

Durabilidad del perfil de aluminio lacado en las condiciones de clima tropical

Lilia del Carmen González Ortega

Correo electrónico: lilia@labet.co.cu

Artículo Original

Brenda Luisa McNeil Montañes

Correo electrónico: brenda@labet.co.cu

Centro de Tecnología y Calidad (CTEC), Ministerio Industrias, La Habana, Cuba

Rigoberto Marrero Águila

Correo electrónico: rigo@quimica.cujae.edu.cu

Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba

Resumen

En la actualidad son muchos los productores de carpintería de aluminio lacado en el mundo y en Cuba son cada vez más las obras en las que se observa la instalación de puertas y ventanas de aluminio lacado. La calidad de esta carpintería se ha visto reducida en un número considerable de instalaciones ubicadas en la zona norte costera de la capital y del resto del país. En este trabajo se someten a ensayo de exposición natural en el banco del Laboratorio de Ensayos de Tropicalización ubicado en Cojimar, los perfiles lacados de cinco lugares de procedencia, con el objetivo de evaluar su comportamiento y crear por primera vez en el país, un reglamento que regule las especificaciones para la utilización de estos perfiles lacados en las condiciones del clima tropical de Cuba, el que será de estricto cumplimiento para productores e importadores de estos materiales. Los resultados obtenidos han permitido la modificación de la norma establecida para el espesor de este recubrimiento lacado, a valores que permitan la correcta durabilidad de estos materiales y eliminar la falla de los perfiles debida a la erosión provocada por la severidad de este clima.

Palabras claves: aluminio, lacado, erosión, tropical, durabilidad

Recibido: 12 de junio del 2013

Aprobado: 2 de agosto del 2013

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la arquitectura y la necesidad de la búsqueda de materiales más resistentes han condicionado la aparición de la carpintería de perfiles de aluminio lacado. Estos perfiles lacados, por sus características y composición, proporcionan propiedades que facilitan el diseño, la operación, la resistencia y la belleza, por lo que revisten una gran importancia en el contexto integral de una obra, fundamentalmente, en aquellas que constituyen un volumen importante en el plan de construcciones sociales actual, y son ampliamente utilizados tanto en las obras arquitectónicas de nueva creación, como en la restauración y recuperación de las ya existentes. Pero es importante

destacar que no se trata de producir y comercializar puertas o ventanas en demasía, sino encontrar, mediante la introducción de tecnologías y sobre la base de los estudios necesarios para cada obra, la mejor solución para garantizar el máximo de ahorro energético y lograr el decorado requerido, todo esto al menor costo posible y con la mayor calidad y durabilidad prevista.

En Europa existen organizaciones rectoras para dichos productos, como Qualicoat, que se ha dedicado al estudio del comportamiento de estos recubrimientos y han establecido directrices que tienen que ser cumplidas por los productores para ser reconocidos y poder optar por su sello de calidad. Hasta el momento, estas especificaciones son

las exigidas en el país, tanto para los productores como para los comercializadores de aluminio lacado.

Esta carpintería en Cuba se ha instalado en todo el país, en todos los ambientes, desde rural, industrial y marino costero y ha ocurrido que en algunas de las obras de carácter social y turístico enclavadas principalmente en la zona costera norte del país, la carpintería de aluminio lacado empleada ha presentado problemas relacionados con las propiedades protectoras y decorativas del recubrimiento y por tanto se ha visto reducida la durabilidad de la misma a menor tiempo del previsto, provocando pérdidas económicas.

Por la no existencia de una norma o documento cubano para regir las especificaciones de estos perfiles lacados, ya sean importados o lacados, en el país se usan las directrices concernientes a la marca de calidad para los revestimientos por termolacado (líquido o polvo) del aluminio destinado a la arquitectura, presididas por Qualicoat, que es una organización mundial de la calidad destinada a mantener y promover la calidad de las lacas, pinturas y otros recubrimientos utilizados para la protección del aluminio y sus aleaciones para aplicaciones arquitectónicas, con sede oficial en Zurich, Suiza. Hoy en día son miembros de Qualicoat países de África, Asia, Australia, la mayoría de los países de Europa y recientemente América; tanto como empresas lacadoras o como por productores de diferentes tipos de pinturas. A través de los inspectores de estos laboratorios se ejecutan las inspecciones para el otorgamiento de la licencias de Qualicoat. En sus directivas se plantean los métodos de ensayo y las exigencias que deben ser cumplidas por los productores e importadores de perfiles de aluminio lacados.

Los perfiles son sometidos a una serie de ensayos [1] físicos, mecánicos, químicos y climáticos acelerados (resistencia a la niebla salina, a la humedad y temperatura con condensación en atmósfera constante y al envejecimiento acelerado con ciclos alternados de radiaciones y condensación que simulan el efecto de la sucesión del día y la noche de forma acelerada sobre los recubrimientos lacados) y climático natural, en tiempo real por un período mínimo de al menos un año. Las directrices de Qualicoat, proponen para este ensayo y es la que aceptan para el otorgamiento de la licencia a la estación de ensayos naturales de la Florida, Estados Unidos. Esta estación de ensayos del sur de la Florida se encuentra localizada aproximadamente a 33 km al nordeste del centro de Miami, en una región rural libre de contaminación, con clima subtropical. Dicha región ha mantenido por mucho tiempo un banco de localización para ensayos ambientales, dadas las condiciones típicas de gran humedad y elevada radiación ultravioleta y temperatura, que garantiza un ambiente subtropical muy específico para ensayos de exposición al exterior. Unos 1 685 mm de precipitación anual dan lugar a períodos extensos de humedad que caracterizan la agresividad típica de esta región. [1]

El laboratorio de ensayos de tropicalización ubicado en Cojímar, está autorizado y cuenta con todo el equipamiento necesario para la certificación de estos perfiles lacados, por lo que desde hace años está dedicado al control de estos materiales, realizando los ensayos físicos, químicos,

mecánicos y climáticos acelerados. El ensayo de exposición natural no se realizaba por el largo período de tiempo que requiere y por esa razón se emplea la comprobación del cumplimiento de todas las especificaciones establecidas en las directrices de Qualicoat en el resto de los ensayos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo primeramente se sometieron a ensayos paramétricos y climáticos en exposición natural los perfiles lacados terminados (certificados por Qualicoat) de cinco procedencias, las cuales serán nombradas con las letras A, B, C, D, E, en correspondencia con la política de secreto y confidencialidad del laboratorio. De cada una de las procedencias se dispuso de un total de 10 muestras (9 en ensayos y una de testigo para comparación visual) lo que hace un total de 50 muestras de perfiles de aluminio lacado.

De manera uniforme para todas las muestras fue usado como recubrimiento lacado la misma pintura, de la cual se tienen los certificados de homologación otorgados por Qualicoat y el mismo tratamiento superficial no crómico. Estos aspectos fueron los que limitaron la inclusión de más procedencias en la investigación y por otra parte no todas las importaciones de perfiles de aluminio lacado, ya sean destinados a la producción de carpintería como a otros fines, pasan por los controles establecidos para certificar su calidad y por ende no es posible tener acceso a las muestras necesarias para determinar su calidad.

Primeramente, se procedió a la determinación para las muestras de cada una de las procedencias, del parámetro espesor [2] del recubrimiento lacado y de acuerdo con los resultados las muestras se clasificaron en tres rangos para cada una de las procedencias para delimitar y evaluar el comportamiento de las mismas después de la realización del ensayo natural.

Los rangos en que fueron divididas las muestras fueron las siguientes:

Grupo 1: Espesores entre 60 y 70 μm .

Grupo 2: Espesores entre 70 y 90 μm .

Grupo 3: Espesores superiores a 90 μm .

A su vez se determinó el brillo [3] del recubrimiento de cada de las muestras de cada grupo, para clasificarlas y tomar este parámetro como referencia del comportamiento del recubrimiento después de ser sometido a este ensayo de exposición natural en la estación de Cojímar.

Además de estas determinaciones, se comprobaron la composición química de la aleación de los perfiles extruidos de aluminio (para clasificar la aleación en AA6060 [4] o AA6063 [5] y se comprobó la dureza Brinell (entre 65 y 75 HB) de la misma para descartar las interferencias que pudieran ocasionar las diferencias de estos parámetros en cada una de las muestras y tratar de lograr una homogeneidad en la investigación, por lo que las muestras

para cada una de las procedencias están en igualdad de composición química y de dureza [6].

Los perfiles deben exponerse durante un año en expositores orientados al Sur e inclinados 45° con respecto a la horizontal [7] en la estación natural marino-costera de Cojimar [8]. Después de la exposición se limpiarán las muestras expuestas.

El brillo será medido en un ángulo de 60° antes y después de la exposición. La evaluación de la medición permitirá establecer la categoría según la siguiente orientación:

Categoría 1 (0-30 unidades)

Categoría 2 (31-70 unidades)

Categoría 3 (71-100 unidades)

La media residual del brillo después del ensayo debe ser al menos del 50 % del brillo inicial según las exigencias del ensayo [1].

Las características meteorológicas de la estación natural marino - costera de Cojimar, Habana del Este, Habana, Cuba, se muestran en la tabla 1.

Tabla 1 Datos meteorológicos promedio de la estación marino-costera de exposición natural del Labet en el período de exposición	
Variables de caracterización de la atmósfera	Datos promedio en el período
Promedio de la humedad relativa (%)	85,4
Precipitaciones: Cantidad (mm/año) pH	1 591 5 - 7
Promedio de insolación diaria (horas/día)	7,2
Índice medio diario de SO ₂ depositado en (mg/m ² día)	26,4
Índice medio diario de Cl ⁻ depositado en (mg/m ² día)	202,3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo de este ensayo de exposición natural, fue monitoreado cada tres meses para controlar el comportamiento de los valores del espesor y del brillo del recubrimiento y en cada una de las etapas los perfiles se manifiestan en una tendencia a los resultados finales similar para todas las procedencias. Los resultados obtenidos al final del ensayo mantuvieron la propensión a la disminución del espesor ya desde el primer trimestre de exposición.

Los valores de las determinaciones de espesor del recubrimiento lacado de las muestras (antes y después del ensayo natural) que se exponen en la tabla 2, muestran claramente la disminución que se produce en este parámetro cuando las muestras se ponen en contacto con el clima tropical marino-costero de Cuba.

La gran concentración de iones cloruro en la atmósfera, combinados con cantidades importantes de dióxido de azufre y la elevada humedad relativa (tabla 1) son las condiciones

climatológicas principales que caracterizan la gran agresividad corrosiva de la estación de ensayos natural de Cojimar, lo cual sin dudas, constituye la causa principal que determina la aparición de signos de desgaste en el recubrimiento lacado del perfil de aluminio, causa de la reducción de la calidad de la carpintería en un número considerable de instalaciones, ubicadas en la zona norte costera de la capital y del resto del país.

Se observan, al concluir el ensayo de exposición natural, pérdidas de espesor de más de 8 µm en el grupo 1 (espesores entre 60 y 70 µm), lo que queda demostrado por el hecho de que han fallado sistemas de carpintería colocados en la zona costera en instalaciones turísticas, a pesar de que estuvieran certificados por Qualicoat, los perfiles usados para su fabricación. Los valores de espesor del grupo 1, es decir, las muestras de espesores entre 60 y 70 µm, al ser expuestos pierden espesor hasta el punto de quedar la inmensa mayoría en un espesor final por debajo de 60 µm, valor reconocido por Qualicoat como el mínimo permisible para garantizar calidad y durabilidad. Como se observa, los valores de pérdidas de espesor pueden sobrepasar las 8 µm en muchos de los casos, por lo que teniendo en cuenta esto es recomendable elevar a 70 µm el valor mínimo de espesor para el recubrimiento lacado.

También se observan pérdidas mayores (desgaste mayor), de hasta más de 25 micras en el grupo 3 (espesores por encima de 90 µm), pero en estos casos quedan por encima del espesor límite mínimo normado, por lo que es más difícil el fallo por pérdida del espesor.

Estableciendo una correlación entre el espesor y el brillo del recubrimiento, en la tabla 3 se puede notar que a medida que aumenta el espesor, el brillo del recubrimiento tiende a disminuir, observándose los menores valores para el grupo 3 (espesores superiores a 90 µm), aunque igualmente las diferencias del brillo antes y después del ensayo se encuentran en los límites normados por Qualicoat (menores del 50 % del valor inicial).

Las mayores pérdidas del brillo se producen en las muestras con espesores de recubrimiento lacado por encima de 90 micras y como el brillo en estas muestras es menor, resulta entonces más fácil el cambio o caída en la clasificación a una escala menor.

A continuación se muestran las gráficas del comportamiento del espesor y el brillo del recubrimiento lacado antes y después de los ensayos para cada una de las procedencias (figuras 1-5). En el eje de las x se representan las denominaciones de las muestras para cada procedencia (A a la E) sometidas a ensayos (9 réplicas) y en el eje de la y, se representan los valores de brillo (unidades de brillo) y espesor del recubrimiento lacado (µm).

Tabla 2 Espesor promedio del recubrimiento lacado antes y después del ensayo de exposición natural					
Ensayo de envejecimiento natural (1 año)					
	Procedencia				
	A	B	C	D	E
Grupo 1 Espesor promedio (µm)	Espesor promedio del recubrimiento al comenzar el ensayo				
	63,2-66,9	60,7-65,1	61,5-69,8	64,1-66,3	61,3-64,5
	Espesor promedio del recubrimiento al terminar el ensayo				
	56,6-58,3	54,2-58,1	53,0-61,3	56,2-58,7	53,8-56,6
Grupo 2 Espesor promedio (µm)	Espesor promedio del recubrimiento al comenzar el ensayo				
	71,1-77,4	71,6-74,9	78,3-85,1	71,4-79,4	86,8-90,1
	Espesor promedio del recubrimiento al terminar el ensayo				
	66,1-73,7	66,8-69,3	69,4-76,1	63,2-71,2	78,4-80,7
Grupo 3 Espesor promedio (µm)	Espesor promedio del recubrimiento al comenzar el ensayo				
	91,5-98,7	112-114	104-113	108-113	92,9-112
	Espesor promedio del recubrimiento al terminar el ensayo				
	81,3-84,3	85,3-86,3	84,9-89,2	86,6-89,1	79,8-85,9

Tabla 3 Determinaciones del brillo del recubrimiento lacado antes y después del ensayo de envejecimiento natural en la estación de Cojimar por el período de 1 año					
Ensayo de envejecimiento natural(1 año)					
	Procedencia				
	A	B	C	D	E
Grupo 1 Brillo promedio (30° brillo)	Brillo promedio del recubrimiento antes del ensayo				
	93,2-94,7	94,0-97,3	95,3-96,3	95,1-96,0	94,8-95,5
	Brillo promedio del recubrimiento al terminar el ensayo				
	88,3-89,9	89,4-92,3	90,1-91,2	90,5-91,1	89,4-90,8
Grupo 2 Brillo promedio (30° brillo)	Brillo promedio del recubrimiento antes del ensayo				
	90,1-92,8	92,3-93,5	93,9-95,3	93,3-94,0	93,0-93,6
	Brillo promedio del recubrimiento al terminar el ensayo				
	86,1-87,7	87,3-89,1	88,5-90,2	88,0-89,8	86,3-88,2
Grupo 3 Brillo promedio (30° brillo)	Brillo promedio del recubrimiento antes del ensayo				
	84,0-87,7	80,1-82,0	81,7-85,4	80,0-81,8	82,4-87,8
	Brillo promedio del recubrimiento al terminar el ensayo				
	74,5-80,6	67,8-69,4	65,0-75,9	63,1-68,9	68,2-77,4

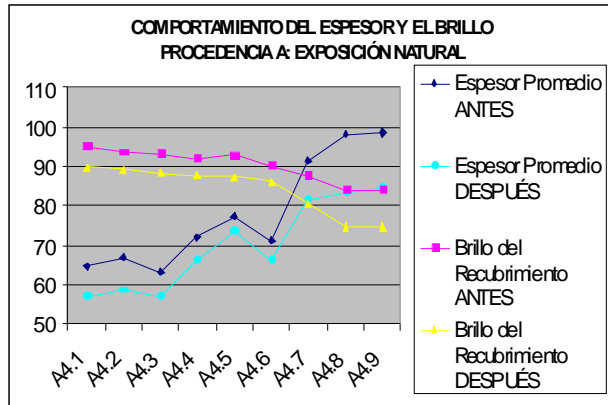


Fig. 1. Comportamiento del espesor y brillo para las muestras A4.1 a A4.9. Procedencia A

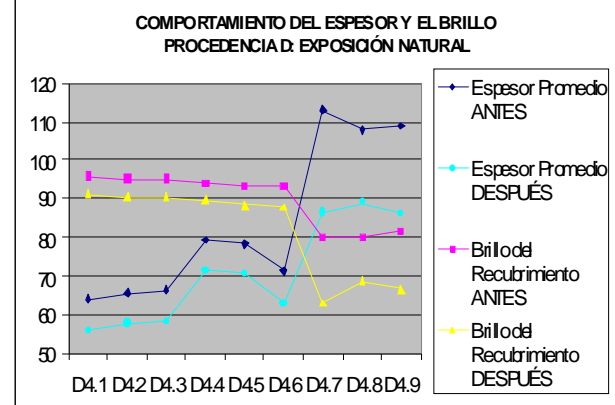


Fig. 4. Comportamiento del espesor y brillo para las muestras D4.1 a D4.9. Procedencia D.

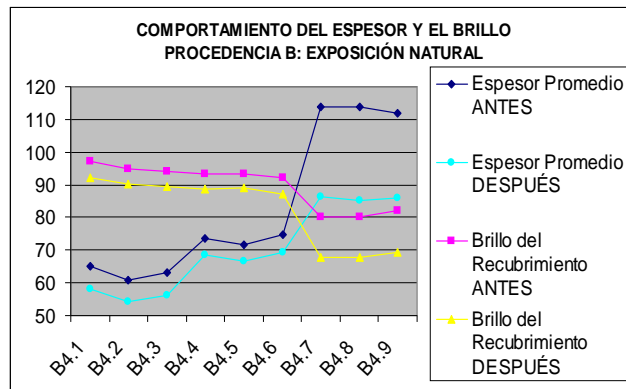


Fig. 2. Comportamiento del espesor y brillo para las muestras B4.1 a B4.9. Procedencia B

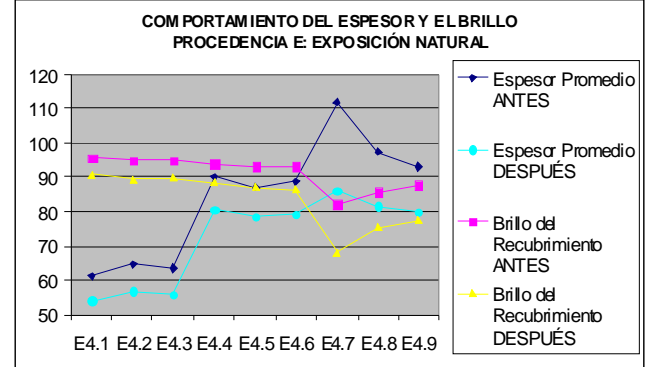


Fig. 5. Comportamiento del espesor y brillo para las muestras E4.1 a E4.9. Procedencia E

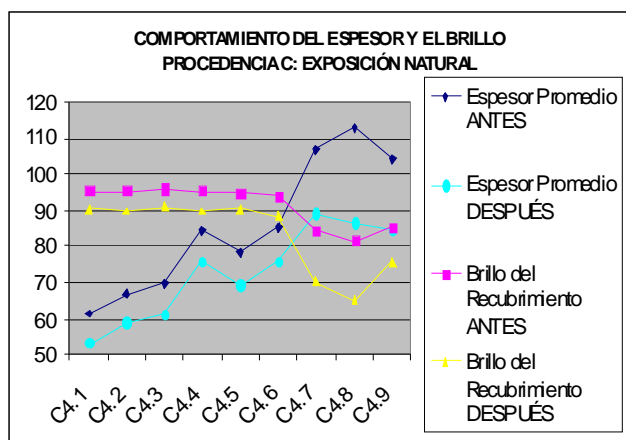


Fig. 3. Comportamiento del espesor y brillo para las muestras C4.1 a C4.9. Procedencia C

Como puede observarse en los gráficos del 1 al 5, para cada una de las procedencias se mantienen las mismas condiciones. A medida que el espesor aumenta, el brillo disminuye y las pérdidas son mayores, tanto en el espesor como en el brillo en los perfiles con espesor de recubrimiento por encima de las 90 micras y es generalizada la situación de la pérdida de espesor a valores por debajo de 60 micras en la mayoría de los perfiles del grupo 1.

CONCLUSIONES

1. El clima marino-costero existente en Cuba ejerce una gran influencia sobre los espesores de los recubrimientos lacados sobre perfiles de aluminio, provocando su disminución en algunos casos hasta valores por debajo de los recomendados por Qualicoat para garantizar la durabilidad.

2. De acuerdo con los resultados obtenidos se recomienda la modificación de la especificación de espesor de recubrimiento establecida en las directrices de Qualicoat para garantizar la durabilidad de los perfiles de aluminio lacado en el clima costero de Cuba a un rango de (70-90) μm .

3. Con la realización de este trabajo se ha demostrado que resulta de extrema importancia perfeccionar en el país mecanismos que obliguen tanto a productores como a importadores de carpintería de aluminio lacado a enfrentar los controles que garanticen la conformidad de sus productos con el clima tropical de Cuba.

REFERENCIAS

1. **SHOPPING, A.** *Directrices concernientes a la marca de calidad para los revestimientos por termolacado (líquido o polvo) del aluminio destinado a la arquitectura*. 13a edición. Suecia. Diciembre 2012. Disponible en Web: <http://www.aselaclacados.com/qualicoat/especificaciones.pdf>
2. NORMA ESPAÑOLA UNE EN ISO 2360: 04. *Recubrimientos no conductores sobre un metal base no magnético. Medición del espesor. Método de las corrientes de Foucault*. AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), Madrid, España, 2010.
3. NORMA ESPAÑOLA UNE EN ISO 2813: 99. *Pinturas y barnices. Determinación del brillo especular de recubrimientos no metálicos, con un ángulo de 20°; 60° y 85°*. AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). Madrid, España, 2010.
4. NORMA ESPAÑOLA UNE 38350: 2001. *Aluminio y aleaciones de aluminio para forja. Serie 6000. EN AW-6060*. AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), Madrid, España, 2010.
5. NORMA ESPAÑOLA UNE 38337: 2001. *Aluminio y aleaciones de aluminio para forja. Serie 6000. EN AW-6063*. AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). Madrid, España, 2010.
6. NORMA ASTM (American Standard of Testing Materials) E 10: 2007. *Determinación de la dureza Brinell de materiales metálicos*. West Conshohocken, PA 19428-2959. United States of America.
7. NORMA ESPAÑOLA UNE EN ISO 2810:05 *Pinturas y Barnices. Envejecimiento natural de recubrimientos. Exposición y evaluación*. AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). Madrid, España, 2010.
8. **GONZÁLEZ PRADA, Candelaria; MARRERO ÁGUILA, Rigoberto.** "Factores ambientales y su influencia en la agresividad corrosiva de la estación de ensayos de Cojimar. Comparación con otras estaciones". *Revista CENIC Ciencias Químicas*. ISSN 0254-0525. vol. 36, núm. 3, 2005. pp. 181-185. Disponible en Web: <http://www.redalyc.org/pdf/1816/181620584007.pdf>

AUTORES

Lilia del Carmen González Ortega

Ingeniera Química, Laboratorio de Ensayos de Tropicalización (LABET), Centro de Tecnología y Calidad (CTEC), Ministerio de Industria, La Habana, Cuba

Brenda Luisa McNeil Montañes

Ingeniera Química, Laboratorio de Ensayos de Tropicalización (LABET), Centro de Tecnología y Calidad (CTEC), Ministerio de Industria, La Habana, Cuba

Rigoberto Marrero Águila

Ingeniero Químico, Doctor en Ciencias, Profesor Titular, Facultad de Ingeniería Química, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba

Durability of Lacquered Aluminium Profile Considering Tropical Weather Conditions

Abstract

Searching for solutions against the degradation of materials by corrosion effect, is a common practice to use alloys such as aluminium instead of steel due to the advantages obtained. The lacquered aluminium profiles can substitute other materials like wood, in the carpentry production, becoming an economic saving. There is an increasingly use of aluminium replacing other traditional materials in the constructions in process, but its quality has been reduced in a considerable amount of installations. In this research, aluminium profiles from five different sources were submitted to a trial in natural exposition conditions at the Tropical weather condition Testing Lab, in order to evaluate their behaviour and establish, for the first time in our country, standing rules for lacquered aluminium profiles to be strictly fulfilled by manufacturers and importers. The results will allow modifying thickness standards of this type of coating, to guaranty its durability and to eliminate the failures provoked by our high severe weather conditions.

Key words: lacquered, aluminium, corrosion testing, weather conditions, durability