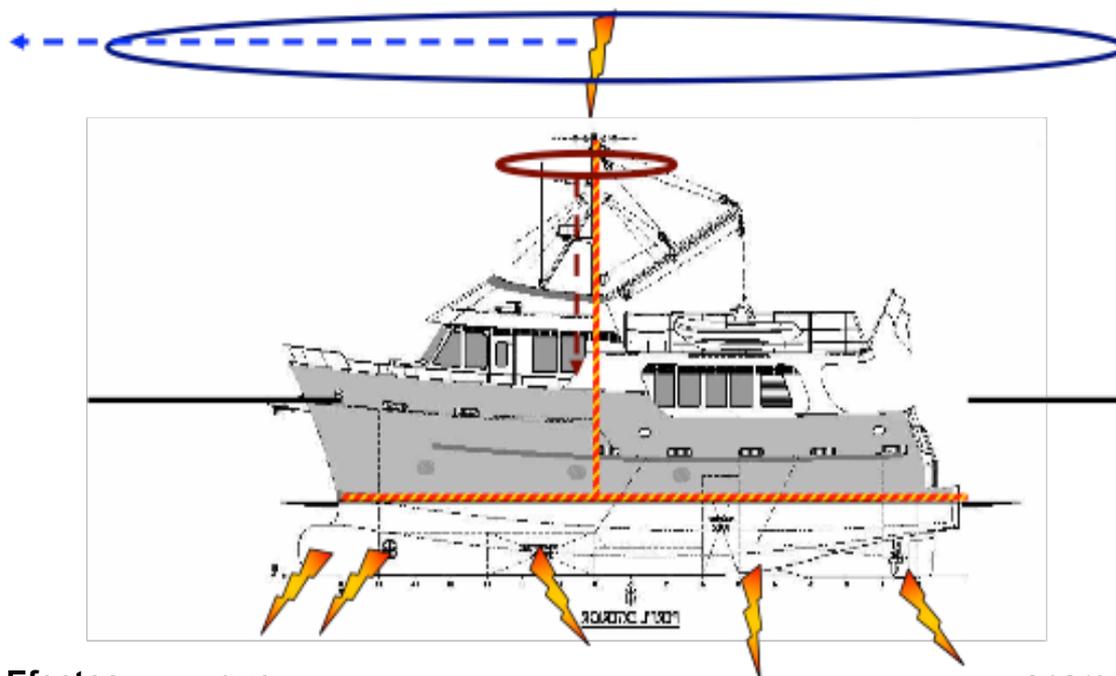
unidos al mismo cable de las masas, tierra y negativo .

Simulación de un impacto de rayo en un BUQUE.

Durante la descarga del rayo, pueden aparecer corrientes superiores a los 50.000 amperios. Estas corrientes utilizan todas las estructuras metálicas como conductor para circular por ellas y poder llegar a disiparse en el agua. Todos los elementos expuestos padecerán una circulación de electrones o ionización y un aumento de la temperatura durante la descarga del rayo (milisegundos). Durante este proceso, los metales pierden parte de su resistencia al verse afectada su estructura molecular, debido al espectro de frecuencia, tensión y campo magnético.

La tensión que aparecerá en la nave, será el resultado de aplicar la fórmula de la ley de Ohm:  $E = I \times R$ , Donde (I), será el impacto del rayo de 50.000 amperios en un pararrayos punta, o un punto cualquiera de la nave, como puede ser el mástil.

Donde (R) será la resistencia eléctrica en ohmios, entre el punto del impacto del rayo (elemento pararrayos o estructura), y el mar (electrodos de zinc o partes metálicas en contacto con el agua). Como valor medio de la resistencia eléctrica como es el mar, tomaremos un valor de 10 ohmios.



**Efectos que aparecerán:**

La corriente (I) que circulará por la estructura será de 50.000 amperios.  
 La tensión (E) por diferencia de potencial entre el punto de impacto y los electrodos de sacrificio será de 500.000 Voltios.

**Radiación generada en el aire a causa del pulso electromagnético creado por el chispazo del impacto del rayo sera:**  $W = (I^2) \times R$ ,  
 Siendo el pulso electromagnético radiado de: 25.000.000 Kw

## Repercusiones:

### POSIBLES EFECTOS QUE APARECERÁN A CAUSA DEL RAYO:

**Los riesgos que las personas pueden padecer directamente o indirectamente serán proporcionales al lugar e intensidad del impacto del rayo:**

- Electrocuación por choque eléctrico causado por contacto eléctrico con elementos metálicos.
- Quemaduras por choque eléctrico directo o por arco eléctrico indirecto.
- Traumatismos por caídas o golpes como consecuencia del agarrotamiento muscular del choque eléctrico leve o arco eléctrico.
- Muerte por incendios o explosiones originados por diferentes efectos eléctricos directos o indirectos.

**Los riesgos que pueden padecer las instalaciones directamente o indirectamente serán:**

- Averías destrucción parcial de equipos electrónicos por arco eléctrico entre masas metálicas.  
Destrucción total de equipos electrónicos por alta tensión en el suministro.
- Destrucción parcial de equipos electrónicos por campos magnéticos variables.
- Destrucción total de equipos eléctricos y electrónicos por radiación de alta frecuencia.
- Incendio o explosión en la nave por destrucción de equipos electrónicos.
- Incendio o explosión de la nave por chispas entre diferentes metales.

## RESUMEN DE LO EXPUESTO:

1. Las reacciones químicas y eléctricas en los metales en el mar son la causa principal de la pérdida de material que debilita las construcciones.
2. La pérdida de material en las estructuras reduce la resistencia de las mismas para las que fueron diseñadas.
3. La estructura de metal de un buque está diseñada y construida para soportar esfuerzos de resistencia mecánica y no como conductor eléctrico.
4. Un buque puede ser desde un bote con remos a una completa industria de guerra, y como tal, se tendría que diseñar cada instalación eléctrica en función del tipo de embarcación, aplicando el reglamento electrotécnico de baja tensión a nivel de seguridad eléctrica, considerando que cada instalación estará expuesta siempre a zonas húmedas e inundables.
5. Las instalaciones eléctricas dentro de zonas inundables y húmedas están expuestas a tener fugas de corrientes importantes y, en este sentido, deberían utilizarse sistemas de prevención y protección eléctrica adecuada para cada tipo de corriente y, en cada caso, garantizar la seguridad a los tripulantes y equipos electrónicos.
6. El reglamento electrotécnico de baja tensión delimita las instalaciones de producción y distribución en tierra y según su clase se define el tipo de conexionado a tierra para proteger los equipos y personas. En este sentido, las tomas eléctricas de puerto no cumplen con las exigencias del REBT a nivel de protección y tomas de tierra, poniendo en riesgo a las personas que utilizan este tipo de instalaciones cuando manipulan la conexión eléctrica con los pies mojados y desnudos.
7. Las tomas de corriente de puerto no marcan los protocolos de seguridad eléctrica a seguir cuando llueve, ya que no existe un sistema de desconexión de tensión antes de conectar el cable y esta operación de conexión y desconexión se efectúa siempre con tensión.
8. En un buque no se contempla adecuadamente la toma de tierra como equipo eléctrico, sólo electrodos de sacrificio para la protección galvánica.
9. Los problemas de tomas de tierra en un buque crean la aparición de armónicos, tensiones peligrosas y ruidos dentro de la propia instalación, los cuales aceleran los procesos de corrosión y crean averías en equipos electrónicos.
10. Los rayos son el mayor peligro en un buque, dado que cuando aparecen, generan campos electromagnéticos que ponen en peligro los equipos electrónicos y la seguridad de las personas y telecomunicaciones.

Para saber mas: <https://www.pararrayos-pdce.com/tipos-de-auditorias/>

