

## PAVIMENTOS DE ASFALTO Y HORMIGÓN MODIFICADOS PARA MEJORAR EL MICROCLIMA URBANO

Pablo Cabrera<sup>1</sup>, Gerardo Botasso<sup>1</sup>, Ana M. Castro Luna<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Viales UTN FRLP – CICPBA LEMaC

<sup>2</sup>Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires CICPBA,

<sup>3</sup>Energías Renovables, Tecnología y Desarrollo Sustentable, EnAITecS, Codapli, UTN FRLP

Tel. +5492214951990 e-mail: [pcabrera@frlp.utn.edu.ar](mailto:pcabrera@frlp.utn.edu.ar)

**RESUMEN:** En las últimas décadas, el desplazamiento continuo de la población rural hacia centros urbanos hizo necesario construir más viviendas y vías de acceso, lo que modificó negativamente al medioambiente. La sustitución del suelo natural por pavimento asfáltico o de hormigón, imprescindibles para la infraestructura de transporte, ha sido en parte responsable del cambio mencionado. En la ciudad, los pavimentos al impedir la infiltración del agua de lluvia provocan inundaciones, en verano las superficies se calientan considerablemente por la incidencia de la radiación solar. Parte del calor solar absorbido por los pavimentos es devuelto al ambiente. La temperatura del aire se incrementa en la ciudad con respecto a aquella de la región rural circundante, provocando el efecto Isla de Calor Urbano, ICU. Es posible mejorar la calidad del medioambiente urbano modificando la estructura y las propiedades termofísicas del pavimento clásico, si se agregan materiales de alta reflectancia de la radiación solar incidente, alta emisividad del calor absorbido, buena difusividad, e inercia térmica moderada. En este trabajo se estudia el comportamiento térmico de muestras densas de pavimento asfáltico y de hormigón calentadas con luz solar, en la terraza de la UTN FRLP ciudad de La Plata, en el verano 2022/2023.

**Palabras clave:** energía solar, isla de calor urbano, pavimentos, microclima.

### INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el desplazamiento continuo de la población rural hacia centros urbanos hizo necesario construir más viviendas y vías de acceso. La sustitución del suelo natural por pavimento asfáltico o de hormigón, imprescindibles para la infraestructura de transporte, ha sido en parte responsable de cambios negativos que afectan la calidad del medioambiente. Ya que, en la ciudad, los pavimentos de las calles impiden la infiltración del agua de lluvia, se calientan en verano por la incidencia de la radiación solar y gran parte del calor solar absorbido por los pavimentos es devuelto al ambiente.

<sup>1</sup>El pavimento de mezcla asfáltica de baja conductividad térmica y calor específico alto, por su color oscuro, actúa como cuerpo negro, absorbe gran parte de la radiación solar incidente y la almacena como calor, el cual de acuerdo con la temperatura que alcanza el pavimento es en parte transferido por

---

<sup>1</sup>Cuando la radiación solar incide en el pavimento, una porción de la misma se refleja al ambiente, mientras que el resto es absorbido por el pavimento, la relación de la radiación reflejada a la radiación solar incidente se denomina albedo. La inercia térmica es la capacidad de un material para absorber y liberar energía. La difusividad térmica es la conductividad térmica dividida por la densidad y la capacidad calorífica específica a presión constante. Alta difusividad significa que el calor se transfiere rápidamente. Un alto valor de difusividad térmica aumenta las temperaturas internas en una superficie, mientras que una baja difusividad térmica aumenta el almacenamiento de calor y disminuye la conductividad (Qin y Hiller, 2014; Acharya et al., 2021).

conducción térmica al interior de la capa asfáltica como calor y, además, es emitido desde la superficie al medio ambiente como radiación en la región del infrarrojo del espectro electromagnético.

Existe también un flujo de calor por convección natural desde la superficie de la muestra caliente al aire circundante y, por tanto, una modificación del microclima local en la zona pavimentada.

Los microclimas urbanos son más cálidos que los de los entornos rurales circundantes, lo que da lugar a un efecto denominado isla de calor urbano, ICU (Qin, 2015; Shahmohamadi et al., 2010).

Los resultados de numerosas investigaciones muestran que la modificación de los materiales del pavimento y la reducción de la temperatura en la superficie del mismo, son esenciales para lograr una reducción del efecto ICU (Santamouris, 2013). Este efecto tiene varias consecuencias asociadas, tales como un aumento en la demanda de energía de enfriamiento para aliviar temperaturas elevadas en oficinas, domicilios, comercios, etc. La producción convencional de energía implica un riesgo creciente para la salud humana, por la formación de grandes cantidades de contaminantes del aire, que degradan su calidad. En pocas palabras, los efectos de la ICU derivan en un entorno inadecuado para el desarrollo de la vida.

Los pavimentos convencionales de mezcla asfáltica densa, conductividad térmica  $1,00 \text{ W m}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  y calor específico  $920 \text{ J Kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  o de hormigón conductividad térmica  $1,73 \text{ W m}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  y calor específico  $880 \text{ J Kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  (Correa et al., 2003) son pavimentos ampliamente utilizados en las áreas urbanas por su buen desempeño vial, bajos costos de mantenimiento y reducción del ruido. Una temperatura superficial elevada en el pavimento afecta negativamente la rigidez del aglutinante y provoca surcos en la superficie. La velocidad de oxidación del asfalto aumenta con la temperatura del pavimento y es la causa principal del envejecimiento prematuro de la estructura y el desarrollo de grietas (Badin, 2023).

Es posible mejorar la calidad del medio ambiente urbano si se modifican la estructura y las propiedades termofísicas de un pavimento clásico, utilizando materiales que tengan alta reflectancia de la radiación solar incidente, alta emisividad del calor absorbido, buena difusividad, así como una inercia térmica moderada (Santamouris et al., 2015; Badin et al., 2021). El  $\text{TiO}_2$  es un pigmento ampliamente utilizado para desarrollar materiales fríos que, además, contribuye como fotocatalizador en la eliminación de una amplia gama de contaminantes orgánicos e inorgánicos del aire (Fernández-Mira et al., 2021).

En este trabajo se estudia el comportamiento térmico de muestras densas de pavimento asfáltico y de hormigón convencional, sin y con modificación, calentadas con luz solar, en la terraza de la UTN FRLP ciudad de La Plata, en el verano de 2022/2023.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Las muestras estudiadas se modificaron superficialmente con recubrimientos de diferentes colores (blanco, amarillo ocre y verde), transitables y de gran duración. Los recubrimientos consisten en emulsiones acrílicas elastoméricas con fibras incorporadas, que proporcionan flexibilidad y resistencia para impedir las fisuras causadas por los cambios de temperatura y humedad. También se analizaron muestras de pavimento de asfalto y de hormigón luego de la adición de  $\text{TiO}_2$  a la composición másica dosificada de las mismas.

Se estudió el comportamiento térmico de probetas de pavimento asfáltico, densidad  $2290 \text{ Kg m}^{-3}$ , y de hormigón, densidad  $2389 \text{ Kg m}^{-3}$ , con dimensiones  $0,30 \text{ m} \times 0,30 \text{ m} \times 0,05 \text{ m}$ . Usando termocuplas K y adquirentes de datos Testo 176T4 multicanal, se registraron las temperaturas durante las etapas de calentamiento y enfriamiento, no solo en la superficie,  $T_s$ , sino también a 2 y 4 cm de profundidad,  $T_2$  y  $T_4$ , respectivamente. En el transcurso de diciembre de 2022 y enero de 2023, las muestras se analizaron durante su exposición a la radiación solar. Se utilizó una cámara termográfica Testo 865, con una resolución de infrarrojos de  $320 \times 240$  píxeles y una visualización de diferencias en la temperatura de  $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ , para estimar las emisividades  $\epsilon$  de cada muestra, así como también para confirmar las temperaturas superficiales registradas por las termocuplas. Mediante la aplicación de

software libre se obtuvo el calor acumulado en cada muestra sin y con modificación. Una de las probetas de asfalto y otra de hormigón, se separaron como muestras de referencia, y a las restantes se les aplicó un recubrimiento superficial de aproximadamente  $0,2 \times 10^{-3}$  m de espesor. También se prepararon dos muestras, modificadas en su composición porcentual para incorporar 5% del pigmento  $\text{TiO}_2$  de conductividad térmica  $7,4 \text{ W m}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , resultando un pavimento asfáltico de densidad  $2405 \text{ Kg m}^{-3}$  y otro de hormigón de densidad  $2512 \text{ Kg m}^{-3}$ .

La composición y dosificación de pavimentos de asfalto y de hormigón se muestran en la Tabla 1. Las composiciones y dosificaciones de ambos tipos de pavimentos, modificados con  $\text{TiO}_2$  se muestran en la Tabla 2.

*Tabla 1: Composición del pavimento asfáltico y de hormigón denso.*

PAVIMENTO ASFÁLTICO		HORMIGÓN	
Material	Dosificación (%)	Material	Dosificación (%)
Agregado grueso granítico 6:12	38	Agua	7
Arena trituración granítica 0:6	56	Cemento Pórtland	15
Cal hidráulica hidratada	1	Arena trituración	37
Asfalto CA30	5	Agregado grueso granítico 6:20	41
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

*Tabla 2: Composición del pavimento asfáltico y de hormigón con  $\text{TiO}_2$  en mezcla.*

PAVIMENTO ASFÁLTICO c/ $\text{TiO}_2$		HORMIGÓN c/ $\text{TiO}_2$	
Material	Dosificación (%)	Material	Dosificación (%)
Agregado grueso granítico 6:12	36	Agua	7
Arena de trituración granítica 0:6	53	Cemento Pórtland	14
Cal hidráulica hidratada	1	Arena trituración	35
Asfalto CA30	5	Agregado grueso granítico 6:20	39
$\text{TiO}_2$	5	$\text{TiO}_2$	5
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

En este trabajo se utilizará “°C” como unidad de medida para la temperatura, ya que todos los instrumentos de medición utilizados proveen los datos en dicha unidad.

## RESULTADOS

Los datos de temperatura ambiente e irradiancia solar en los días que se realizaron las medidas al aire libre fueron suministrados por el Departamento de Sismología e Información Meteorológica – FCAG – UNLP.

### *Influencia del color del recubrimiento superficial en el comportamiento térmico de los pavimentos*

Se analizó el comportamiento térmico de muestras de PA - Pavimento Asfáltico, y de PH –Pavimento de Hormigón, sin y con recubrimiento superficial de colores diferentes, cuando se expusieron un día completo al aire libre.

En la Fig. 1a, se representa la variación de la temperatura superficial,  $T_s$ , registrada en las muestras de PA sin y con recubrimiento superficial. Se observa una disminución en la temperatura superficial según el color del recubrimiento.

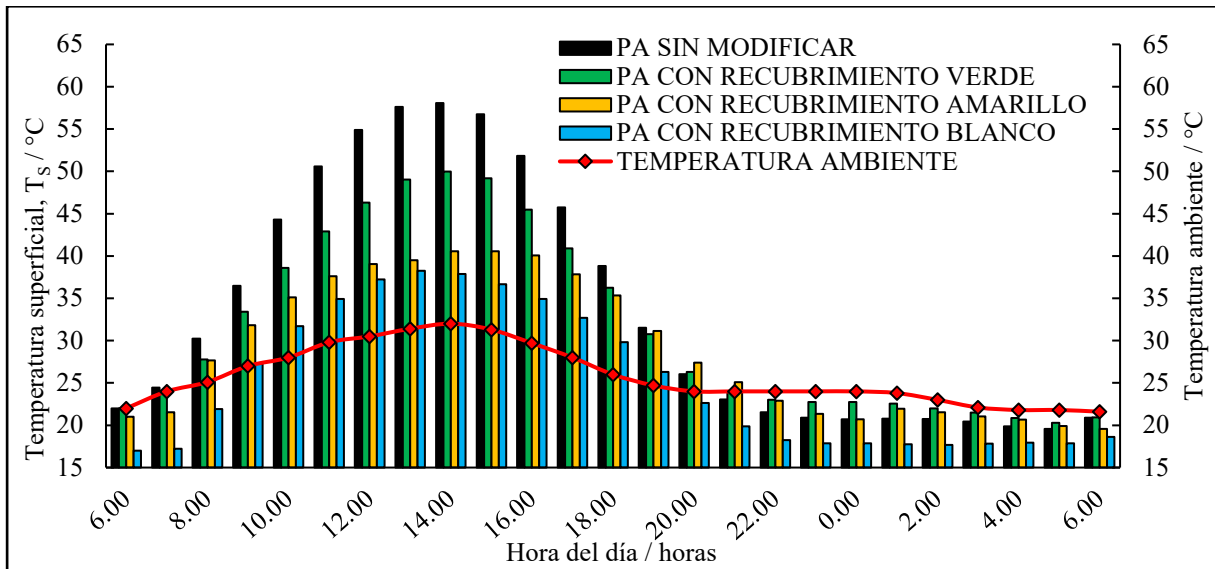


Figura 1a: Variación horaria de las temperaturas superficiales,  $T_s$ , de muestras de PA sin y con recubrimientos coloreados, expuestas un día completo al aire libre.

Durante el día, todas las superficies de PA recubiertas alcanzaron temperaturas superficiales,  $T_s$ , más bajas en comparación con aquellas de la muestra sin recubrimiento. Es posible asociar un mayor albedo al recubrimiento más claro (Santamouris et al., 2015). Durante la noche todas las muestras, sin y con recubrimiento, alcanzaron temperaturas inferiores a las temperaturas ambiente. La superficie recubierta de blanco es la más fría durante la noche.

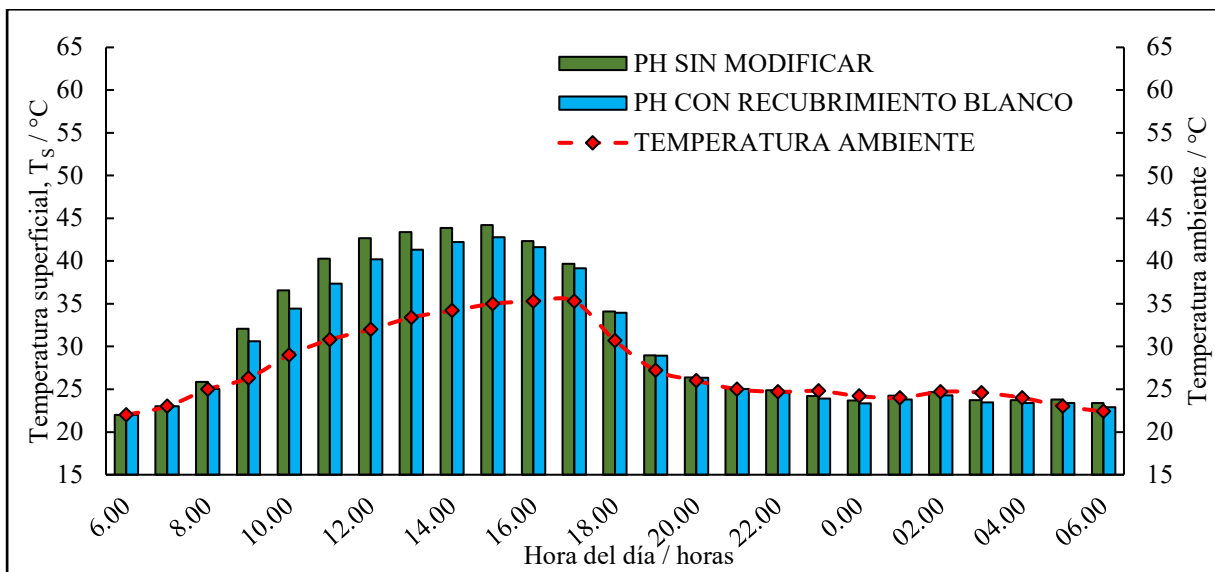


Figura 1b: Variación horaria de las temperaturas superficiales,  $T_s$ , de muestras de PH, sin y con recubrimiento blanco, expuestas un día completo al aire libre.

En la Fig. 1b se representa la variación de la temperatura superficial de muestras de PH, sin y con recubrimiento superficial blanco. Se observa que durante el día la temperatura superficial de la muestra con recubrimiento superficial blanco es ligeramente inferior a la de la muestra sin recubrimiento. Durante la noche las muestras de hormigón, sin y con recubrimiento blanco, alcanzan temperaturas superficiales próximas a las temperaturas ambiente.

#### **Análisis del comportamiento térmico de probetas de PA y PH con $TiO_2$ o con recubrimiento superficial blanco.**

En probetas de PA sin y con recubrimiento superficial blanco, así como en una que contiene  $TiO_2$  en la composición de la mezcla, se analiza el cambio de temperatura superficial,  $T_s$ , según la variación horaria durante un día completo, Fig. 2a. Se observa que el PA sin modificar muestra valores de

temperatura superficial mayores que la muestra con  $\text{TiO}_2$ , mientras que los menores valores de temperatura superficial son exhibidos por la muestra con recubrimiento superficial blanco.

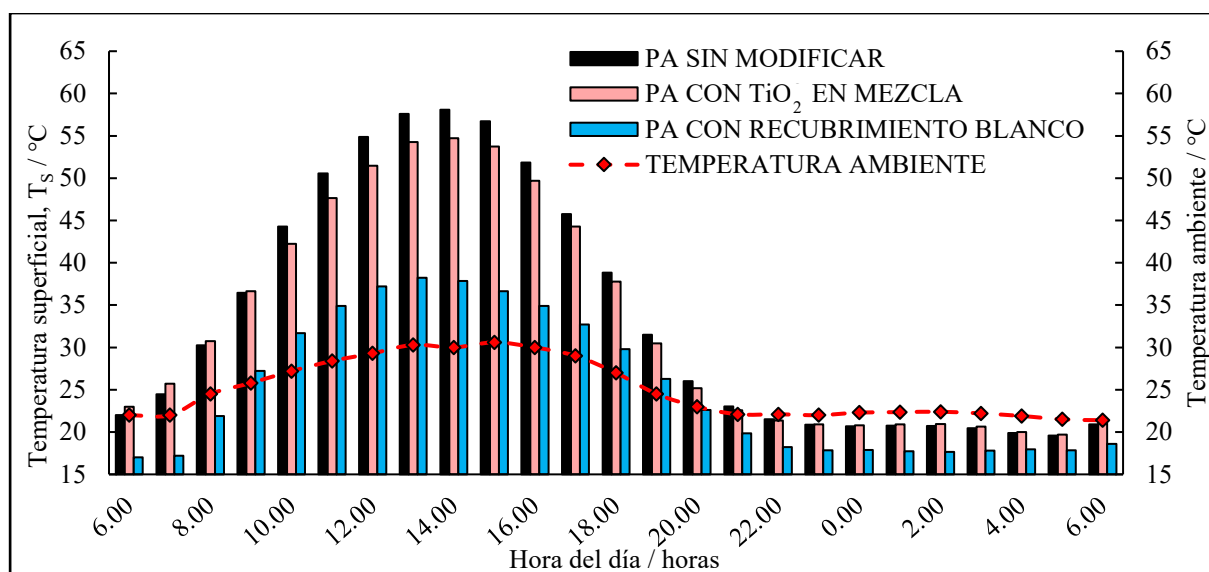


Figura 2a: Variación horaria de las temperaturas superficiales,  $T_s$ , de muestras de PA sin y con recubrimiento blanco o con  $\text{TiO}_2$  en su composición, todas expuestas un día completo al aire libre.

La incorporación de  $\text{TiO}_2$  al PA le confiere a la nueva muestra un tono verde grisáceo por lo que la cantidad de radiación solar reflejada será menor que la reflejada por la muestra con recubrimiento blanco.

Es posible que la ligera disminución en la temperatura superficial de la muestra con  $\text{TiO}_2$  pueda ser debida, en parte, a la modificación del color del PA, y también a un aumento en la conductividad térmica causado por el agregado de  $\text{TiO}_2$  (Badin et al., 2021). Se observa también que la textura superficial de la probeta con incorporación de  $\text{TiO}_2$  es más rugosa que aquella con recubrimiento blanco. El albedo de una superficie es mayor si esta es lisa y de color blanco (Santamouris, 2013). Se concluye que para disminuir la temperatura superficial del pavimento asfáltico resulta más conveniente recubrir de blanco la superficie de la muestra.

La misma experiencia se realizó con las muestras de hormigón, sin y con modificación ya sea en su superficie (recubrimiento blanco), o en su composición (agregado de  $\text{TiO}_2$ ), Fig. 2b. Durante el período de exposición solar, los menores valores de temperatura superficial corresponden a la muestra que contiene  $\text{TiO}_2$ . Probablemente la adición de  $\text{TiO}_2$  incrementa la conductividad térmica de la muestra de hormigón, facilitando la transferencia de calor hacia el interior de esta. Las superficies de las muestras de hormigón con recubrimiento blanco o con incorporación de  $\text{TiO}_2$ , son blancas y de textura lisa, por lo que los valores de albedo no serán diferentes (Santamouris, 2013). Durante la noche las muestras de hormigón, sin y con modificación, alcanzan temperaturas superficiales similares a las temperaturas ambiente, debido a la inercia térmica, la cual se incrementa en la muestra con incorporación de  $\text{TiO}_2$ .

En las muestras de PA y PH, sin y con agregado de  $\text{TiO}_2$ , Figs. 3a y b, se analiza la variación de temperatura a 2 y 4 cm de profundidad,  $T_2$  y  $T_4$  respectivamente, durante la exposición al aire libre de las muestras por un día completo.

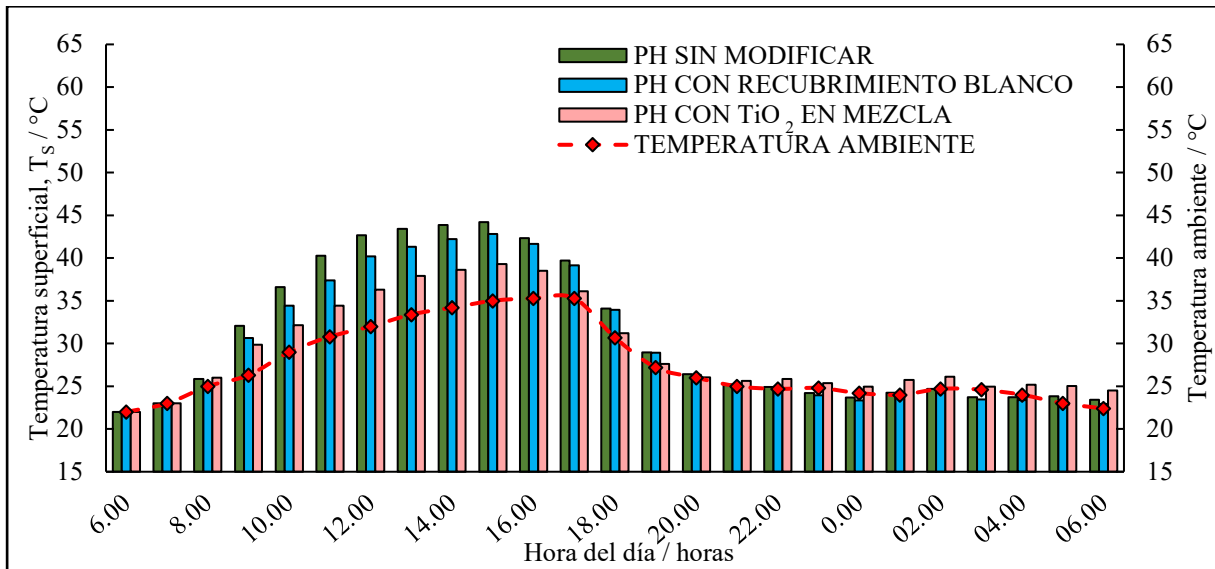


Figura 2b: Variación horaria de las temperaturas superficiales,  $T_s$ , de muestras de PH sin y con recubrimiento blanco o con  $TiO_2$  en su composición, todas expuestas un día completo al aire libre.

Analizando los valores de  $T_2$  y  $T_4$  en las muestras de PA sin y con incorporación de  $TiO_2$ , Fig. 3a, se observa que, durante el período de calentamiento en la mañana, el aumento en  $T_2$  en ambas muestras es mayor que el observado en  $T_4$ , confirmando que la transferencia de calor a 2 cm de la superficie es mayor que a 4 cm (Badin et al., 2021). La diferencia entre  $T_2$  y  $T_4$  para la muestra de PA con  $TiO_2$ , por su mayor conductividad térmica, es menor que para la muestra sin modificar.

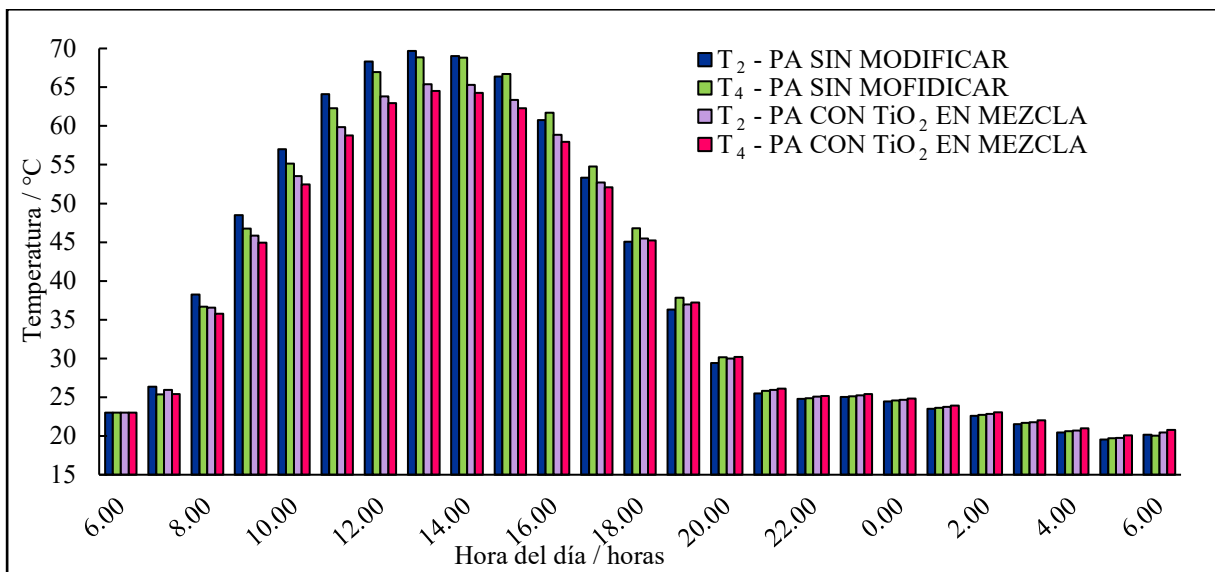


Figura 3a: Variación de las  $T_2$  y  $T_4$  en muestras de PA sin y con  $TiO_2$  expuestas un día completo al aire libre.

Cuando las muestras comienzan a enfriarse después del cenit (posición del sol en el mediodía solar), se observa que  $T_2$  en la muestra de PA sin modificar disminuye más rápido que  $T_2$  en el pavimento modificado con  $TiO_2$ , y que  $T_4$  en la muestra de PA sin modificar es mayor que en la muestra modificada con  $TiO_2$ . Este comportamiento se asocia a la contribución de la conductividad térmica del  $TiO_2$ .

Durante la noche se observa que, para ambas muestras,  $T_2$  y  $T_4$  prácticamente alcanzan los mismos valores.

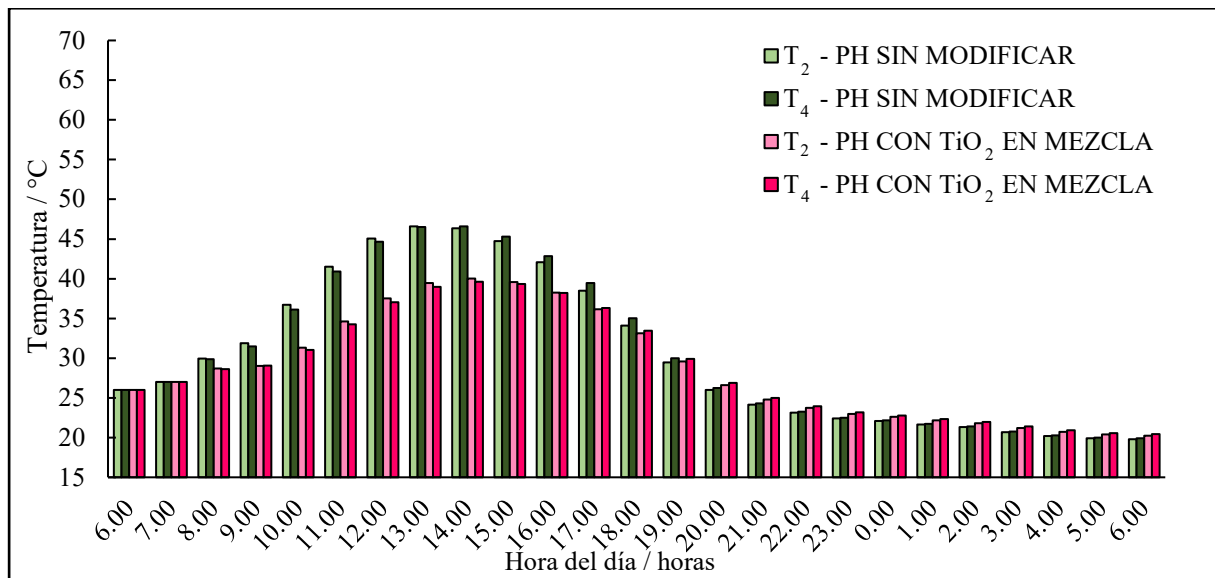


Figura 3b: Variación de  $T_2$  y  $T_4$  en muestras de PH sin y con  $TiO_2$ , expuestas un día completo al aire libre.

Analizando los valores de  $T_2$  y  $T_4$  en las muestras de PH, sin y con incorporación de  $TiO_2$ , Fig. 3b, se observa que, en la mañana hasta alcanzar el cenit, el valor de  $T_2$  en ambas muestras es mayor que el medido en  $T_4$ .

Cuando las muestras comienzan a enfriarse más allá del cenit, se observa que los valores de  $T_2$  y  $T_4$  en la muestra sin modificar disminuyen más rápidamente que en las muestras modificadas con  $TiO_2$ .

Durante la noche, se observa que  $T_2$  y  $T_4$  decrecen con mayor lentitud en la muestra de hormigón con  $TiO_2$ . El PH modificado, con mayor conductividad térmica, mayor densidad, y mayor inercia térmica absorbe y cede el calor lentamente.

### Energía acumulada en las probetas de PA y PH analizadas

Haciendo uso de los gráficos de las Fig. 1a, y 2a y b, y recurriendo a la librería de libre acceso, SciPy (Virtanen et al., 2020), y en ella al algoritmo de integración numérica por el método de Simpson, es posible realizar la integración de las curvas experimentales de la temperatura superficial en el intervalo de tiempo que dura la experiencia. Considerando que las temperaturas registradas en la superficie de cada muestra resultan de un balance energético que toma en cuenta la energía que ingresa y egresa a la misma, se calcula la cantidad de energía acumulada en la muestra luego de realizar una corrección que toma en cuenta la variación de temperatura del medioambiente en el mismo período de tiempo. Los resultados se muestran en las Tablas 3 y 4.

Se infiere de la Tabla 3 que el PA acumula más calor cuando no se modifica superficialmente o se adiciona  $TiO_2$ . Por otra parte, es notable observar como el recubrimiento blanco es más efectivo en cuanto a disminuir la cantidad de calor almacenada, siendo el recubrimiento verde el menos efectivo.

Tabla 3: Energía acumulada en PA luego de 24 horas al aire libre.

PA SIN MODIFICAR	2200,4	W/m <sup>2</sup>
PA CON $TiO_2$ EN MEZCLA	2126,7	W/m <sup>2</sup>
PA CON RECUBRIMIENTO VERDE	1529,4	W/m <sup>2</sup>
PA CON RECUBRIMIENTO AMARILLO	1228,9	W/m <sup>2</sup>
PA CON RECUBRIMIENTO BLANCO	676,9	W/m <sup>2</sup>

En la Tabla 4 se muestra que el PH modificado por recubrimiento blanco, o por la adición de  $TiO_2$ , almacena menos energía que el PH sin modificar. Un pavimento con mayor conductividad térmica



tiene una menor temperatura superficial (Olewi Aletba et al., 2021). La adición de  $\text{TiO}_2$  cumple una doble función en el caso del PH, aumenta la conductividad térmica y el albedo.

Tabla 4: Energía acumulada en PH luego de 24 hs al aire libre.

PH SIN MODIFICAR	925	$\text{W/m}^2$
PH CON RECUBRIMIENTO BLANCO	650,1	$\text{W/m}^2$
PH CON $\text{TiO}_2$ EN MEZCLA	511,2	$\text{W/m}^2$

Se puede observar que en el PH sin modificación la cantidad de calor acumulada es menor que aquella en el PA, lo que es atribuible a una menor absorción de radiación solar ya que el PH tiene un albedo mayor (albedo del asfalto 0,1 y del hormigón 0,45) (Olewi Aletba et al., 2021; Balter et al., 2021).

### Análisis de las imágenes térmicas

En la Fig. 4 se muestran las imágenes térmicas registradas con diferentes muestras de PA, sin y con recubrimiento, cuando de acuerdo con registros almacenados, la temperatura superficial es máxima. Se han agregado las imágenes registradas cada 10 minutos, durante casi una hora, cuando el sol se ocultaba en el horizonte ese día. Se observa de acuerdo a la escala cromática de temperatura, que las imágenes térmicas de los PA se corresponden con el comportamiento térmico superficial registrado con termocuplas y mostrado en la Fig. 1a, siendo la temperatura superficial máxima la de la probeta de PA sin modificar. Además, si se observa la evolución de las temperaturas durante el enfriamiento de las muestras, ya que, por la hora, corresponde a una disminución de la cantidad de radiación solar incidente en la misma, se aprecia que aquella con recubrimiento blanco, se enfría a mayor velocidad.

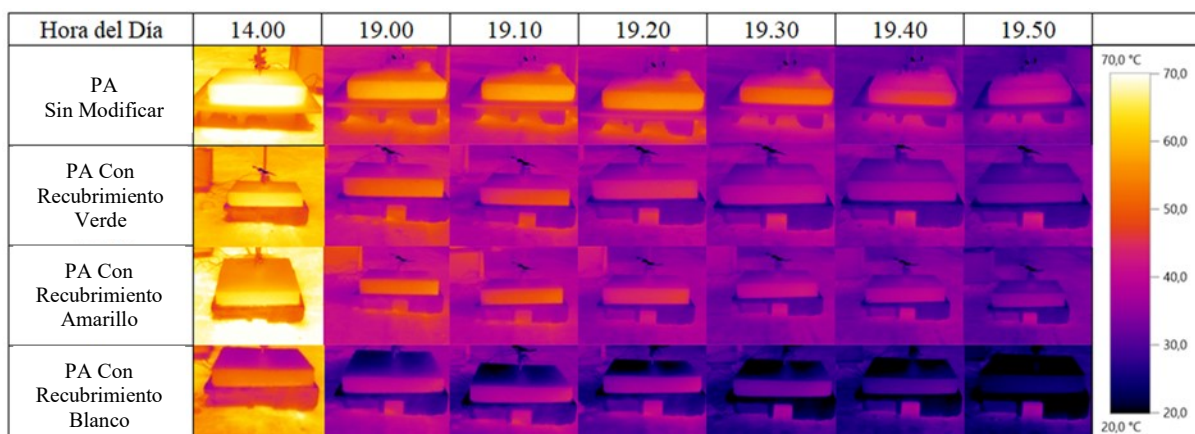


Figura 4: Imágenes térmicas de muestras de PA expuestas al sol a diferentes horas sin y con recubrimiento.

En la Fig. 5 se muestran las imágenes térmicas correspondientes a las muestras de PA y PH, sin y con agregado de  $\text{TiO}_2$ , registradas a las 14 h cuando el sol está en el cenit y la temperatura superficial es máxima en ambas muestras.

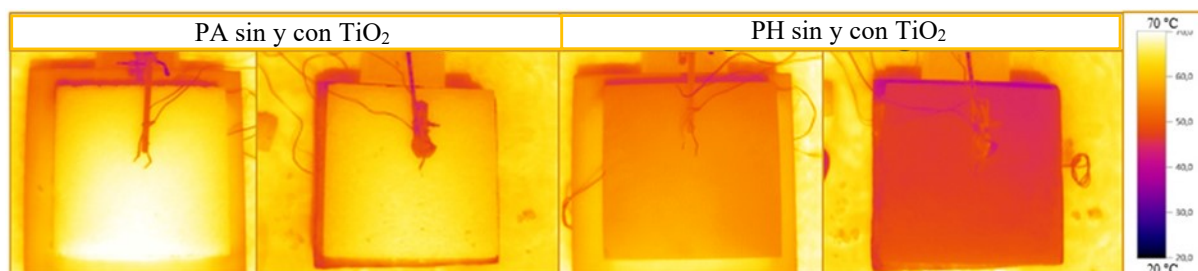


Figura 5: Imágenes térmicas de muestras de PA y PH sin y con incorporación de  $\text{TiO}_2$ .

Se puede observar en las imágenes térmicas de la Fig. 5, de acuerdo a la escala cromática de temperatura, que las muestras de PA o PH que contienen  $\text{TiO}_2$ , están superficialmente más frías, lo que



se puede atribuir, en el caso del PA a un ligero incremento de su albedo y a un aumento de su conductividad térmica por el TiO<sub>2</sub> agregado, y en el caso del PH de aspecto blanco, a la combinación de mayor reflectancia solar del material con TiO<sub>2</sub> sumada a la mayor conductividad térmica del TiO<sub>2</sub>.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se analizó el comportamiento térmico de PA- Pavimento Asfáltico, y PH – Pavimento de Hormigón, sin y con modificaciones, ya sean en superficie o en composición, y su influencia en el microclima urbano cuando se exponen durante un día completo al aire libre.

Se determinó experimentalmente que el PA, por ser de color oscuro, absorbe una gran porción de la radiación solar incidente y su temperatura superficial es elevada, Fig. 2a. El calor que almacena durante el período de irradiación está concentrado cerca de la superficie de la probeta, Fig.3a, porque este pavimento tiene baja conductividad térmica. Por otro lado, el PH, por ser de color claro, refleja una mayor porción de la radiación solar incidente y, por su mayor conductividad térmica, distribuye el calor almacenado hacia el interior de este. Ambos factores contribuyen a disminuir la temperatura superficial del PH durante el día, Fig. 1b.

En cuanto a la contribución de los pavimentos a mejorar el microclima urbano, tanto en el día como en la noche, la modificación más efectiva sería que el PA tenga un recubrimiento superficial blanco, Fig. 2a. Por otro lado, la incorporación de TiO<sub>2</sub> al PH contribuye a mejorar el microclima urbano durante el día, Fig. 2b.

En la noche, el PA con o sin recubrimiento blanco, libera el calor acumulado más fácilmente que el PH sin o con modificación por TiO<sub>2</sub>. Este comportamiento se justifica por la mayor inercia térmica del PH que libera lentamente el calor acumulado durante toda la noche, contribuyendo de modo continuo a la ICU nocturna.

## AGRADECIMIENTOS

PC, GB y AMCL agradecen el soporte financiero de UTN-FRLP. PC agradece la beca doctoral otorgada por CONICET, AMCL es investigadora científica de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, CICIPBA.

## REFERENCIAS

- Acharya T., Riehl B., Fuchs A. (2021). Effects of Albedo and Thermal Inertia on Pavement Surface Temperatures with Convective Boundary Conditions—A CFD Study. *Processes*, 9 (11), 2078. <https://doi.org/10.3390/pr9112078>.
- Badin G., Ahmad N., Ali H.M., Ahmad T., Jameel M.S. (2021). Effect of addition of pigments on thermal characteristics and the resulting performance enhancement of asphalt. *Construction and Building Materials*, 302, 124212. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124212>.
- Badin G., Huang Y., Ahmad N. (2023). Comparative Analysis of Thermally Investigated Pigment-Modified Asphalt Binders. *Airfield and Highway Pavements*, pp. 174 -184. <https://doi.org/10.1061/9780784484913>.
- Balter J., Alchapar N., Correa E., Ganem C. (2021). Modelado urbano microclimático para la simulación termo-energética de viviendas en edificios en altura en Mendoza, Argentina. Integración del software ENVI-met y EnergyPlus. *Informes de la Construcción*, Vol. 73(561): e382. <https://doi.org/10.3989/ic.76749>.
- Chen J., Zhou Z., Hou S., Liu M. (2019). Field and laboratory measurement of albedo and heat transfer for pavement materials. *Construction and Building Materials*, 202, 46–57. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.028>.
- Correa E.N., Flores Larsen S., Lesino G. (2003). Isla de calor urbana: efecto de los pavimentos. Informe de avance. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 7 (2), 25-30.
- Fernández-Mira M., Jimenez-Relinque E., Martínez I., Castellote M. (2021). Evaluation of changes in surfaces temperature of TiO<sub>2</sub> functionalized pavements at outdoor conditions. *Energy and Building*, 237, 110817. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110817>.

- Qin Y. (2015). A review on the development of cool pavements to mitigate urban heat island effect. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 445–459. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.177>.
- Qin Y. y Hiller J.E. (2014). Understanding pavement-surface energy balance and its implications on cool pavement development. *Energy Build*, 85, 389–399. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.09.076>.
- Oleiwi Aletba S.R., Hassan N.A., Jaya, R.P., Aminudin E., Hanif Mahmud M.Z., Mohamed A., Hussein A.A. (2021). Thermal performance of cooling strategies for asphalt pavement: a state-of-the-art review. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2021.02.001>.
- Santamouris M. (2013). Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island - A review of the actual developments *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, pp. 224–240. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.047>.
- Santamouris M., Synnefa A., Karlessi T. (2011). Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions. *Solar Energy*, 85, 3085–3102. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2010.12.023>.
- Shahmohamadi P., Che-Ani A.I., Ramly A., Maulud K.N.A., Mohd-Nor M.F.I. (2010). Reducing urban heat island effects: A systematic review to achieve energy consumption balance. *International Journal of Physical Sciences*, 5 (6), 626-636.
- Virtanen P., Gommers R., Oliphant T.E., Haberland M., y otros. (2020) *SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python*. *Nature Methods*, 17 (3), 261-272. URL: <http://www.scipy.org/>

## **MODIFIED ASPHALT AND CONCRETE PAVEMENTS TO IMPROVE THE URBAN MICROCLIMATE**

**ABSTRACT:** In the last decades, the steady shift of the rural population to urban centers made it necessary to build more housing and access roads, which had a negative impact in the environment. The replacement of natural soil with asphalt or concrete pavement, essential for transportation infrastructure, has been partly responsible for the change mentioned. In cities, pavements prevent rainwater from infiltrating, leading to flooding, and during summer, surfaces heat up significantly due to solar radiation. Part of the solar heat absorbed by pavements is released into the environment. The air temperature in the city rises compared to that of the surrounding rural region, causing the Urban Heat Island (UHI) effect. It is possible to improve the quality of the urban environment by modifying the structure and thermophysical properties of traditional pavement, adding materials with high reflectance of incident solar radiation, high emissivity of absorbed heat, good thermal diffusivity, and moderate thermal inertia. This study examines the thermal behavior of dense samples of asphalt and concrete pavement heated by sunlight on the rooftop of UTN FRLP in the city of La Plata during the summer of 2022/2023.

**Keywords:** solar energy, urban heat island, pavements, microclimate.