

# MONITOREO DE CORROSIVIDAD AMBIENTAL EN SALAS DE CONTROL ELECTRÓNICO

Cecilia Carnevali, Liliana Berardo  
**INTI Procesos Superficiales**  
 ceciliac@inti.gov.ar

## Introducción

Como consecuencia de los cambios de materiales y procesos implementados para eliminar el plomo en la industria electrónica, requerido por la legislación de Restricción de Sustancias Peligrosas (RoHS), se presentaron numerosos casos de “*creep corrosion*” o *corrosión por fluencia*, en especial en placas de circuito impreso (PCB) con acabado superficial de plata por inmersión (ImAg).

El proceso “*creep corrosion*” se genera cuando un producto formado por corrosión del metal de las soldaduras se esparce sobre una superficie no reactiva, como el recubrimiento dieléctrico de las PCB, en presencia de elevada humedad ambiental.

Se detectó que las PCB con ImAg sufren severo ataque por “*creep corrosion*” cuando los niveles de azufre y humedad son altos. Las fallas pueden ocurrir en tan sólo unas pocas semanas en los controles electrónicos de industrias con alto contenido de azufre, como la fabricación de caucho, tratamiento de agua, fábricas de papel, producción de fertilizantes, minería, petroquímica, entre otras, así como en estaciones de comunicación, con serias consecuencias económicas y sociales.

## Objetivo

Implementar un dispositivo de monitoreo con cupones de cobre y plata para la detección y análisis de los compuestos agresivos presentes en salas de control electrónico, valorando todos los aspectos que influyen en la corrosión de placas y componentes metálicos.

## Descripción

El dispositivo o set de cupones diseñado para el monitoreo de corrosividad ambiental (Figura 1), consta de una placa de acrílico donde están sujetos con tornillos plásticos dos cupones, uno de cobre electrolítico y otro de plata 99,999, de pequeño tamaño, para instalarlo en recintos cerrados con equipamiento electrónico.

Para un confiable tratamiento de datos en el laboratorio, se utilizan generalmente períodos de exposición prolongados (aproximadamente 30 días), aunque en ambientes muy severos

pueden obtenerse resultados confiables con tiempos de exposición más cortos.

Una vez retirado el dispositivo del recinto en estudio, se efectúa un análisis elemental de los productos presentes en la superficie metálica y se mide la velocidad de corrosión de los cupones, utilizando técnicas electroquímicas.

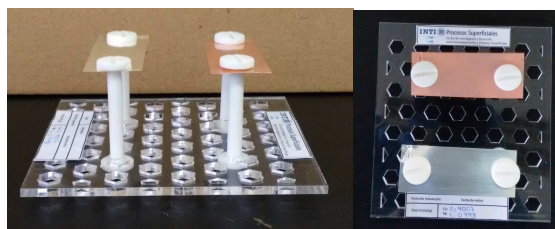


Figura 1: Dispositivo de monitoreo

## Análisis y morfología de los productos superficiales

La observación se llevó a cabo con un microscopio electrónico de barrido ambiental y el análisis químico superficial, con microsonda electrónica dispersiva en energía (EDAX) adosada al microscopio.

## Medición de la velocidad de corrosión

Se utilizó la técnica de reducción coloumbimétrica, aplicable en la identificación de óxidos de espesor muy bajo, del orden de  $10^{-2}$  -  $10^{-3}$  nm.

La técnica se implementó siguiendo los lineamientos de la norma ASTM B 825-02. Se utilizó una celda electroquímica con tres electrodos: el cupón a analizar como electrodo de trabajo, un electrodo de referencia de Ag/AgCl y como contraelectrodo, alambre de platino. La solución electrolítica utilizada es cloruro de potasio 0,1 M. La celda debe estar libre de oxígeno, para lo que se burbujea nitrógeno en el electrolito.

La técnica de evaluación seleccionada permite aplicar una corriente de reducción constante hasta alcanzar la evolución de hidrógeno, producto de la descomposición del agua. De este modo se logra reducir todos los compuestos presentes en la superficie metálica. Cada compuesto tiene un potencial característico de reducción, que se utiliza para identificar la especie reducida. Midiendo el tiempo en que tardan en reducirse, puede

calcularse la masa de las especies y, por lo tanto, el espesor de las mismas.

Según recomendaciones de INEMI (International Electronics Manufacturing Initiative) y la norma ISA 71.04-2013 (International Society for Automation) las condiciones ambientales adecuadas para evitar "creep corrosion" en los equipos electrónicos son las siguientes:

- Rango de temperatura: 18 °C - 27 °C
- Humedad relativa < 60 % HR
- Rango del punto de rocío: 5,5 °C - 15 °C
- Límites admisibles de velocidad de corrosión para los cupones metálicos:
  - cobre < 30 nm/mes
  - plata < 20 nm/mes

## Resultados

En el análisis elemental de los productos superficiales realizado sobre los cupones del caso que se presenta como ejemplo, se encontró cloro y azufre, elementos potencialmente agresivos para los metales expuestos. También, se realizó un análisis semicuantitativo en distintos puntos de la superficie de los cupones y en ambas caras, para conocer la distribución de los contaminantes en toda el área.

En la Figura 2, se muestra una curva característica del cambio de potencial respecto del tiempo al reducirse los cationes de cobre y plata, que componen los productos de corrosión, a cobre ( $\text{Cu}^0$ ) y a plata ( $\text{Ag}^0$ ), respectivamente, utilizando la técnica de reducción coulombimétrica.

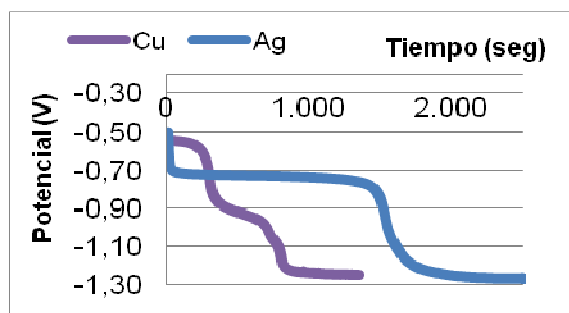


Figura 2: Potenciales de reducción del cobre y plata.

Se considera que la velocidad de corrosión total del metal, es la suma de la velocidad de formación de los productos reducidos. En el caso del cobre, se observan dos cambios de potencial, relacionados con la reducción del óxido de cobre ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) y sulfuro de cobre ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ). Al analizar la curva de potenciales de reducción de la plata, solo se advierte un salto

de potencial, por lo que se infiere que la única especie presente es el sulfuro de plata ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ). Como se observa en la Tabla 1, los valores de corrosión obtenidos en los cupones de cobre y plata son mayores a los recomendados, por lo que se considera que la corrosividad ambiental del recinto analizado es elevada para el funcionamiento seguro de los equipos electrónicos.

	t (s)	Espesor (nm)	Vel corrosión (nm/mes)
Cobre	789,50	32,56	57,46
Plata	1509,50	80,42	141,92

Tabla 1: Espesor y velocidad de corrosión calculados a partir de los valores obtenidos de la reducción coulombimétrica

Si bien la masa de productos de corrosión refleja la agresividad del ambiente en su conjunto, además del monitoreo particular de agentes agresivos como cloro y azufre, es indispensable medir periódicamente y controlar la temperatura y la humedad relativa ambiente, ambos factores determinantes en la velocidad de corrosión de los componentes metálicos de los equipos.

La ubicación de los sensores de corrosión, temperatura y humedad dentro del recinto es crítica para la confiabilidad de la medición. Es muy importante la toma de datos de estos parámetros en puntos cercanos a las placas electrónicas, debido a la inhomogeneidad ambiental y la baja representatividad de los datos obtenidos en los espacios vacíos del recinto.

## Conclusiones

Este ensayo permite conocer el grado de corrosividad de la atmósfera dentro de un recinto de control electrónico, considerando factores tales como temperatura, humedad ambiental, compuestos agresivos presentes y posibles sinergias entre ellos.

## Bibliografía

- ASTM B 825-02: Test Method for Coulometric Reduction of Surface Films on Metallic Test Samples.
- ISA-71.04-2013 Environmental Conditions for Process Measurement and Control Systems: Airborne Contaminants.
- INEMI Position Statement on the Limits of Temperature, Humidity and Gaseous Contamination in Data Centers and Telecommunication Rooms to Avoid Creep Corrosion on Printed Circuit Boards, 2012.
- Lambert, R. H., and Trevoy, D. J., "Analysis of Films on Cooper by Coulometric Reduction," Journal of the Electrochemical Society, Vol 105, 1958, p. 18.