

~~523~~ 521  
Copia

GOBENA
BIBLIOTECA
459 / 1975

5º CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL Y  
TRANSPORTES MARITIMOS

TEMA Nº 4

TITULO: PROTECCION CATODICA TEMPORARIA DE BUCES  
DURANTE EL PERIODO DE CONSTRUCCION EN AGUA  
DE RIO DULCE.-

AUTOR: Ingeniero Electricista JUAN CARLOS PEDERSOLI

Pi. 140

PROTECCION CATODICA TEMPORARIA DE BUQUES DURANTE EL PERIODO DE CONSTRUCCION EN AGUAS DE RIO.

En el año 1824 comenzaron los primeros estudios de corrosión de los revestimientos que se utilizaban en cascos de buques Ingleses, y todavía en la actualidad se sigue investigando en muchos países Europeos, Americanos y también en nuestro país, todo lo inherente a Corrosión.

La protección catódica es un método para controlar la corrosión de cascos, y consiste en suprimir las pequeñas corrientes galvánicas que se producen debido a que el metal en contacto con agua, en este caso de río, posee zonas que reaccionan electroquímicamente y se las llama puntos anódicos, y zonas que no reaccionan electroquímicamente denominadas puntos catódicos. En la figura 1 se aprecia el sentido de las pequeñas corrientes eléctricas a través del electrolito (agua de río) y del metal.

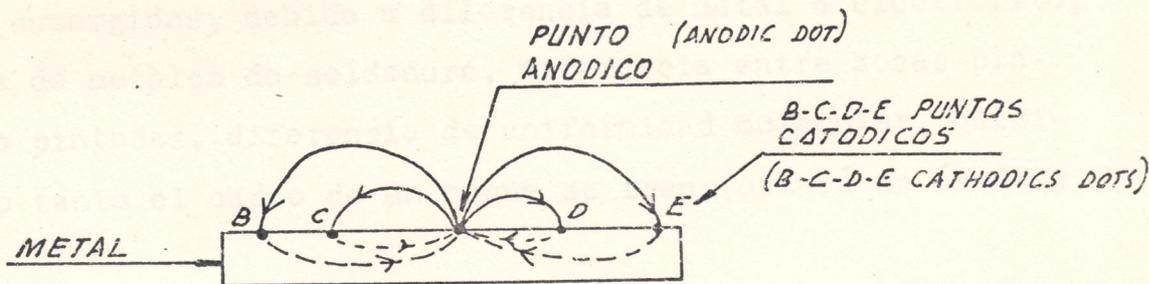


Figura 1

Eléctricamente podemos realizar el circuito equivalente de la figura 1 y apreciarlo en la figura 2.

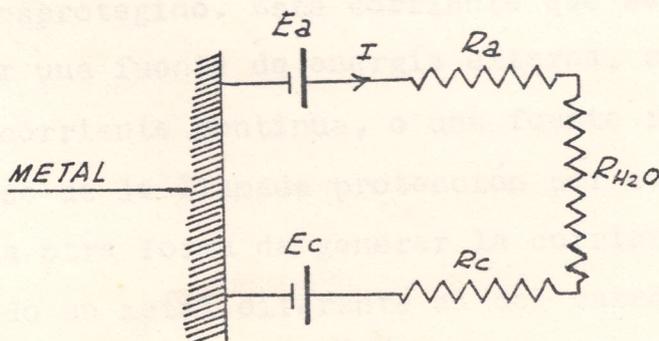
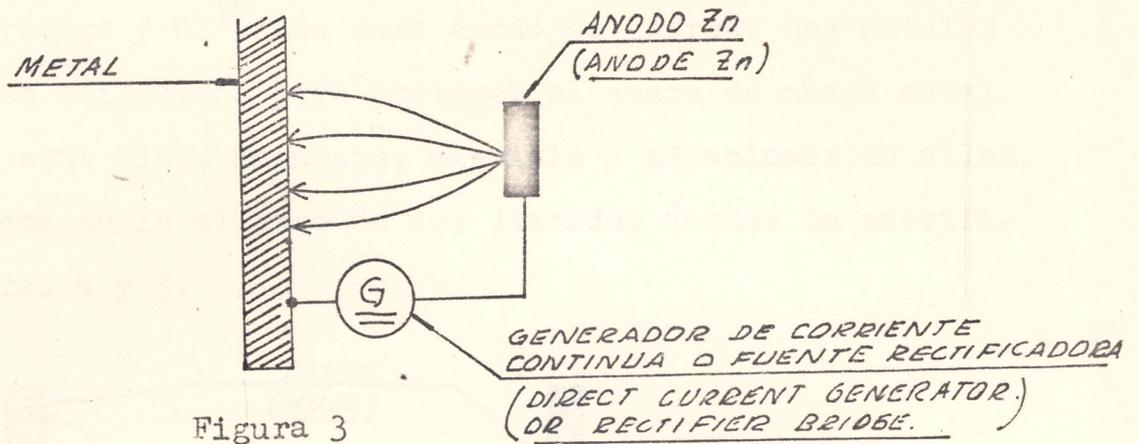


Figura 2



$E_a$  y  $E_c$  los potenciales anódico y catódico a circuito abierto;  $R_a$  y  $R_c$ , las resistencias anódica y catódica y  $R_{H_2O}$ , la resistencia del agua. La pequeña corriente de corrosión  $I$  será:

$$I = \frac{E_a - E_c}{R_a + R_c + R_{H_2O}}$$

Esto ocurrirá siempre que un metal se sumerja en un electrolito, ya que tiene variaciones de potencial en la totalidad de las superficies sumergidas, debido a diferencia de metal o electrolito, diferencia de metales de soldadura, diferencia entre zonas pintadas y no pintadas, diferencia de uniformidad molecular, química. Por lo tanto el casco de un buque se transformará en ánodo y cátodo.

Para suprimir la corrosión es necesario anular la corriente  $I$  en forma total. Una de las formas es la de generar una corriente eléctrica, de una magnitud suficiente, como para equilibrar la corriente producida por la pila que se forma por la corrosión del metal desprotegido. Esta corriente que se genera puede ser provista por una fuente de energía externa, como puede ser un generador de corriente continua, o una fuente rectificadora, este sería el caso de la llamada protección por corriente impresa, figura 3. La otra forma de generar la corriente de protección sería colocando un metal diferente al del casco, que en contacto con el agua forma una pila galvánica. El metal que actúa como cá-

todo se protege y el <sup>que</sup> actúa como ánodo se corroe. Los metales más comunes utilizados para proteger el acero de chapa naval en el mar son: cinc, magnesio, aluminio y aleaciones de ellos. Este sistema sería el caso de los llamados ánodos de sacrificio, figuras 4 y 5.

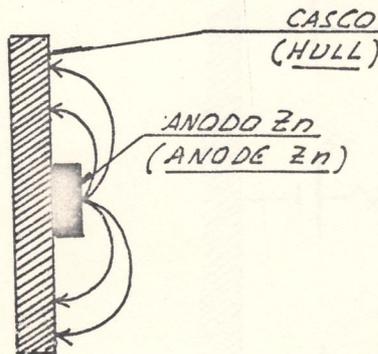


Figura 4

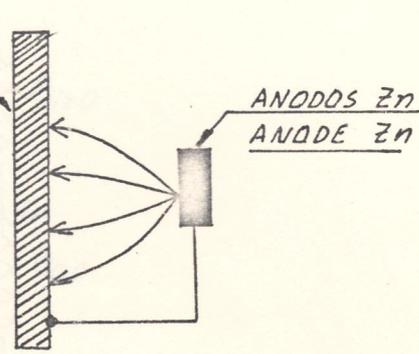


Figura 5

El circuito eléctrico equivalente de las figuras 3, 4 y 5, será el indicado en la figura 6.

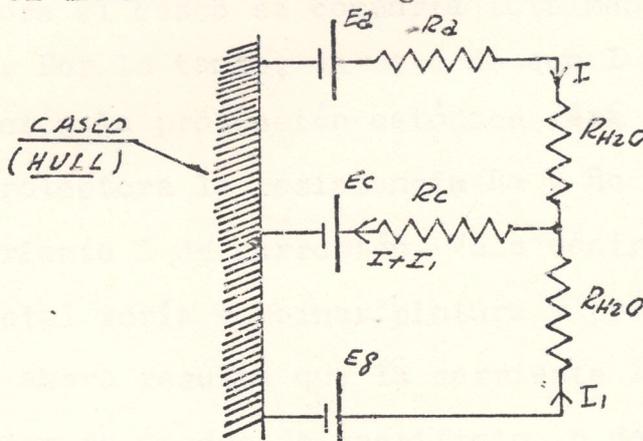


Figura 6

Donde  $E_g$  es el potencial de generación o potencial propio del metal tomado de la serie de fuerzas electromotrices de los metales en agua de río, y con respecto a un electrodo de referencia conocido, como por ejemplo el cobre-sulfato de cobre.

Según la Ley de Kirchhoff se cumple que:

$$E_a = I R_a + I R_{H_2O} + E_c + (I + I_1) R_c$$

$$E_g = I_1 R_{H_2O} + (I_1 + I) R_c + E_c$$

Para que exista protección completa  $I$  debe ser igual a cero, si eso ocurre:

$$I=0$$

$$E_a = E_c + I_1 R_c$$

$$E_g = E_c + I_1 (R_c + R_{H_2O})$$

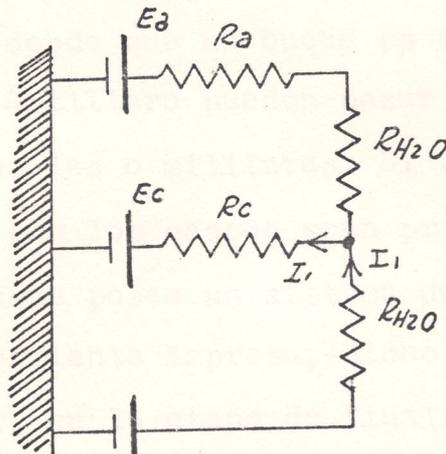


Figura 7

Quiere decir que de la fuente  $E_a$  la corriente  $I$  ha sido anulada.

Ahora el casco se comporta totalmente como cátodo y está protegido. Por lo tanto, en caso de que  $I$  circule en una pequeña proporción la protección catódica será parcial. Al aplicar pintura protectora la resistencia  $R_a$  y  $R_c$  aumenta, disminuyendo la corriente  $I$  de corrosión. Vale decir que el mejor resultado para un metal sería combinar pintura y protección catódica.

Si ahora resulta que la corriente  $I$  es elevada, debido al uso excesivo de ánodos de sacrificio, o de un potencial elevado de la fuente rectificadora o generadora, resulta que se genera hidrógeno y alcalinidad excesiva, pudiendo causar grandes daños ya sea ablandando la pintura o ampollándola. Por lo tanto es muy importante que se logre una corriente de protección adecuada.

Todo esto indica que el fenómeno de corrosión en buques es necesario tenerlo muy en cuenta, no solamente desde que el buque comienza a navegar por cuenta del armador una vez entre-

gado por el Astillero constructor, sino también desde el momento en que el buque es botado hasta la entrega del mismo. Es decir, que el Astillero se asegure que la chapa del casco esté en perfectas condiciones y no que se encuentre con sorpresas cuando entra por primera vez a dique seco o flotante. Es necesario tener en cuenta que desde que un buque es botado, hasta la entrega por parte del Astillero pueden pasar años, en caso de construcciones especiales o militares. Si además está en agua salada es necesario que los cascos sean protegidos temporariamente, pues si el buque posee un sistema de protección catódica permanente por corriente impresa, dicho sistema será ajustado en pruebas de mar, en la etapa de finalización de la construcción. Durante todo este período estará sin protección, por lo tanto es necesario protegerlo. Si dicha construcción posee ánodos permanentemente acoplados al casco, éstos pueden actuar durante el período de alistamiento y además durante su operación normal después de la entrega, Es decir que para este último caso no se justifica adicionar ninguna protección temporaria.

Quando el buque se construye en Astilleros que están rodeados por agua dulce y/o aguas contaminadas, como en el caso del Astillero Río Santiago, y además es una construcción que utiliza protección catódica permanente por corriente impresa, se cumple lo expuesto en el párrafo anterior. Si ahora el buque está protegido por ánodos acoplados al casco, dichos ánodos es muy probable que no puedan actuar durante el período de alistamiento ya que estos están seleccionados para actuar en agua de mar y no en agua de río. Por lo tanto en estos casos es conveniente realizar protección catódica temporaria.

En el Astillero Río Santiago, de la Ciudad de Ensenada,

se han realizado investigaciones para poder determinar el tiempo que un buque puede estar amarrado en el muelle sin que sufra los efectos de la corrosión. Esto se basó en las experiencias realizadas en los modelos R y J botados en Enero de 1975. En dicha experiencia se utilizaron dos modelos de las dimensiones y formas indicadas en la figura 8.

El modelo R está protegido catódicamente con ánodos de cinc y el J sin protección. Ambos modelos están separados en el agua aproximadamente 15 metros para evitar protección al modelo J y están amarrados con cuerda de nylon para evitar protección al muelle o al amarre de acero, y anclados cada uno con un muerto de 65 kilos evitando con ello el movimiento brusco de los mismos.

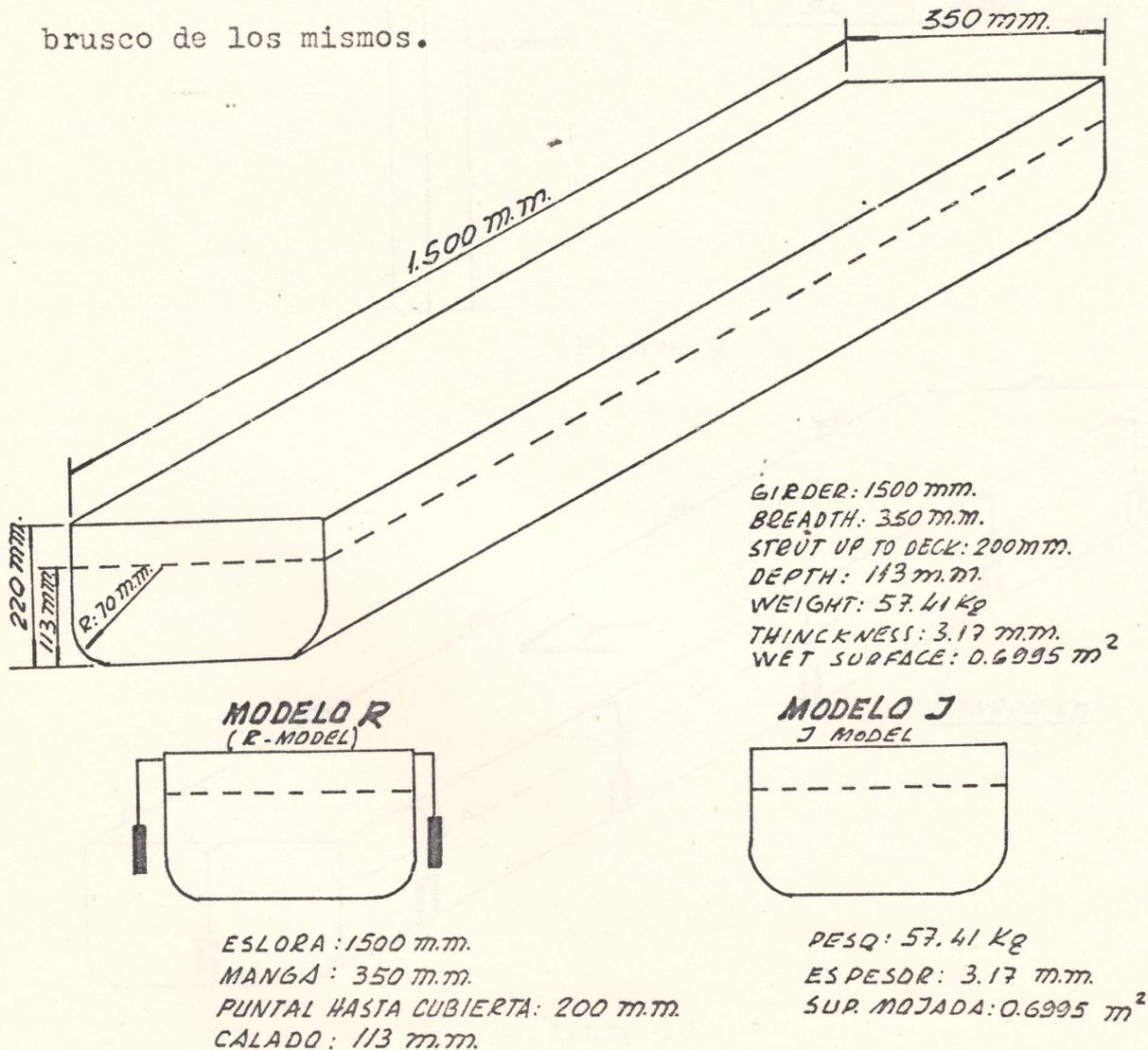
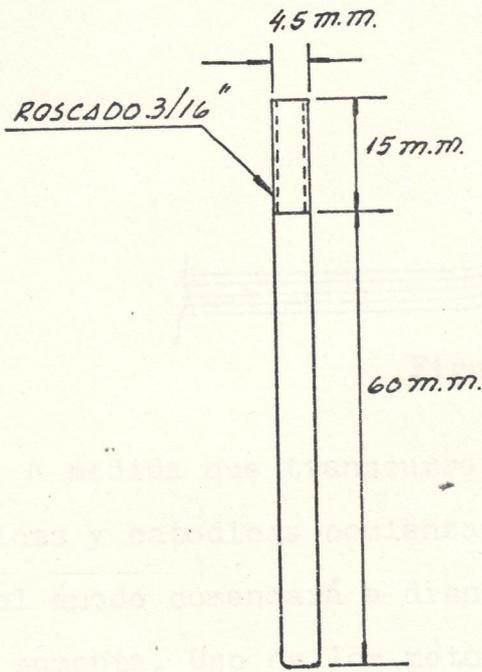


Figura 8

En el modelo R se utilizaron ánodos de cinc de dimensiones, componentes de materiales y forma como se indica en la figura 9 y distribuidos de acuerdo con la figura 10. La cantidad de ánodos se calcularon en base a la superficie mojada y se determinó que se necesitaban 24 ánodos de  $0,0011 \text{ m}^2$  cada uno, dispuestos de a dos y unidos con un conductor de cobre de  $1,5 \text{ mm}^2$  de sección al modelo R.



COMPONENTES DEL ANODO

ELEMENTO	PORCENTAJE
Zn.	99.9
Fe.	0.0008
Cu.	NO CONTIENE
Cd.	0.0003
Pb.	0.0031
Al.	NO CONTIENE
Si.	0.01

Figura 9

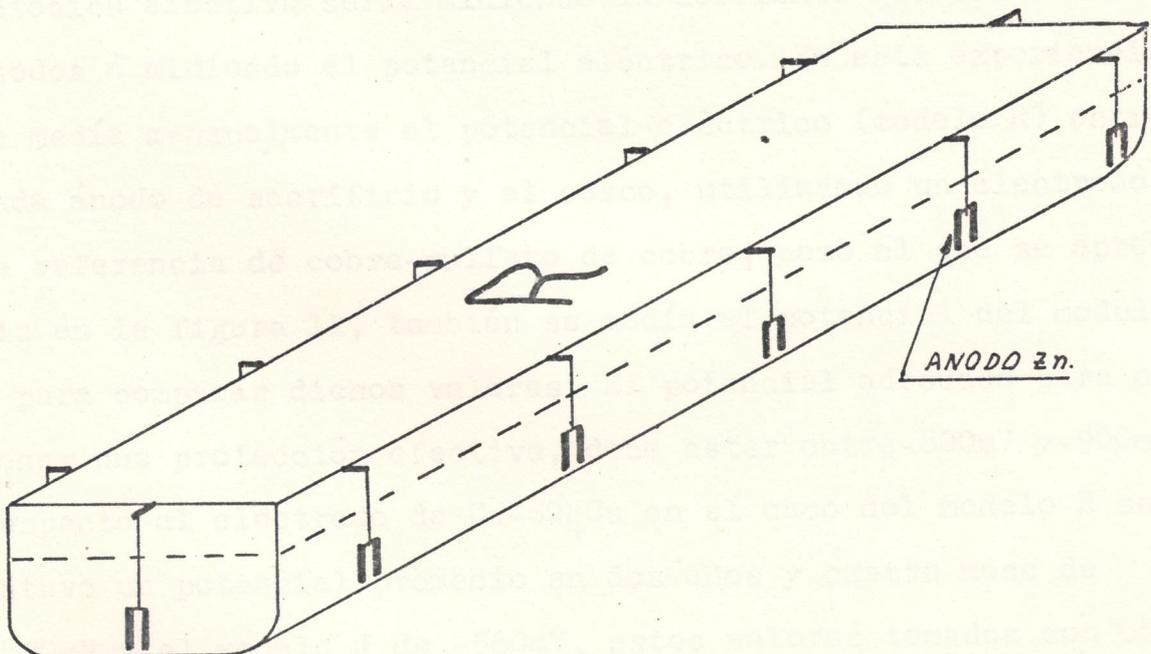


Figura 10

El esquema de pintado es el indicado en la figura 11, dicho esquema es fundamental, debido a que las resistencias anódicas y catódicas aumentan considerablemente, por lo tanto la corriente de corrosión disminuye y la densidad de corriente que se requiere para proteger el casco también disminuye.

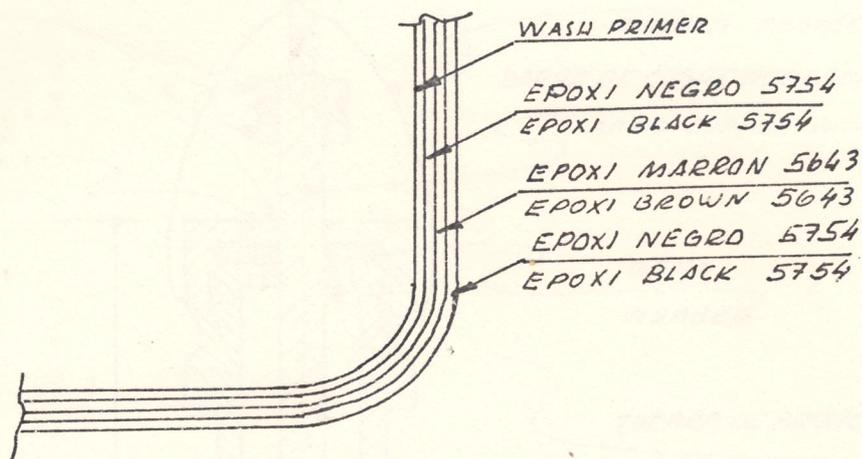


Figura 11.

A medida que transcurre el tiempo las resistencias anódicas y catódicas comienzan a disminuir; cuando esto ocurre el ánodo comenzará a drenar más corriente ya que la corrosión aumenta. Uno de los métodos para realizar una protección catódica efectiva sería midiendo la corriente que drenan los ánodos ó midiendo el potencial eléctrico. En esta experiencia se medía mensualmente el potencial eléctrico (modelo R) entre cada ánodo de sacrificio y el casco, utilizando un electrodo de referencia de cobre-sulfato de cobre, como el que se aprecia en la figura 12, también se medía el potencial del modelo J para comparar dichos valores. El potencial adecuado para obtener una protección efectiva, debe estar entre -800mV y -900mV respecto al electrodo de  $Cu-SO_4Cu$  en el caso del modelo R se obtuvo un potencial promedio en dos años y cuatro meses de -870mV y el modelo J de -560mV, estos valores tomados con un voltímetro de  $20.000\Omega/v$ , ó un voltímetro digital de  $10 M\Omega$ ,

# ELECTRODO-COBRE SULFATADO DE COBRE

(CUPPER SULPHURE - CUPPER- ELECTRODE)

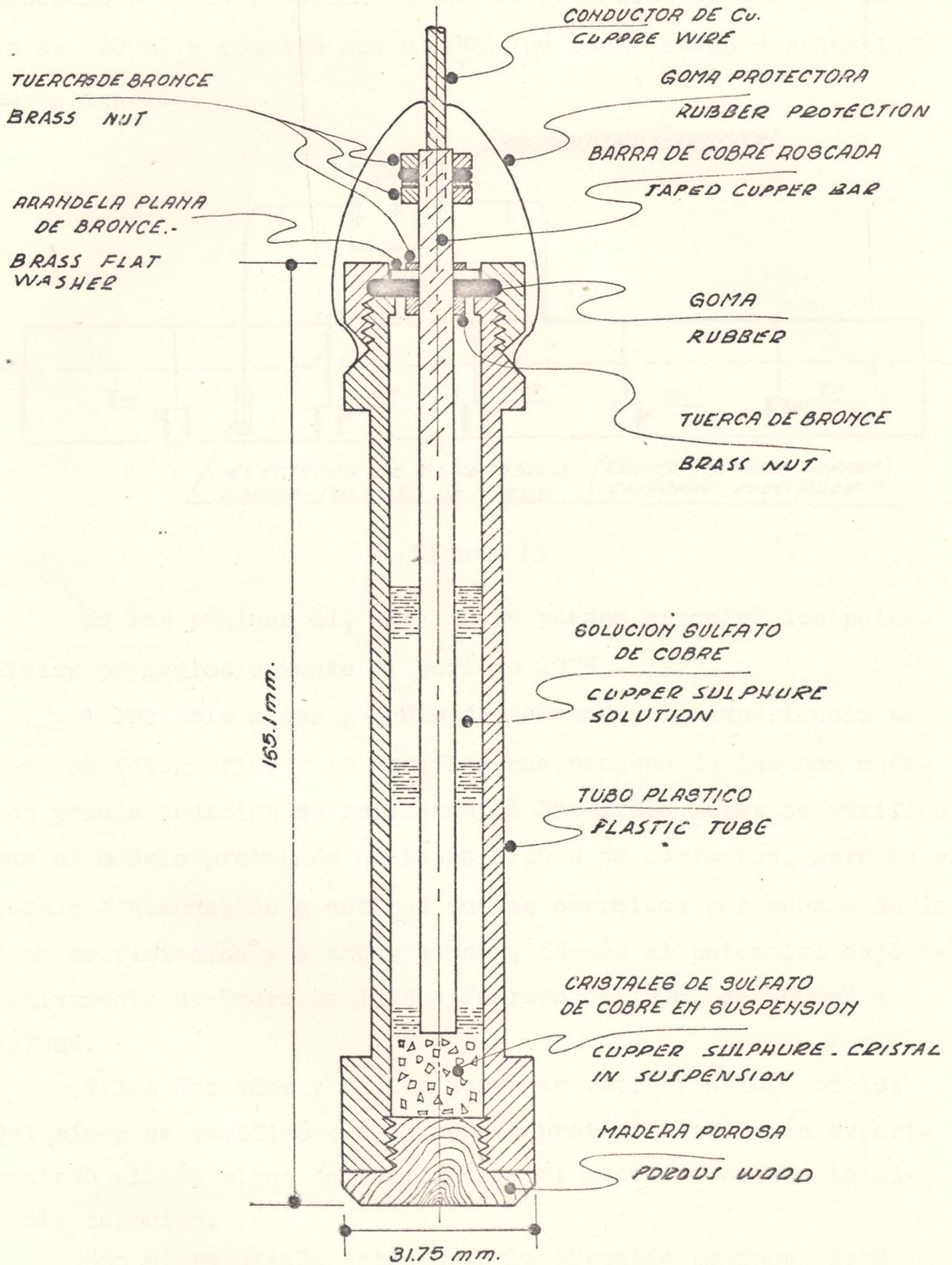


Figura 12

el electrodo de referencia debe estar conectado al polo positivo del voltímetro y el negativo de este al casco, como se indica en la figura 13. En el transcurso de la investigación se procedió a renovar ánodos cuando el potencial estaba por debajo de  $-800\text{mV}$  y resultó que el 80% fué reemplazado durante la investigación.

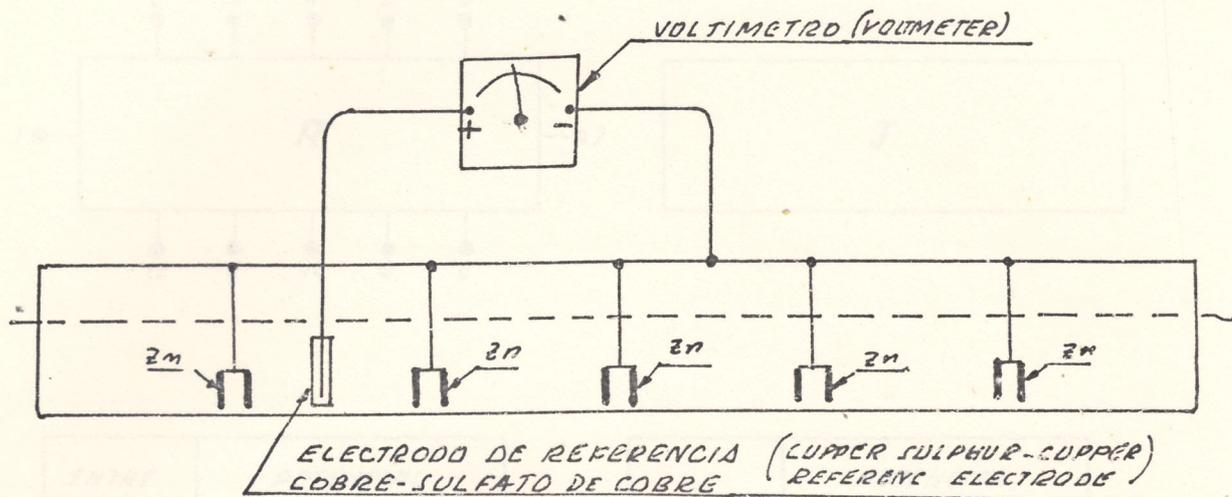


Figura 13

En las páginas 11, 12 y 13 se pueden apreciar los potenciales promedios durante el período 1975 - 1977.

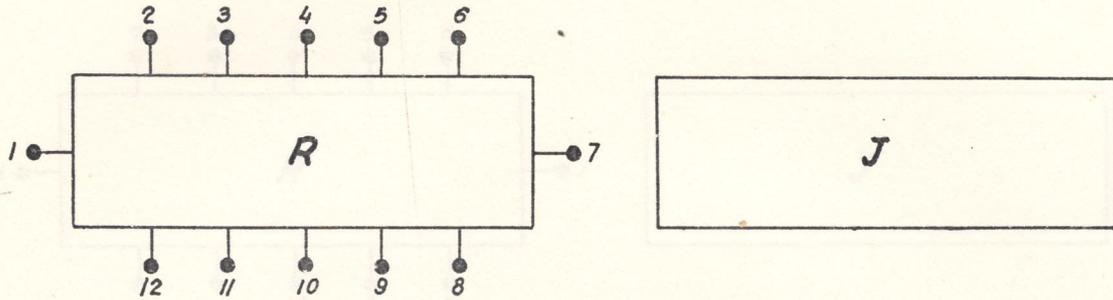
A los seis meses y medio de comenzada la experiencia se tomaron fotografías y se verificó que ninguno de los dos modelos poseía indicios de corrosión. A los trece meses se verificó que el modelo protegido no tenía signos de corrosión, pero en el modelo J comenzaban a notarse puntos corroídos por debajo de la zona de flotación y a ambas bandas, además el potencial bajó negativamente de Enero de 1975 a Febrero de 1976, de  $-600\text{mV}$  a  $-570\text{mV}$ .

A los dos años y cuatro meses se retiraron los modelos del río y se verificó que el modelo protegido no había experimentado ningún signo de corrosión y el modelo J estaba totalmente corroído.

Con el resultado satisfactorio obtenido podemos asegurar que si un buque permanece en el muelle de agua dulce un período que exceda los ocho meses, es necesario afectuarle protec-

PERIODO : 2-75 al 1-76.-  
 (DATE)

**VALOR DE POTENCIAL : DE LOS MODELOS 'R' Y 'J'**  
 (POTENCIAL OF MODELS "R" AND "J")



ENTRE ANDDOS	POTENCIAL (m. V.)
1-2	910
2-3	900
3-4	900
4-5	910
5-6	900
6-7	890
7-8	900
8-9	870
9-10	900
10-11	900
11-12	880
12-1	890

	POTENCIAL (m. V.)
	580

OBSERVACIONES :  
 (REMARKS)

.....

.....

.....

.....

.....

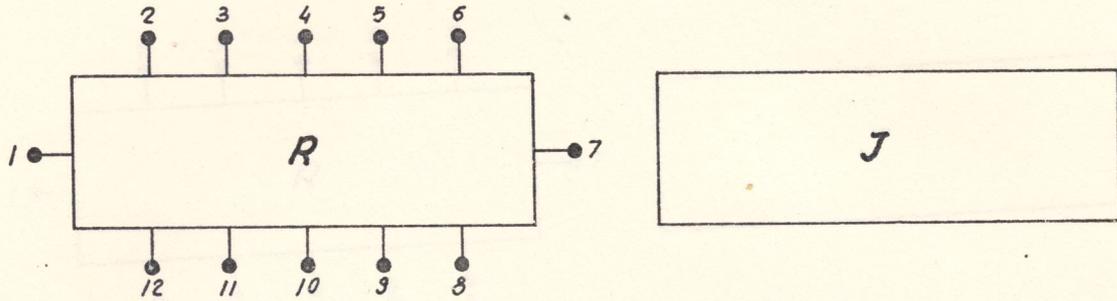
.....

.....

.....

PERIODO: 2-76 al 1-77.-  
(DATE)

VALOR DE POTENCIAL : DE LOS MODELOS 'R' Y 'J'  
(POTENCIAL OF MODELS "R" AND "J")



ENTRE ANODOS	POTENCIAL (m.v.)
1-2	880
2-3	890
3-4	860
4-5	900
5-6	890
6-7	870
7-8	850
8-9	840
9-10	880
10-11	900
11-12	860
12-1	870

	POTENCIAL (m.v.)
	560

OBSERVACIONES :  
(REMARKS.)

.....

.....

.....

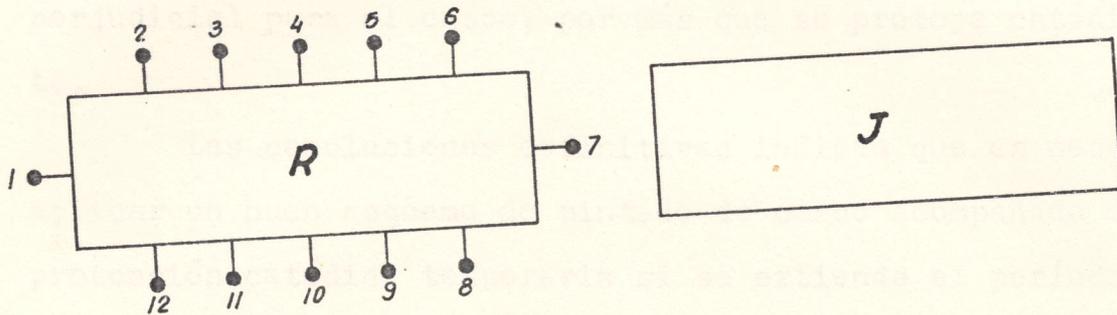
.....

.....

.....

PERIODO: ..... 2-77 al 6-77.-  
(DATE)

VALOR DE POTENCIAL : DE LOS MODELOS 'R' Y 'J'  
POTENCIAL OF MODELS "R" AND "J"



ENTRE ANOS	POTENCIAL (m.v.)
1-2	860
2-3	870
3-4	840
4-5	880
5-6	870
6-7	850
7-8	830
8-9	820
9-10	870
10-11	890
11-12	840
12-1	850

	POTENCIAL (m.v.)
	540

OBSERVACIONES : .....  
REMARKS  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....