

ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE ENFRIAMIENTO PASIVO DE PINTURAS PARA FACHADAS.

N. Alchapar⁽¹⁾, E. Correa⁽¹⁾, A. Cantón⁽²⁾.

(1) Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda - Instituto Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (LAHV-INCIHUSA). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Centro Científico y Tecnológico – CCT C.C.131 C.P. 5500 – Mendoza. Argentina.

e-mail: nalchapar@mendoza-conicet.gob.ar

e-mail: ecorrea@mendoza-conicet.gob.ar

e-mail: macanton@mendoza-conicet.gob.ar

Resumen

Trabajar sobre las propiedades termo-físicas de materiales empleados en paramentos horizontales y verticales (techos, pavimentos y fachadas) resulta una estrategia eficiente y de bajo costo para mitigar los efectos negativos de las islas de calor urbanas. Este artículo reporta la medición de las propiedades ópticas y el correspondiente índice de reflectancia solar de 16 muestras de pinturas para fachadas. Con el objeto de evaluar el potencial de enfriamiento pasivo de pinturas del tipo látex acrílicas e impermeables de diferentes marcas en comparación al comportamiento de una pintura atérmica de amplia difusión en el parque edilicio de la ciudad de Mendoza, Argentina. El estudio se llevó a cabo mediante la determinación de reflectancia solar y temperatura superficial, con respecto a un patrón blanco y uno negro, definido como Índice de Reflectancia Solar (SRI) de acuerdo a la norma ASTM E1980. Los resultados demuestran que para un mismo tipo y color de pintura se registraron diferencias de temperatura superficial entre los casos evaluados del orden de 6 °C para pinturas impermeables y de 5°C para las composiciones acrílicas.

Palabras clave: Índice de Reflectancia Solar, Pinturas para Fachadas, Mitigación de Isla de Calor Urbana.

Abstract

Working on thermo-physical properties of materials used in vertical and horizontal surfaces (roofs, floors and facades) is an efficient and low cost strategy to mitigate the negative effects of urban heat islands. This paper reports the measurement of optics properties and solar reflectance index of 16 samples of facade painting. In order to evaluate the potential of passive cooling of latex coating (waterproofs and acrylics) of different brands, compared to the behavior of an athermal painting widely available in the building park of Mendoza, Argentina. The study was conducted by measuring solar reflectance and surface temperature regarding a white and a black pattern, defined as Solar Reflectance Index (SRI) according to ASTM E1980. The results show that for the same composition and color, were registered superficial thermal differences of 6°K between waterproofs coatings, and 5°K between acrylics coatings.

Keywords: Solar Reflectance Index, Facades Coatings, Urban Heat Island Mitigation.

1. INTRODUCCION

Uno de los mayores problemas que enfrentan las ciudades es el crecimiento horizontal y vertical de superficies selladas y predominantemente oscuras (bajo albedo). Es decir, que los materiales de la envolvente y su morfología definen el albedo global de una urbe y por

consiguiente condicionan su microclima local.

Como consecuencia de los factores mencionados anteriormente se registra un incremento de la temperatura del centro de la ciudad respecto de sus alrededores llamado efecto "isla de calor". Este efecto es de particular importancia en la actualidad y a futuro dado el incremento del consumo de energía eléctrica para el acondicionamiento térmico en los edificios en verano. Además este fenómeno propicia la contaminación ambiental, ya que elevadas temperaturas urbanas sirven de catalizador en diversas reacciones que producen contaminantes atmosféricos. (Hall J. et al, 1992). Para el caso de la Argentina, el sector energético tiene gran responsabilidad en el incremento del efecto invernadero, por ejemplo la generación de energía eléctrica provoca entre un 45 y un 50 por ciento de las emisiones de gases responsables de este efecto (Rössler, C.; 2009).

En el contexto del calentamiento global y la disminución de los recursos energéticos no renovables, es esencial concentrarse en la reducción de la consumo de energía en los edificios (Bodart M., et al. 2008). En muchos países el consumo de energía en el sector residencial representa la tercera parte del total de la energía consumida. El consumo de energía eléctrica en el sector edilicio ha aumentado a lo largo de los años. (Synefa A., et al. 2007).

A nivel internacional, los consumos de energía eléctrica para uso residencial de aire acondicionado muestran un comportamiento creciente. Por ejemplo, en EE.UU (entre 1978 a 1997) aumentó de $3,27.10^{17}$ a $4.43.10^{17}$ Jule y aproximadamente del 75% de los hogares tenía aire acondicionado. En los países de la OCDE, la demanda de electricidad para el acondicionamiento térmico de verano en espacios residenciales se ha incrementado en un 13% entre 1990 y 2000. (IEA 2005),

A escala nacional, el Ministerio de Planificación de la Nación Argentina, informó que en el verano 2012 se batió un récord de demanda energética a nivel país, que llegó a los 436,6 GWh. A nivel regional, en la provincia de Mendoza –ciudad en la que se realiza el estudio- se registró una marca histórica de consumo eléctrico durante el mes de enero de 2012, que alcanzó los 947 Megavatios/hora, con picos 1.320Mw, producidos en las horas de máxima temperatura por el uso equipos de aire acondicionado. En el último año el consumo eléctrico creció en la provincia un 5%. (www.diariouno.com.ar). Los datos anteriores avalan la importancia de trabajar sobre las propiedades térmicas de los materiales que componen las ciudades como estrategia para paliar la crisis energética y sus consecuencias sobre el clima local y global.

Estudios in situ y simulaciones por computadora han comprobado que el uso de altos albedos en la envolvente urbana pueden disminuir considerablemente las temperaturas interiores de edificios y a escala macro disminuir el efecto de la isla de calor urbana (Givoni,1998; Taha et al., 1988).

Los materiales fríos (alto albedo y emitancia en el IR) reducen la demanda de energía para refrigeración en edificios con aire acondicionado y mejoran el confort de los edificios sin acondicionamiento. (EPA, 2009). Es por ello, que definir parámetros que caractericen el comportamiento térmico de los materiales de la envolvente urbana resulta indispensable para mejorar el funcionamiento energético de las ciudades.

Diversas investigaciones (Cheng V. et al. 2005; Kai L. et al. 2010; Doya M. et al. 2012; Karlessi T. 2009) han estudiando el impacto de las pinturas sobre los consumos energéticos y la consecución de condiciones de confort.

Para mitigar los efectos negativos de la urbanización, una estrategia de enfriamiento pasivo que resulta efectiva y de bajo costo es la aplicación de pinturas refelectivas sobre las superficies verticales (fachadas) y horizontales (techos) de la envolvente edilicia.

Es por ello que este trabajo analiza y clasifica el funcionamiento térmico de pinturas blancas para fachadas, específicamente, puesto que existe un menor desarrollo en éste campo en relación a la producción científica realizada con pinturas para techos.

El objetivo de éste estudio es determinar el potencial de enfriamiento pasivo de pinturas látex de composición acrílica, impermeable para fachadas en comparación al comportamiento de una pintura atérmica difundida en el mercado local. Mediante el cálculo del Índice de Refelectancia Solar (SRI) bajo la norma ASTM E1980.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Unidades de estudio

Se confeccionaron 16 muestras de pintura látex para fachadas sobre una base de hormigón de 40 x 20 cm. Según especificación del fabricante, se preparó la superficie a pintar con una capa de enduido para exteriores y sellador fijador previamente lijado, luego se dispusieron 3 capas de cada una de las pinturas látex a estudiar. (Ver fig. 1)



Figura 1 – Muestras de pintura látex para fachadas dispuestas en el predio.

Las muestras se ubicaron sobre una superficie horizontal de poliestireno expandido de 7 cm. de espesor, dentro de un predio del CCT-Mendoza (Centro Regional de Investigaciones Científicas y Técnicas). Se seleccionaron pinturas látex para fachadas en tres composiciones disponibles en el mercado local: acrílica (ac), impermeable (im) y atérmica (at) de diversas marcas comercializadas regionalmente.

| Cod. | Color | Composición | | | Cod. | Color | Composición | | |
|--------|--------|-------------|-------------|----------|--------|-----------|-------------|-------------|----------|
| | | Acrílico | Impermeable | Atérmico | | | Acrílico | Impermeable | Atérmico |
| PIN 01 | blanco | | | * | PIN 09 | blanco | | * | |
| PIN 02 | negro | * | | | PIN 10 | blanco | | * | |
| PIN 03 | blanco | | * | | PIN 11 | blanco | * | | |
| PIN 04 | blanco | | * | | PIN 12 | blanco | * | | |
| PIN 05 | blanco | | * | | PIN 13 | blanco | * | | |
| PIN 06 | blanco | | * | | PIN 14 | blanco | | * | |
| PIN 07 | blanco | | * | | PIN 15 | blanco | | * | |
| PIN 08 | blanco | | * | | PIN 16 | terracota | | * | |

Tabla 1- Clasificación de pinturas látex según su color y composición.

La pintura látex acrílica (ac) es una emulsión estireno acrílico. Compuesta por resinas en dispersión acuosa, dióxido de titánio y pigmentos entendedores.

La pintura látex impermeable (im) es un emulsión acrílica elastomérica que proporciona flexibilidad y resistencia al recubrimiento para impedir las fisuras causadas por los cambios de temperatura y humedad.

La pintura atérmica (at) es un recubrimiento de alta durabilidad formulado a base de polímeros acrílicos y componentes reflectivos destinado a proteger térmicamente de la radiación solar y de los rayos UV. (Ver tabla 1)

2.2. Propiedades ópticas

Se registraron, los valores de albedo, emisividad y temperatura superficial correspondiente a las 13:00hs durante el período estival del año 2012. Estos datos fueron utilizados para calcular el SRI, de acuerdo a lo establecido por la norma de referencia en la que se sustenta la investigación. En condiciones ambientales estándar, con un flujo de radiación solar de 827 W/m², temperatura media de aire 30°C, 36.4% de humedad relativa. Con velocidades de viento promedio de 1.2m/s.

El albedo o reflectancia solar, es el porcentaje de la energía solar reflejada por una superficie. Esta propiedad es determinante de las máximas temperaturas en un material. (Levinson, et al, 2002). La emitancia térmica de un material determina la cantidad de calor que se irradia por unidad de superficie a una temperatura dada, es decir, la facilidad con la que una superficie arroja calor. (Avdelidis and Moropoulou, 2003)

Se calculó el valor del *albedo* ($\hat{\alpha}$), mediante la utilización de un albedómetro tipo Kipp & Zonen CMA11. Éste instrumento posee un rango espectral de 285 a 2800 nm, con una irradiancia solar máxima de 4000 W/m² (Kipp & Zonen Product Catalogue, 2012). El albedómetro registra la radiación solar recibida sobre superficie horizontal y la radiación solar reflejada, de éste modo se determina por diferencia, el albedo de cada pintura.

Para estimar la emisividad (ϵ) se empleó un sensor de temperatura de termo cupla tipo T asociado a un data logger hobbo U12, el mismo fue programado en registros de medición de temperatura superficial en intervalos de 2 segundos. El valor del flujo radiante emitido por el material es comparado con el dato que registra un termómetro IR Fluke 568 con ajuste de emisividad. De modo tal que la emisividad del material corresponde a aquella que hace coincidir la temperatura de la termo cupla con la del termómetro IR (ASTM Standard, 2006). La conductividad térmica de cada material se ha despreciado, ya que sus espesores son semejantes y además se trabaja con límite adiabático respecto de la conductividad a tierra (superficie de poliestireno expandido).

2.3. Registros Térmicos Superficial

Los registros del *comportamiento térmico superficial* (T_s) se tomaron con la cámara IR Fluke Ti 55 que detecta la radiación infrarroja de onda larga en el rango de 7.5 a 14 micras dentro del espectro electromagnético. Con este instrumento se obtuvieron imágenes térmicas que registran el calor radiante de cada pintura.

La energía radiante registrada por la cámara infrarroja no sólo está en función de la temperatura del objeto, sino que también de su emisividad. La misma fue seteada previamente de acuerdo al valor medido para cada material in situ.

2.4. Determinación de Índice de Reflectancia Solar

Se calcula el Índice de Reflectancia Solar (SRI) de las pinturas seleccionadas mediante la medida de su reflectividad solar, su emisividad térmica y su rendimiento térmico superficial. Se obtiene éste indicador bajo la norma ASTM E1980-11.

El SRI cuantifica el calor que acumularía un material en relación a una superficie estándar negra y una blanca, bajo condiciones ambientales estándar. Se define como patrón negro a un material con una reflectancia de 0.05 y una emitancia 0.90, cuyo; y el patrón blanco equivale posee una reflectancia 0.80 y una emitancia 0,90. El SRI es un valor entre 0% (tan caliente como una superficie de color negro) y 100% (tan fresco como una superficie blanca).

Para una superficie expuesta al sol y aislada por debajo, la temperatura superficial de equilibrio (T_s) se obtiene a partir de:

$$T_s = 309.07 + \frac{(1066.07\alpha - 31.98\varepsilon)}{(6.78\varepsilon + h_c)} - \frac{(890.94\alpha^2 + 2153.8\alpha\varepsilon)}{(6.78\varepsilon + h_c)^2} \quad [\text{Eq. 01}]$$

Dónde:

- α = absorptancia solar = 1 - reflectancia solar.
- ε = emisividad térmica
- T_s = temp. superficial en estado estacionario. K.
- h_c = coeficiente convectivo. $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, and

El índice de Reflectividad Solar se define como:

$$SRI = 100 \frac{T_b - T_s}{T_b - T_w} \quad [\text{Eq. 02}]$$

Dónde:

- T_b = temperatura superficial patrón negro. K.
- T_w = temperatura superficial patrón blanco. K.

Se calcularon las temperaturas superficiales de los patrones, bajo condiciones ambientales locales utilizando la ecuación 1. (Ver tabla 2).

| PATRONES | $\hat{\alpha}$ | ε | T_s (°K) | T_s (°C) | SRI (%) |
|------------------|----------------|---------------|------------|------------|---------|
| NEGRO (T_b) | 0.05 | 0.90 | 304 | 31 | 0 |
| BLANCO (T_w) | 0.80 | 0.90 | 359 | 86 | 100 |

Tabla 2 – Índice de Reflectividad Solar de superficies patrones iniciales.

A través del cálculo de la ecuación 2 se obtuvieron los índices de reflectividad solar (SRI) para los revestimientos acrílicos y cementicios. (Ver tabla 3).

| Cod | Composición | color | $\hat{\alpha}$ | ε | T_s (K°) | T_s (C°) | SRI (%) |
|--------------|-------------|-------|----------------|---------------|------------|------------|---------|
| PIN 01 - at. | atérmica | | 0.79 | 0.93 | 311 | 37 | 88 |
| PIN 02 - ac. | acrílica | | 0.30 | 0.98 | 354 | 81 | 8 |

| | | | | | | | |
|--------------|-------------|--|------|------|-----|----|----|
| PIN 03 - im. | impermeable | | 0.81 | 0.95 | 310 | 37 | 89 |
| PIN 04 - im. | impermeable | | 0.82 | 0.95 | 309 | 36 | 90 |
| PIN 05 - im. | impermeable | | 0.83 | 0.95 | 309 | 36 | 91 |
| PIN 06 - im. | impermeable | | 0.81 | 0.90 | 310 | 37 | 88 |
| PIN 07 - im. | impermeable | | 0.82 | 0.90 | 310 | 37 | 89 |
| PIN 08 - im. | impermeable | | 0.78 | 0.95 | 312 | 39 | 86 |
| PIN 09 - im. | impermeable | | 0.80 | 0.93 | 311 | 38 | 87 |
| PIN 10 - im. | impermeable | | 0.80 | 0.93 | 311 | 38 | 87 |
| PIN 11 - ac. | acrílica | | 0.79 | 0.93 | 312 | 39 | 86 |
| PIN 12 - ac. | acrílica | | 0.79 | 0.90 | 312 | 39 | 86 |
| PIN 13 - ac. | acrílica | | 0.84 | 0.90 | 307 | 33 | 95 |
| PIN 14 - im. | impermeable | | 0.82 | 0.90 | 308 | 35 | 93 |
| PIN 15 - im. | impermeable | | 0.83 | 0.90 | 305 | 31 | 99 |
| PIN 16 - im. | impermeable | | 0.45 | 0.95 | 349 | 76 | 18 |

Tabla 3 – Enumeración de las pinturas látex para fachada estudiados, con sus respectivos códigos asignados para cada composición; color; albedo (\hat{a}); emisividad (ϵ); temperatura superficial (T_s) en °Kelvin y °Celsius; e Índices de Reflectancia Solar (SRI) en porcentajes.

3. RESULTADOS

3.1. Índice de Reflectancia Solar de casos extremos.

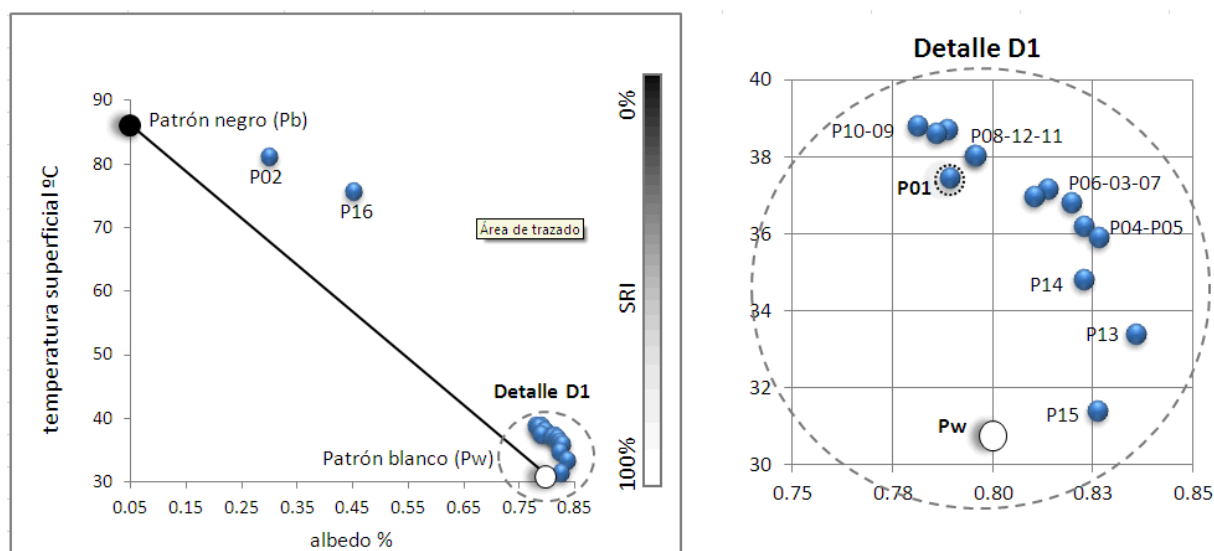


Figura 3 – Índice de Reflectividad Solar (SRI), según temperatura superficial (°K) y albedo de pinturas para fachadas.

Del total de las muestras estudiadas la pintura impermeable - P15- es el material que registra el comportamiento más eficiente. Alcanza el mayor nivel de reflectividad solar (SRI=99%) y una temperatura superficial de 31°C. Registrando valores de \hat{a} =0.83 y ϵ =0.90. En segundo y

tercer lugar se ubican la pinturas acrílica -P13- con un SRI=95% y un $T_s=31^\circ\text{C}$ y el revestimiento impermeable -P14- (SRI=93%, $T_s=35^\circ\text{C}$).

Las pinturas más desfavorables son en orden descendente: pintura acrílica negra -P02- con una $T_s=81^\circ\text{C}$ y un SRI de 8%, en segundo lugar la impermeable terracota -P16- (SRI=18%; $T_s=76^\circ\text{C}$). Dentro de las tonalidades blancas las pinturas con menor índice de reflectividad solar (SRI) son la impermeable -P08-, y las acrílicas -P12-P11- con idénticos valores de SRI=86% y de $T_s=39^\circ\text{C}$. (ver tabla 3). Sintetizando, los casos extremos analizados (P15-P02) presentan diferencias superiores al 91% en su capacidad para mitigar los efectos de la Isla de Calor. La pintura acrílica negra -P02- aumenta su temperatura 49°C más que la impermeable blanca -P15. (ver fig. 2).

En figura 2 se grafican los comportamientos térmicos y características ópticas del total de las pinturas estudiadas, en relación a una superficie estándar negra y blanca utilizadas para el cálculo del índice SRI. En detalle D1, se amplía la información debido a que la gran concentración de pinturas blancas oscila entre un rango térmico de $39\text{--}31^\circ\text{C}$ y valores de reflectancia de 0.78-0.84.

Cabe destacar que la pintura atérmica -P01- no muestra un comportamiento eficiente en relación al resto de los recubrimientos. Posee un SRI=88% y diferencias térmicas de 6°C con respecto a la pintura más fría -P15.

3.2. Pinturas Látex Acrílicas Blancas (ac)

Si dejamos constante el color y evaluamos la incidencia de la composición, vemos que para el caso de la composición acrílica la pintura -P13- posee un buen funcionamiento térmico. Con registros de temperatura superficial de 33°C y un SRI=95%. Las pinturas acrílicas que presentan menores niveles de SRI son: -P11-P12-, alcanzando idénticos valores de $T_s=39^\circ\text{C}$ y SRI= 86%. En adición, entre los casos extremos en pinturas acrílicas blancas se obtuvieron diferencias térmicas de 9°C . (Ver tabla 3 y fig. 3).

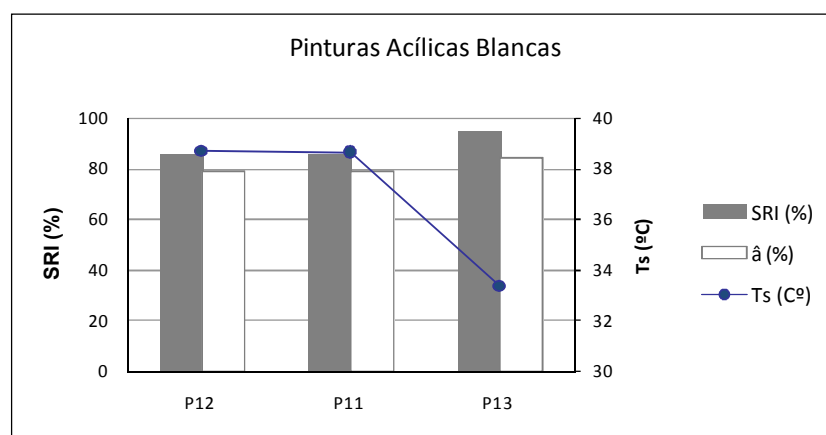


Figura 3 - Índice de Reflectividad Solar de Pinturas Acrílicas (ac).

3.3. Pinturas Látex Impermeables Blancas (im)

Dentro de las muestras de composición impermeable la pintura blanca -P15- consigue un mejor comportamiento. Este recubrimiento registra una $T_s=31^\circ\text{C}$ y un SRI=99%. En segundo y tercer lugar, se ubican las pinturas impermeables -P14- con una $T_s=35^\circ\text{C}$, SRI=94% y la -

P05- con una $T_s=36^\circ\text{C}$, $\text{SRI}=91\%$. Las alternativas impermeables con menor capacidad para mitigar las cargas de calor de una ciudad, son: -P10-P09-P08- con un rango térmico superficial que oscila entre: $38\text{-}39^\circ\text{C}$ y SRI entre $86\text{-}87\%$ en los tres casos. (Ver tabla 3 y fig. 4). Es decir, que se relevaron diferencias de SRI ente los casos extremos de pinturas impermeables de 13% .

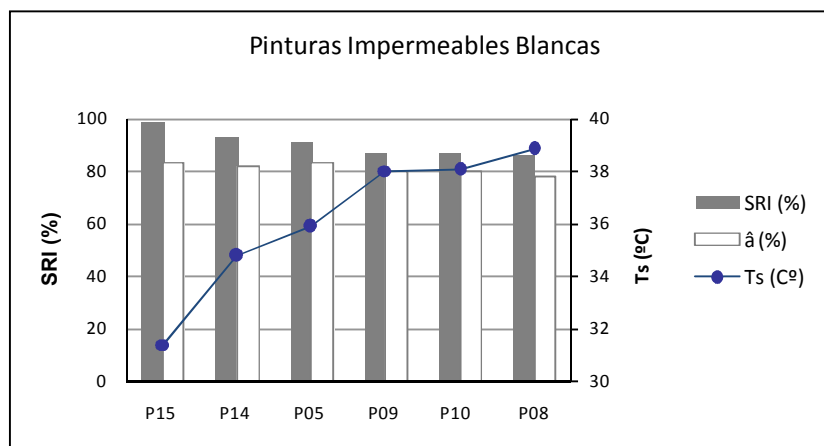


Figura 4 - Índice de Reflectividad Solar de Pinturas Impermeables (im). (Se graficaron solo los tres materiales que poseen mayor y menor habilidad para disminuir la ICU).

4. CONCLUSIONES

En el mercado regional existe una amplia variedad de pinturas para fachadas, es por ello que resulta importante seleccionar la opción adecuada como una estrategia pasiva para reducir el consumo anual de energía asociado a las cargas de enfriamiento y mejorar las condiciones de confort. Los resultados muestran que para una misma composición y color se registraron diferencia térmicas superficiales de 7°C entre pinturas impermeables (P15 vs P08). Mientras que para las composiciones acrílicas se obtuvieron diferencias de 5°C . (P13 vs P12).

Con respecto a la pintura -P01-, a pesar de su condición atérmica, no consigue mayor enfriamiento que el resto de las alternativas, con un $\text{SRI}=88\%$ y registros de 6°C de temperatura superficial por debajo de la opción más eficiente (P15). Es decir, que no es suficiente seleccionar una pintura atérmica, de acuerdo a lo que ofrece el mercado, sino que es necesario un estudio más profundo, que pondere el potencial de enfriamiento pasivo; y de esta forma asegurar que su aplicación en la envolvente edilicia sea efectiva. En el caso de las pinturas látex de tonalidades oscuras (terracota y negro), muestran un funcionamiento ineficiente en el orden de reducción ICU. Con niveles de SRI inferiores al 19% .

A modo de conclusión, es importante destacar que se han estudiado particularmente pinturas de color blanco y las diferencias de temperaturas encontradas ponen de manifiesto que no es suficiente la selección solo del color para garantizar el mejor funcionamiento térmico. Es por ello, que las prestaciones térmicas de las pinturas deben estar asociadas al comportamiento simultáneo de color y composición.

En esta primera etapa se seleccionaron mayoritariamente los colores blancos, pues el color claro en general posee un mayor albedo y por lo tanto un mejor comportamiento térmico. En etapas futuras, se ampliará el muestrario de colores y composiciones, con el fin de de catalogar térmicamente los pinturas disponibles regionalmente para transferir esta

información a los responsables del desarrollo del hábitat en nuestra región y lograr reducir los consumos energéticos edilicios para la consecución de ciudades más sostenibles.

REFERENCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM E-1933-99a: Standard Test Methods for Measuring and Compensating for Emissivity Using Infrared Imaging Radiometers. 2006.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM E-1980-11: Standard Practice for Calculating Solar Reflectance Index of Horizontal and Low-Sloped Opaque Surfaces. 2011.

AVDELIDIS N., MOROPOULOU A. Emissivity Considerations in Building Thermography. *Energy and Buildings*, v.35, p. 663–667. 2003.

BODART M, PENARANDA R., DENEYER A., FLAMANT G. Photometry and colorimetry characterization of materials in day lighting evaluation tool. *Building and Environment* v. 43, p. 2046–2058. 2008.

CHENG V., GIVONI B. Effect of Envelope Colour and Thermal Mass on Indoor Temperatures in Hot Humid Climate. *Solar Energy* v. 78, p. 528-534. 2005.

DIARIO UNO. “Se rompieron dos récord de consumo energético en Cuyo en seis días”. Mendoza. 10/1/2012. Disponible en: <<http://www.diariouno.com.ar>>. Acceso: 1 mar. 2012.

DOYA, M., BOZONNET, E. ALLARD, F. Experimental Measurement of Cool Facades Performance in a Dense Urban Environment. *Energy and Building* 2012. En prensa.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **EPA 2008**. Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies: Basic and Cool Pavements Compendium. 2008.

EPA, 2009a. Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Cool Roofs. Disponible en: <<http://www.epa.gov/hiri/resources/compendium.htm>>.

GIVONI, B. *Climate Considerations In Building And Urban Design*. John Wiley & Sons, Inc., New York. 1998.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **IEA**. *World Energy Outlook 2008–2009*, Paris. 2005.

HALL J., WINER A., KLEINMAN M., LURMAN F. BRAJER V., COLOMA S. Valuing the Health Benefits of Clean Air. *Science* v.255, p.812-817. 1992.

KAI, L., NEIDE, M. VANDERLEY M. Estimating Thermal Performance of Cool Colored Paints. *Energy and Building* v. 42, p. 17-22. 2010.

KARLESSI T., SANTAMOURIS M., APOSTOLAKIS K., SYNNEFA A., LIVADA I. Development and Testing of Thermochromic Coatings for Buildings and Urban Structures . *Solar Energy* v. 83, p. 538-551. 2009.

KIPP & ZONENPRODUCT CATALOGUE. Disponible en: <<http://www.kippzonen.com>>. Acceso: 1 mar. 2012.

LEVINSON, R., AKBARI, H. Effects of Composition and Exposure on the Solar Reflectance of Portland Cement Concrete. *Cement and Concrete Research* v. 32, n.11, p. 1679-1698. 2002.

RÖSSLER, C. Variaciones Rössler: clima y energía. En <<http://www.conicet.gov.ar/NOTICIAS>>. 2009.

SYNNEF A., SANTAMOURIS M., APOSTOLAKIS K. On the Development, Optical Properties and Thermal Performance of Cool Colour Coatings for the Urban Environment. *Solar Energy* v. 81, p. 488-497. 2007.

TAHA, H., AKBARI, H., ROSENFELD, A., HUANG, J. Residential Cooling Loads and the Urban Heat Island: the Effects of Albedo. *Building and Environment* v. 4, p. 271–283. 1988.