

# Corrosión atmosférica en el volcán Poás, proyecto TROPICORR

Juan Fernando Álvarez Castro <sup>1</sup>  
Galina Pridybailo Chekan <sup>2</sup>

## Palabras clave

Corrosión atmosférica, corrosión volcánica, Proyecto Tropicorr, volcán Poás.

## Resumen

Se estudia la corrosión de diferentes materiales, tanto en condiciones a la intemperie (*outdoor*), como abrigo (*indoor*) en el volcán Poás. Esta última condición en forma cuantitativa en el marco del proyecto internacional denominado TROPICORR del CYTED, en el cual se participa, y que tiene como interés estudiar la corrosión de materiales metálicos utilizados en la industria electro-electrónica en ambientes tropicales. En el marco de este proyecto, Costa Rica participa con la estación de Poás, cuyos resultados se muestran en este trabajo, así como en una estación en Limón.

El efecto de los gases emanados por el volcán Poás afectan fuertemente a los materiales metálicos e inclusive su efecto

se aprecia en la vegetación de zonas aledañas al cráter del volcán, donde se puede notar la ausencia completa de esta, en la zona de la pluma de los vientos.

Las condiciones que afectan a la corrosión atmosférica son la temperatura, la humedad, el tiempo de humectación (donde la temperatura es mayor a 0 °C y 80%HR) y contaminantes, especialmente cloruros y SO<sub>2</sub>. En el caso de Costa Rica, ubicada en la latitud 10° Norte, y por su ubicación geográfica, entre dos océanos y con una formación montañosa en el centro del país, en donde se encuentran varios volcanes, como el Poás, el cual tienen temperaturas mayores a 0 °C todo el año y humedades elevadas, así como contaminantes, entre ellos el SO<sub>2</sub>, en especial en las zonas volcánicas activas y cloruros en las costas.

Los personeros del parque volcán Poás están interesados en que se estudie la corrosión en dicha zona, pues esta es muy elevada, e incluso el edificio principal para turistas tuvo que ser reconstruido hace algunos años. En dicho edificio se pueden encontrar zonas con corrosión

---

1 Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 159-7050 Cartago, Costa Rica. Correo electrónico: [jalvarez@itcr.ac.cr](mailto:jalvarez@itcr.ac.cr).

2 Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 159-7050 Cartago, Costa Rica. Correo electrónico: [galia@itcr.ac.cr](mailto:galia@itcr.ac.cr).

en el concreto, en diferentes materiales metálicos expuestos, como pasamanos, clavos y cables eléctricos, además de un gran deterioro en las pinturas por la misma causa. Esta situación es comentada con frecuencia por las personas que habitan cerca del volcán, por lo que se ha realizado un estudio cualitativo en condiciones *outdoor*, que permite corroborar que en estas condiciones de exposición la corrosión es muy elevada.

## Introducción

La reducción de costos y el aumento de la fiabilidad de los dispositivos electro-electrónicos ha sido una realidad en los últimos años; para ello se han utilizado nuevos materiales y nuevos procesos de fabricación; sin embargo, los dispositivos electro-electrónicos deben mantener sus características para ser utilizados no solo en su vida útil para lo cual se diseñaron, sino, también, deben resistir la acción del ambiente, tanto al ser almacenados, como al ser transportados (1).

El ambiente iberoamericano presenta características que pueden generar efectos sobre los materiales de estos dispositivos que aún no se han determinado, lo cual podrían significar pérdidas considerables, como ocurre por los efectos en los procesos de corrosión. En este sentido, se busca una *tropicalización* para este tipo de materiales y a la vez la puesta en marcha de una metodología de estudio, pues, por lo general, este tipo de dispositivos se diseñan para atmósferas propias del hemisferio norte, con normas como las dadas por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) o la de Estándares Europeos en Telecomunicaciones (ETS, por sus siglas en inglés); sin embargo, cada vez se utiliza más este tipo de dispositivos en energía, telecomunicaciones, transporte, etc., en regiones como Latinoamérica, cuyas características tropicales muy propias.

Al obtener resultados prácticos en diferentes ambientes tropicales, como

es el caso de una zona volcánica como la del volcán Poás, se estaría contribuyendo tecnológicamente a la reducción del precio, el requerimiento en el comportamiento, la calidad de las pruebas, los estándares y la innovación de dispositivos que utilizan materiales electro-electrónicos, lo cual implica fortalecer el ciclo de vida de un dispositivo que utiliza este tipo de materiales.

Además, existe interés de estudiar la corrosión en la zona por parte de investigadores del OVSICORI-UNA ya que emplean diferentes equipos y dispositivos hechos de distintos materiales, que se deterioran rápidamente en condiciones como la del presente estudio; asimismo, existen muy pocos datos en ambientes similares al del volcán. Se tiene también la ventaja de la facilidad de acceso al volcán Poás.

La literatura permite obtener algunos datos meteorológicos y de contaminantes en el volcán Poás, que son muy importantes como datos históricos para los estudios en corrosión. En la figura 1 se muestran datos de pH del agua de lluvia en zonas aledañas del volcán, que muestran un bajo pH del agua, en tanto en la figura 2 se exhiben contaminantes de cloruros y SO<sub>2</sub> (2). En ambas figuras se muestran los valores promedios.

Por lo general, los dispositivos que tienen materiales electro-electrónicos, se encuentran en ambientes abrigados, o en condiciones protegidas, como lo son los dispositivos en una laptop de una computadora. Dada estas características, se relaciona el presente estudio con el tipo 3-4 de la norma ETS. (3)

## Metodología

Para los estudios de los materiales a la intemperie, se exponen en paneles o bastidores, mirando al cráter según la norma ISO 8563 (4) y la metodología utilizada en otros estudios de corrosión

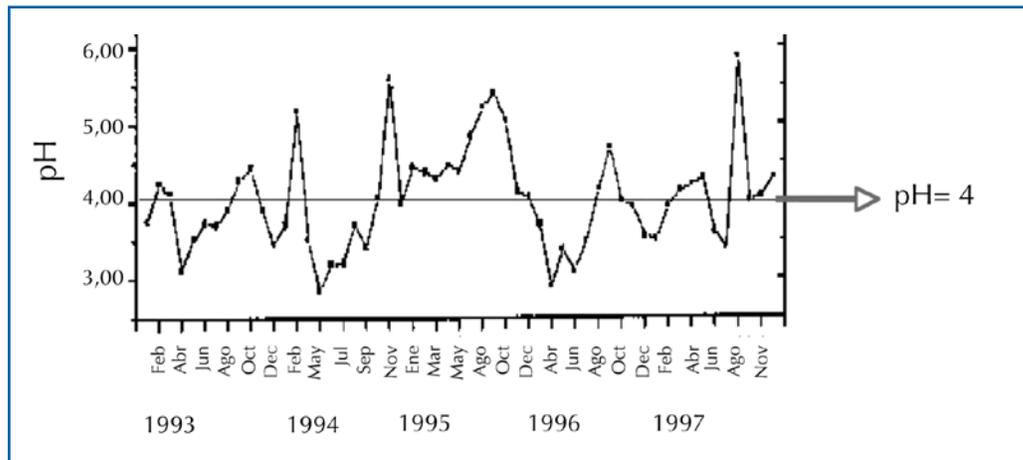
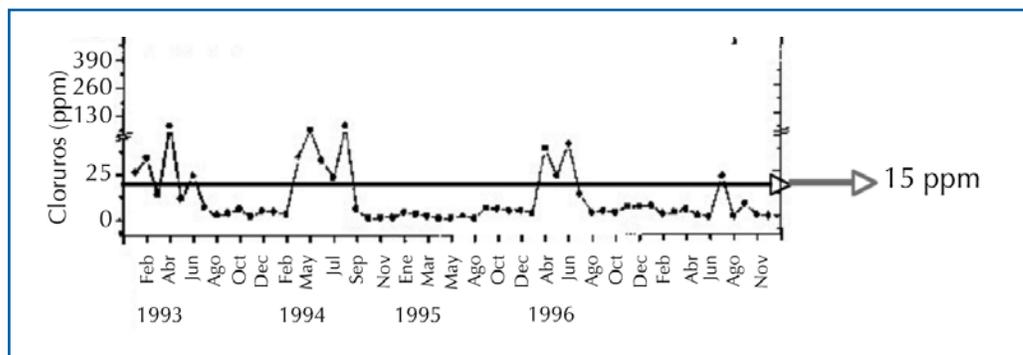
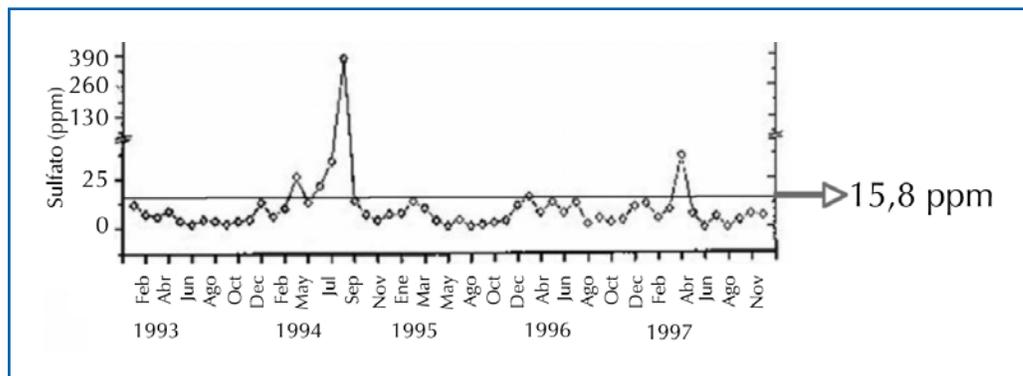


Figura N.º 1. Datos históricos del pH del agua de lluvia en el volcán Poás.



(a) Cloruros



(b) SO<sub>2</sub>

Figura N.º 2. Datos históricos del cloruros y SO<sub>2</sub> en el volcán Poás.

atmosférica, proyectos MICAT (5) y PATINA (6) (figura N.º 3a). En primera instancia, en el estudio a la intemperie, se hizo un análisis cualitativo no solo de materiales estandarizados, sino de dispositivos utilizados normalmente en casas y en fincas cuyos materiales son metálicos, como, por ejemplo, bisagras, cables metálicos, clavos, etc. Para el estudio de la corrosión en condiciones *indoor*, se colocan las probetas en una caseta o armario, según el procedimiento seguido en el Proyecto Tropicorr (7, 8) (figura N.º 3b).

La velocidad de corrosión se analiza por pérdida de peso y se analizan condiciones de temperatura y humedad relativa, así como de contaminantes (cloruros, SO<sub>2</sub>) y pH se realizan según las normas ISO dadas en las referencias. Se estudia el parámetro de tiempo de humectación (TDH), que corresponde al número de horas en donde la temperatura es mayor a 0 °C y la humedad relativa es mayor a 80%, pues este ya nos puede referir a categorías de velocidades de corrosión. Además, se utilizan datos históricos de contaminantes para la zona de estudio (2).

## Resultados

El estudio cualitativo de diferentes dispositivos expuestos en el volcán Poás presentan una elevadísima corrosión.

En la figura 4 se muestran diferentes dispositivos de materiales metálicos distintos en el volcán Poás.

El tiempo de humectación para el tiempo de estudio corresponde a 7535 horas, lo cual equivale a 86% de TDH. Según ISO 9223, para condiciones de TDH, 63% se obtiene una categoría 5, lo que implica que por condiciones de temperatura y humedad, se tienen las mayores velocidades de corrosión para los materiales metálicos.

El análisis de contaminantes en los meses de estudio, se puede apreciar con valores de pH del orden de 3,4 (9), los cuales son menores a los que indica la bibliografía.

En la figura 5 se muestran los resultados de las cinéticas de velocidades de corrosión para los diferentes materiales estudiados en ambiente *indoor*, en un año de estudio; asimismo, junto a dichas cinéticas se muestra la morfología superficial después de un año de exposición. Similarmente, en la tabla 1 se muestran los valores de velocidades de corrosión para las condiciones *indoor*.

Para todos los materiales, en ambas condiciones, los resultados obtenidos están en los ámbitos de corrosión superiores según los estándares, e inclusive sobrepasan muchos de ellos. Estos valores son los más elevados

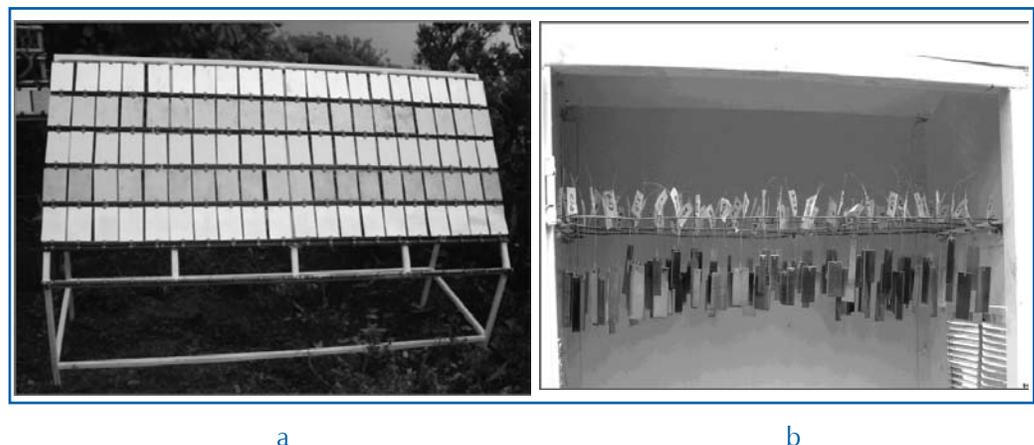
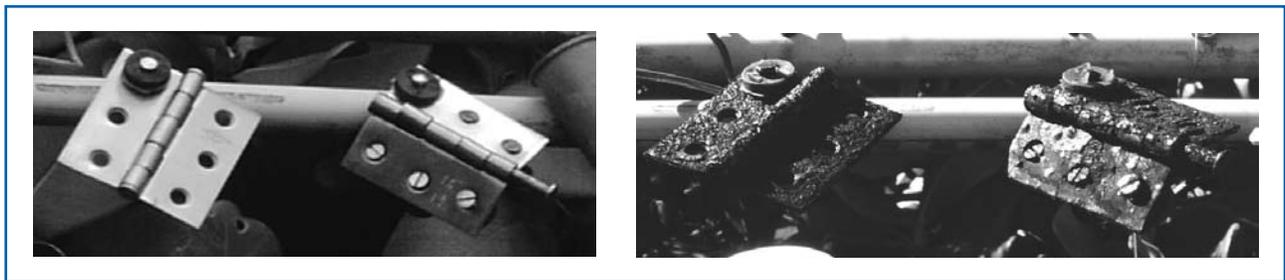


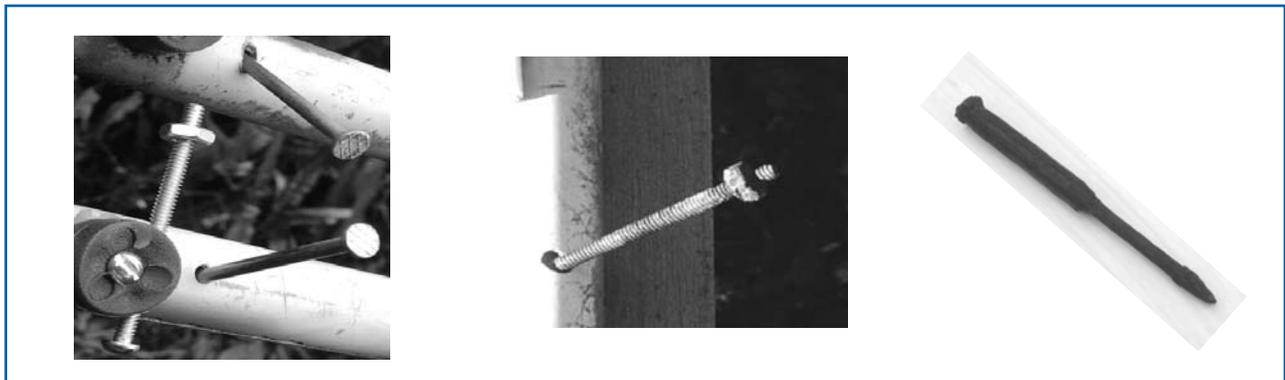
Figura N.º 3. Exposición de probetas en condiciones a) *outdoor*, b) *indoor*.



(a) Bisagra al inicio y después de 8 meses de exposición.

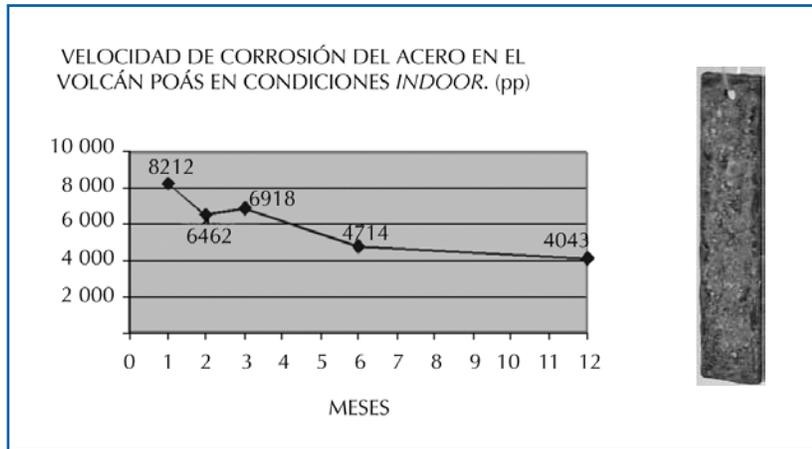


(b) Cajas para dispositivos eléctricos, al inicio, después de 8 meses y después de 16 meses de exposición.

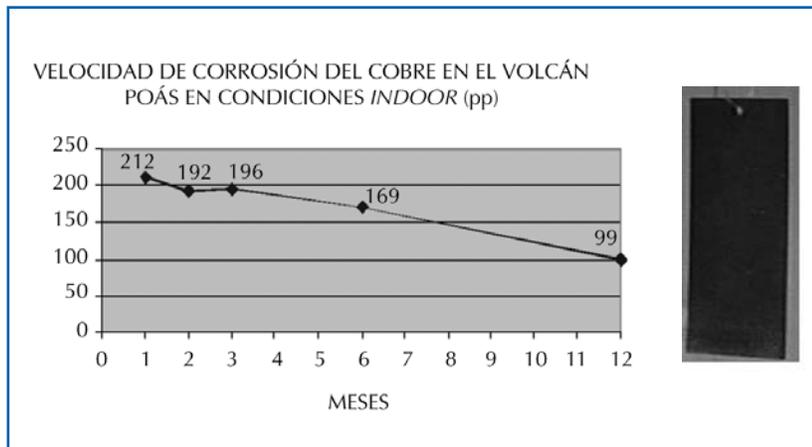


(c) Clavo y tornillo, al inicio y después de 6 meses de exposición.

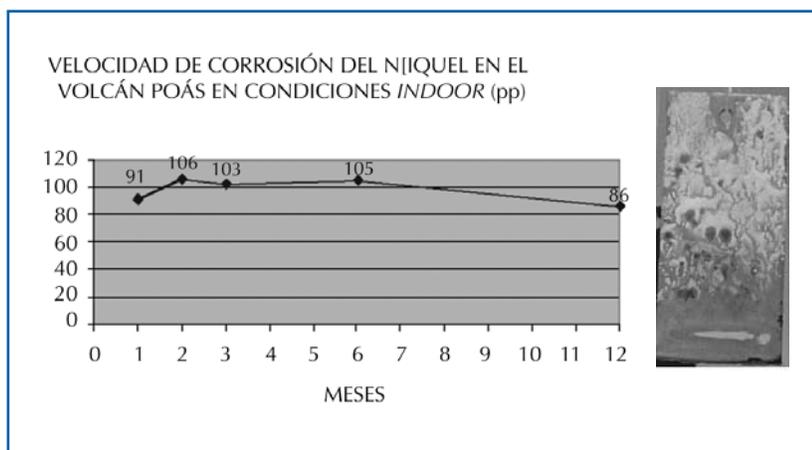
Figura N.º 4. Deterioro por corrosión atmosférica de a) bisagras, b) cajas metálicas y c) un clavo y un tornillo en el volcán Poás.



(a) Acero



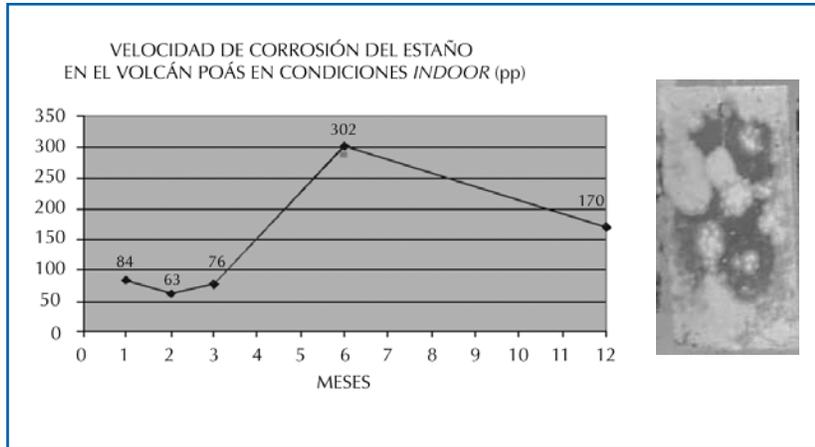
(b) Cobre



(c) Níquel

Continúa en la siguiente página...

...Viene de la página anterior.



(d) Estaño

Figura N.º 5. Cinéticas del proceso de corrosión para a) acero, b) cobre, c) níquel y d) estaño; en condiciones *indoor* en el volcán Poás.

Cuadro N.º 1. Velocidades de corrosión en el volcán Poás en condiciones *indoor*, un año de estudio (mg/m²-día).

Meses	Cobre	Acero	Níquel	Estaño
1	212	8212	91	84
2	192	6462	106	63
3	196	6918	103	76
6	169	4714	105	302
12	99	4043	86	170

respecto a los valores encontrados en las otras estaciones de ensayo en el Proyecto Tropicorr a lo largo de Iberoamérica.

Lo anterior se debe a la elevada contaminación que generan pH inferiores a 4, unidos a un ambiente con una humedad relativa elevada durante todo el año, lo cual permite un proceso de corrosión generalizada sobre los materiales metálicos.

## Conclusión

El estudio permite sensibilizar sobre el elevado costo que implica la corrosión en el volcán Poás, tanto de una forma cualitativa como cuantitativa, la cual se debe a las características medioambientales allí existentes.

Esta elevada corrosión (IC5) se observa para todos los materiales metálicos

estudiados, tanto en condiciones *indoor* como *outdoor*.

Dada la elevada corrosión existente, es de mucho interés analizar otros materiales o recubrimientos que resistan los elevados niveles de corrosión registrados en el volcán Poás.

### Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico de Costa Rica, a través de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión, por el apoyo financiero en esta investigación y en especial a la Ing. Katiana Calderón y la Tec. Floribeth Madrigal por su colaboración.

Al CYTED en su subprograma XV, proyecto TROPICORR, por permitir participar y colaborar en él.

Al OVSICORI de la Universidad Nacional y al MINAE, por su apoyo y colaboración para poder realizar este estudio en el volcán Poás.

### Referencias bibliográficas

1. Rocha Andrade da Silva, José, et al. *Tropicorr project - effects of tropical environments on electro-electronic products*. Workshop atmospheric corrosion. 27/09-01/10. Cartagena de Indias, Colombia. 2004.

2. Martínez, M., et al.; "Chemical evolution and volcanic activity of the active crater lake of Poás volcano, Costa Rica, 1993-1997"; *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 97 (2000); 127-141.
3. Standard IEC-721-2-1, *Classification of environmental conditions, part 2: Environmental conditions appearing in nature-temperature and humidity*; 1982.
4. ISO 8565; *Metals and alloys. Atmospheric corrosion testing. General requirements for fuel test*; 1987.
5. Uller, L; Morcillo, M y otros. *Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamérica. Mapas de Iberoamérica de Corrosividad Atmosférica*. Proyecto MICAT. CYTED; 1999.
6. Uller, L; Morcillo, M y otros. *Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamérica. Protección anticorrosiva de metales en las atmósferas de Iberoamérica*. PATINA. CYTED; 2002.
7. Proyecto Tropicorr. *Actas del proyecto*. Costa Rica 2001, España 2002.
8. *Productos Electro-electrónicos en ambientes tropicales*. Editor José Rocha Andrade da Silva. Campinas, Sao Pablo. Brasil. 2003.
9. Álvarez, J. F; Pridybailo, G.; *Corrosión Atmosférica en Ambiente Volcánico en Condiciones "Indoor"*. Workshop atmospheric corrosion. 27/09-01/10. Cartagena de Indias, Colombia. 2004.