

Caracterización Óptica de Recubrimientos Basados en Microesferas y Evaluación de su Aplicación para el Control Energético

Optical Characterization of Coatings Based on Microspheres and Evaluation of their Application for Energy Control

Nasimba Medina Víctor^{1*} 
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

*Nasimba De Janón Fernando*² 
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

*Salazar Loor Christopher*³ 
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Fecha recepción: 15 de junio de 2020

Fecha aceptación: 16 de julio de 2020

© 2020 Universidad de Córdoba. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acreditan.

RESUMEN

El propósito de esta investigación es realizar la caracterización óptica de recubrimientos basados en microesferas para su aplicación en control energético, evaluando materiales de dos fabricantes: Gaina (Kawaguchi Steel Industry Limited,

ABSTRACT

The purpose of this research is to perform the optical characterization of microsphere-based coatings for application in energy control, evaluating materials from two manufacturers: Gaina (Kawaguchi Steel Industry Limited, Tosu shi Japan) and

¹ *Máster en Energías Renovables y Eficiencia Energética, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad Ciencias de la Ingeniería, Quevedo, Ecuador y* vfnasimba@uteq.edu.ec.

Identificador ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2578-0640>

² *Máster en Energías Renovables y Eficiencia Energética, Instituto Tecnológico Siete de Octubre, Docente, Quevedo, Ecuador, Jhon61290@gmail.com.*

Identificador ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8194-8984>

³ *Ingeniero Eléctrico, Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Maestrante / Facultad Técnica para el Desarrollo, Quevedo, Ecuador, christopher.salazar@cu.ucsg.edu.ec.*

Identificador ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4415-2132>

Tosu shi Japón) y Thermo-fachadas (Suberlev, Castellón España).

La metodología empleada es deductiva experimental para lo cual se emplearon equipos de nanotecnología considerando las zonas para espectrometría y espectrofotometría ultra violeta visible (UV-Vis) en los rangos de espectro entre 190 y 400 nm, visible e infrarrojo cercano (Vis- NIR) en el rango de espectro de 400 a 900 nm y espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), abarcando tanto el infrarrojo medio (MIR) como el infrarrojo cercano (NIR), con el fin de obtener medidas de reflectancia en el espectro solar (de 250nm – 30000 nm) . El método de comparación usado es el descrito por la norma ASTM E903: 2012 “Método de prueba estándar para la absorbancia solar, la reflectancia y la transmitancia de los materiales mediante el uso de esferas integradas”. Los valores obtenidos de las variables reflectancia y absorbancia espectral de las muestras empleadas se encuentran dentro de los rangos permitidos como el recubrimiento térmico y contribuyen con la eficiencia energética en los sectores para viviendas y edificios.

PALABRAS CLAVE: Espectrometría, Espectrofotometría, Infrarrojo cercano, Infrarrojo medio, Ultravioleta visible.

Thermo-facades (Suberlev, Castellón Spain).

The methodology used is experimental deductive, for which nanotechnology equipment was used considering the areas for spectrometry and ultraviolet visible (UV-Vis) spectrophotometry in the spectrum ranges between 190 and 400 nm, visible and near infrared (Vis-NIR) in the spectrum range from 400 to 900 nm and Fourier transform infrared spectrometry (FTIR), covering both the middle infrared (MIR) and the near infrared (NIR), in order to obtain reflectance measurements in the solar spectrum (from 250nm - 30000nm). The comparison method used is that described by the ASTM E903: 2012 standard "Standard test method for solar absorbance, reflectance and transmittance of materials by using integrated spheres". The values obtained from the reflectance and spectral absorbance variables of the samples used are within the ranges allowed as thermal coating and contribute to energy efficiency in the housing and building sectors.

KEYWORDS: Spectrometry, spectrophotometry, near infrared, medium infrared, visible ultraviolet.

1. INTRODUCCIÓN

Los distintos irradiancia solar, vientos y lluvias producen variaciones de temperatura que las sentimos durante las distintas estaciones climatológicas, que a su vez tienen un efecto en el consumo energético necesario para alcanzar el denominado confort. esto ha motivado la

investigación para optimizar el control de la temperatura y su aplicación en la eficiencia energética en sistemas de transporte, vivienda y en el sector industrial. Por ejemplo, en la actualidad se están investigando diversos recubrimientos de pinturas de alta emisividad, estos sistemas complejos están compuestos por

varias capas con espesores a escala nanométrica, cuya finalidad es disipar el calor recibido por la radiación solar.

En este trabajo de investigación el objetivo es realizar la caracterización óptica de recubrimientos de pintura basados en microesferas, evaluando materiales de dos fabricantes: Gaina (Kawaguchi Steel Industry Ltd. Tosu shi Japón) y Thermo-fachadas (Suberlev, Castellón España). Para la experimentación se emplea como referencia la ley de Boubert y Lambert, la caracterización mediante espectrofotometría ultravioleta-visible (UV-Vis), y espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (FTIR, del inglés Fourier-Transform InfraRed spectroscopy), con el fin de obtener la reflectancia y transmitancia del material de prueba y su relación con el control energético.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

En la actualidad de la vivienda y edificios, más de la mitad de los edificios están construidos sin la protección térmica necesaria, es decir sin el aislamiento térmico adecuado y además sin seguir las normas de edificación para consumo energético. Teniendo en cuenta, además que el consumo de energía de las viviendas españolas supone alrededor del 20 % del consumo total del país y que en los últimos 15 años se observa un crecimiento ascendente y sostenido.

(Hernández Sánchez, 2012)

Para esta sección hemos tomado en consideración algunos conceptos básicos relacionados con el tema a desarrollarse.

2.2. Onda electromagnética

La energía de la luz oscila periódicamente entre un mínimo y un máximo en función del tiempo como una onda. La distancia entre dos máximos o dos mínimos, respectivamente, de la onda electromagnética se define como la longitud de onda, que puede ser expresada en nanómetros (nm), ver figura 1, la energía de una onda electromagnética aumenta al disminuir la longitud de onda y viceversa. (Faraldos & Goberna, 2011)

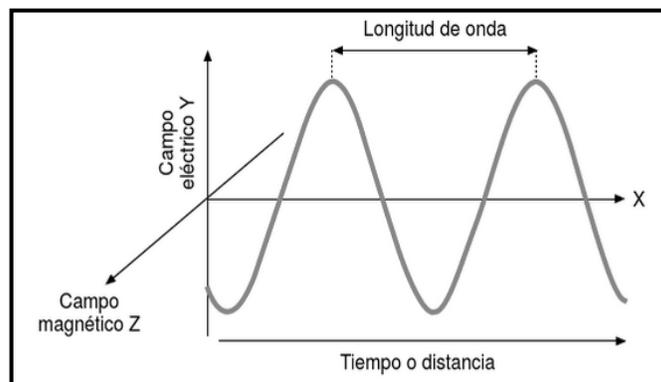


Figura 1. Onda electromagnética
Figure 1. Electromagnetic wave
Fuente: (Faraldos & Goberna, 2011)

2.3. Radiación electromagnética

La radiación electromagnética es una forma de energía radiante que posee naturaleza doble, como una función de onda y como partícula energética o de fotones. (Faraldos & Goberna, 2011)

Como función de onda

Formado por un componente eléctrico y otro magnético, con oscilaciones sinusoidales en planos perpendiculares entre sí y perpendiculares a la dirección de propagación de la onda, expresada mediante la fórmula (Faraldos & Goberna, 2011)

$$C = \lambda * \mu \quad (1)$$

Donde:

C = velocidad de la luz (m/s)

λ = longitud de onda (nm)

μ = frecuencia (Hertz, s^{-1})

2.4. Como partícula energética o fotones

Viene expresada en función de número de onda, constante de Planck y energía. (Faraldos & Goberna, 2011)

$$E = h * \nu \quad (2)$$

$$\nu = 1/\lambda \quad (3)$$

$$E = h * c * \nu \quad (4)$$

Donde:

E = energía (Joule)

h = constante de Planck ($6,63 * 10^{-34} J \cdot s$)

ν = número de onda (cm^{-1})

2.5. Espectroscopia

La espectroscopia es considerada como la ciencia que estudia el comportamiento de la materia frente a la radiación electromagnética. (Faraldos & Goberna, 2011)

De igual manera la espectroscopia óptica se basa en la interacción de la luz con la materia, la figura 2 y 3 indica lo que sucede cuando la luz brilla sobre un objeto, ambos objetos son iluminados por la luz visible o blanca, que está representado por un arco iris: los diferentes colores representan los diferentes componentes de la luz visible. Cuando los rayos de luz están brillando sobre un objeto, ellos pueden ser absorbidos por el objeto - en particular, uno o más componentes de la luz (es decir, sus colores) son específicamente absorbidos. (López et al., 2004)

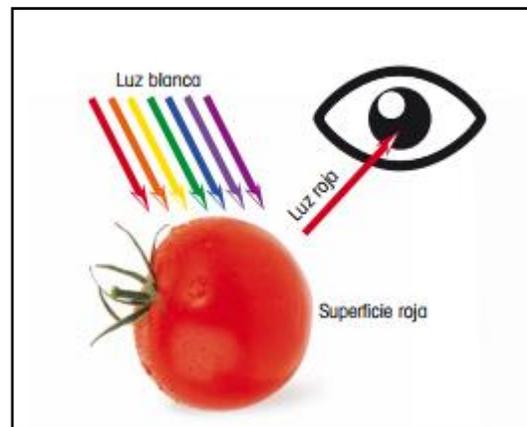


Figura 2. Objeto con superficie roja

Figure 2. Object with red Surface

Fuente: (López et al., 2004)

Los colores que no son absorbidos por los objetos se reflejan. En nuestro ejemplo, la luz roja se refleja en la piel roja del tomate (Figura 2), mientras que la luz verde se refleja en la piel verde del calabacín (Figura 3). Todos los otros colores son absorbidos por los dos objetos. La

luz reflejada entonces es vista por los ojos
tomate es visto en rojo mientras el calabacín en
color verde. (López et al., 2004)

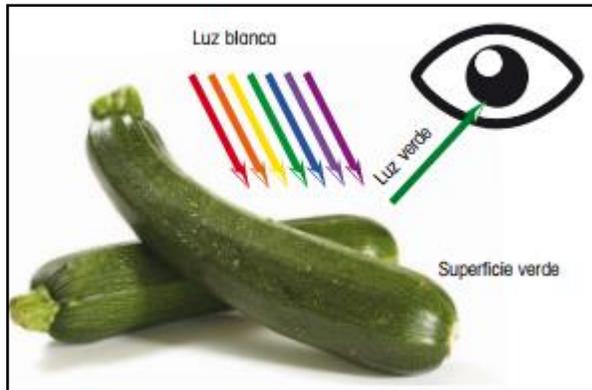


Figura 3. Objeto con superficie verde
Figure 3. Object with green surface
Fuente: (López et al., 2004)

En términos físicos, la luz es un tipo de energía que se propaga en el espacio a una velocidad muy alta. Más específicamente, la luz se entiende como una onda electromagnética que viaja en el espacio como energía radiante. (López et al., 2004)

2.6. Clasificación

La espectroscopia se puede clasificar de acuerdo con diversos criterios:

- a. Naturaleza de los materiales implicados
 - Atómica
 - Molecular
- b. Zona espectral
 - Ultravioleta (UV)
 - Visible (Vis)
 - Infrarrojo (IR)
- c. Naturaleza de las transiciones
 - Electrónica de enlace
 - Vibracional
 - Espín nuclear
- d. Interacción entre materia y energía
 - Absorción
 - Reflexión

- Emisión

2.7. Espectro Electromagnético

El espectro electromagnético es el conjunto de todas las longitudes de onda de la radiación electromagnética, Ver figura 4, las regiones del espectro electromagnético en orden creciente de longitud de onda y decreciente de energía son: rayos gamma, rayos X, ultravioleta, visible, infrarrojo, microonda y radio. (Faraldos & Goberna, 2011)

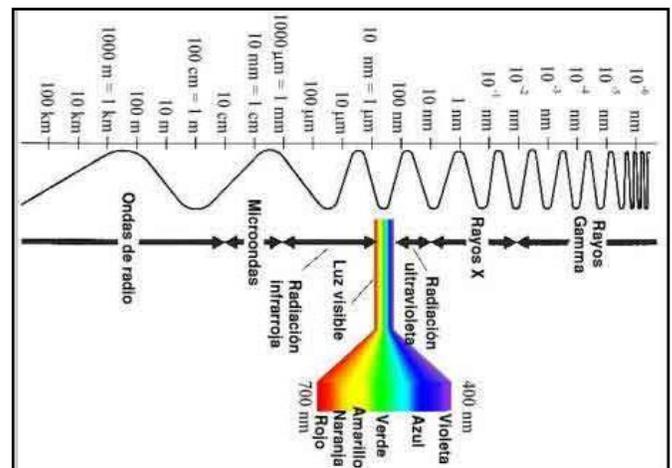


Figura 4. Electromagnetic spectrum
Figure 4. Object with green surface
Fuente: (López et al., 2004)

La radiación ultravioleta visible (UVvis), produce efecto sobre los electrones de enlace, las energías son del orden de 1 a 25 eV. En la figura 5 la zona del espectro electromagnético UVvis, se divide en: (Faraldos & Goberna, 2011)

- Región del Vis: $\lambda = 400$ a 900 nm
- Región del Uv: $\lambda = 190$ a 400 nm
- Región del Uv de vacío: $\lambda = 10$ a

190 nm

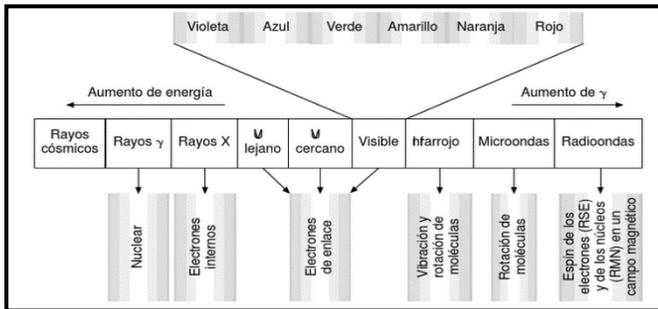


Figura 5. Espectro electromagnético
Figure 5. Electromagnetic spectrum
Fuente: (López et al., 2004)

2.8. Radiación térmica

Según la figura 6. La radiación térmica que incide sobre un cuerpo, en parte es absorbida, en parte es reflejada, y en parte transmitida. (Soriano & Royo, s. f.)

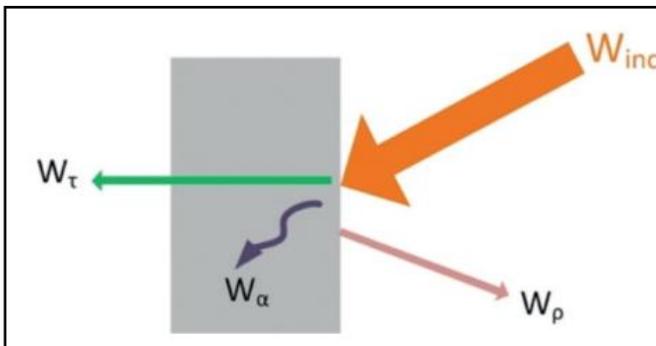


Figura 6. Radiación incidente solar
Figure 6. Incident solar radiation
Fuente: (Soriano & Royo, s. f.)

Si W_{inc} es la radiación total que incide en el cuerpo, el balance de energía se puede expresar como:

$$W_{inc} = W_{\alpha} + W_{\rho} + W_{\tau} \quad (5)$$

W_{α} = Parte de la radiación absorbida
 W_{ρ} = Parte de la radiación reflejada
 W_{τ} = Parte de la radiación transmitida

Si se divide por W_{inc} y se obtiene:

$$1 = \alpha + \rho + \tau \quad (6)$$

α = Absortividad (fracción de la radiación absorbida).

ρ = Reflectividad (fracción de la radiación reflejada).

τ = Transmisividad (fracción de la radiación transmitida).

Según la ley de Kirchhoff (Soriano & Royo, s. f.) la absortividad (α) y emisividad (ε) son iguales y como la mayoría de los cuerpos con lo que se trabaja son opacos a la radiación, su transmitancia (τ) es muy baja y tiende a (0), se obtiene la ecuación (7), esta expresión muestra la relación entre la emisividad y la reflectividad de un cuerpo en el infrarrojo térmico, por lo tanto, a mayor reflectividad menor emisividad y viceversa.

$$1 = \rho + \varepsilon \quad (7)$$

2.9. Emisividad térmica

Emisividad (ε) es la propiedad de un material de emitir radiación infrarroja, cuyo valor está en el intervalo de $0 \leq \varepsilon \leq 1$ donde la emisividad máxima $\varepsilon = 1$ es la del cuerpo negro. (Soriano & Royo, s. f.)

El valor de la emisividad varía según las propiedades de la superficie, del material y para algunos materiales según la temperatura del objeto medido, siendo su ecuación:

$$\varepsilon = \frac{W}{w_n} \quad (8)$$

Donde:

ε = emisividad (%)

W = radiación solar

w_n = radiación emitida

Para algunos materiales no metálicos como el PVC, el hormigón y sustancias orgánicas tienen una elevada emisividad ($\varepsilon \approx 0.8$ a 0.95) y no dependen de la temperatura. Los metales sobre todo aquellos con superficie brillante, tienen baja emisividad que fluctúa con la temperatura. (Soriano & Royo, s. f.)

La emisividad de un cuerpo varía con la temperatura de la superficie, así como con la longitud de onda y la dirección de la radiación emitida. La figura 7, muestra las Emisividades espectrales para un cuerpo negro, un cuerpo gris y un emisor selectivo en función de la longitud de onda.

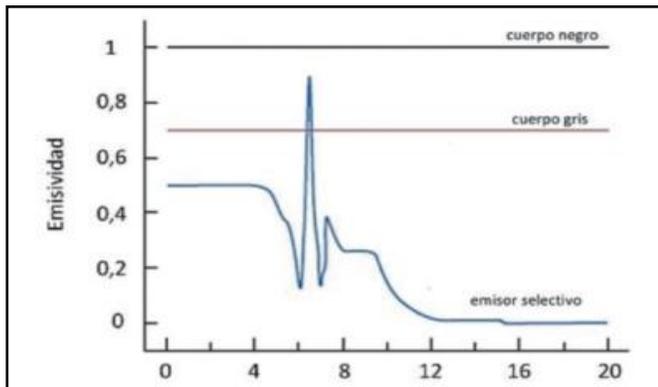


Figura 7. Emisividades espectrales

Figure 7. Spectral emissions

Fuente: (Soriano & Royo, s. f.)

2.10. Reflectancia

La Reflectividad tiene naturaleza bidireccional, es decir, el valor de la reflectividad de una superficie no depende solo de la dirección de la radiación incidente sino también de la dirección de la reflexión. Por lo tanto, los rayos reflejados de un haz de radiación que incide sobre una superficie real en una dirección específica formarán una configuración geométrica irregular, como se muestra en la figura 8. (Soriano & Royo, s. f.)

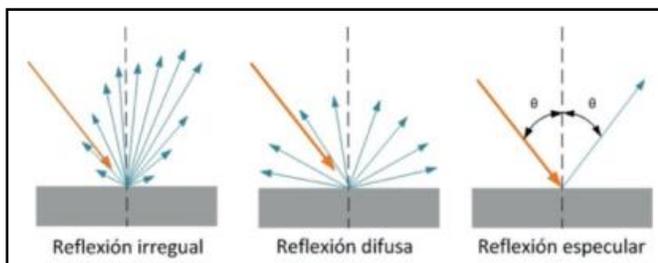


Figura 8. Tipo de reflexiones

Figure 8. Type of reflections

Fuente: (Soriano & Royo, s. f.)

En la práctica, se supone que las superficies reflejan de una manera perfectamente especular o difusa. En la reflexión especular, el ángulo de

incidencia del haz de radiación. En la reflexión difusa, la radiación se refleja en todas las direcciones. La reflexión de las superficies pulidas y lisas se aproxima a la especular, en tanto que la de las superficies rugosas se aproxima a la difusa. (Soriano & Royo, s. f.)

2.11. Transmitancia

Se basa en la ley de Buobuer y Lambert, las leyes de espectrometría fueron enunciadas basándose en una radiación monocromática que atraviesa un sistema homogéneo, donde se producen procesos de absorción y no existen modificaciones en la especie química absorbente. (Faraldos & Goberna, 2011)

La transmitancia establece que la energía transmitida en un medio homogéneo es proporcional a la potencia radiante incidente y viene expresado por:

$$T = P/P_o * 100 \quad (9)$$

T = Transmitancia (%)

P = La cantidad de potencia transmitida por la muestra

P_o = La cantidad de potencia radiante incidente

2.12. Absorbancia

La absorbancia tiene relación con la ley de Beer, las leyes de espectrometría fueron enunciadas basándose en una radiación monocromática que atraviesa un sistema homogéneo, donde se producen procesos de absorción y no existen modificaciones en la especie química absorbente. (Faraldos & Goberna, 2011)

Cuando un haz de luz incide sobre un cuerpo traslúcido, una parte de esta luz es absorbida por el cuerpo y el haz de luz restante atraviesa dicho cuerpo, a mayor cantidad de luz absorbida mayor es la absorbancia del cuerpo y menor cantidad de luz será transmitida por dicho cuerpo, se puede representar por la siguiente ecuación:

$$A = -\log_{10} \frac{I}{I_o} * 100 \quad (10)$$

A = Absorbancia (%)

I = Intensidad de luz que pasa por la muestra

I_o = Intensidad de luz incidente

3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto se aplica la metodología inductiva experimental, primero se realiza una recopilación de información técnica sobre los materiales emisivos, luego se selecciona los materiales y equipo para posteriormente proceder con la fase de experimentación.

En la parte de la caracterización se hacen con 3 tipos de medidas:

- La primera aplicando espectrofotometría UVvis y Vis NIR
- La segunda mediante espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), NIR-MIR.
- La tercera mediante espectrometría mediante emisómetro Vis.

3.1. Equipo y material empleado

A continuación, se presentan el equipo utilizado para la realizar la experimentación.

- Pintura GAINA
- Pintura SUBER LEV

3.2. Caracterización óptica

Espectrofotometría UV-Vis

Espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)

Espectrofotómetro UVvis Shimadzu

Espectrofotómetro FTIR Varian660

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de emisividad del material

Discusión: La caracterización se realiza con el espectrómetro FTIR Varian660-IR, se usó para las mediciones FTIR en el rango de longitud de onda de 1,5-25 μm , con muestras de pinturas emisivas Gaina y Suberlev, materiales con las que se procede a realizar recubrimientos de 1 capa y 2 capas sobre placas de acero.

Para determinar la emisividad (ϵ) de los

distintos materiales se toma como referencia el artículo científico (Heras et al., 2018), en la cual para calcular (ϵ) se procede a partir de la ley de Kirchhoff considerando la reflectancia de espectros en la región infrarroja, a partir de la ecuación siguiente:

$$\epsilon(T) = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} [1 - R(\lambda, T)] B(\lambda, T) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} B(\lambda, T) d\lambda} \quad (11)$$

Donde:

$\epsilon(T)$ = Emitancia

$B(\lambda, T)$ = Distribución espectral de la radiación del cuerpo negro (Ley de Planck)

T = Temperatura específica ($^{\circ}\text{K}$)

$R(\lambda, T)$ = Reflectancia espectral

λ_1 = Lambda (1 μm)

λ_2 = Lambda (25 μm)

En la Tabla 1, se pueden verificar los valores obtenidos de la emitancia (ϵ) que van desde (0,96 a 0,97), considerando un margen de tolerancia de +/- 1%.

Tabla 1. Emitancia de los materiales
Table 1. Material Emittance

Descripción	Emitancia (%)
Suberlev lado a	0,9706
Suberlev lado b	0,9703
Gaina lado a	0,9698
Gaina lado b	0,9696
Suberlev 1 cara	0,9707
Gaina 1 cara	0,9697

Fuente: elaboración propia.

4.2. Resultados de la Absorción

Discusión: La caracterización se realiza con el espectrofotómetro Shimadzu SolidSpec-3700 en el rango de 300-2500 nm del espectro

(Ultravioleta visible cercano UVvis Nir), para obtener la absorbancia en el rango de longitud de onda de 0,25-30 μm , con muestras de pinturas Gaina y Suberlev.

Para determinar la absorbancia (α) que se define como la fracción de radiación solar incidente, se calcula en base a la referencia del artículo científico (Heras et al., 2018), para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} [1 - R(\lambda)] G(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} G(\lambda) d\lambda} \quad (12)$$

Donde:

α = Absorbancia espectral

$G(\lambda)$ = Espectro solar de referencia AM 1.5

$R(\lambda)$ = Reflectancia Espectro solar de referencia AM 1.5

λ_1 = Lambda (300 μm)

λ_2 = Lambda (2500 μm)

En la Tabla 2, se pueden verificar los valores obtenidos de la absorbancia (α) que van desde (13,18 % a 14,02 % en la Suberlev) y valores en la Gaina (17,09% y 18,18 %), es decir estos materiales no absorben en mayor porcentaje la radiación de energía espectral.

Tabla 2. Valores de Absorbancia
Table 2. Absorbance values

Descripción	Absorbancia (%)
Suberlev 1 capa	17,09
Suberlev 2 capas	18,18
Gaina 1 capa	14,02
Gaina 1 capas	13,18

Fuente: elaboración propia.

4.3. Caracterización mediante espectrometría y espectrofotometría

Caracterización con modelo UVvis NIR

Discusión: Mediante la utilización del equipo de

espectrometría UVvis NIR se realizaron las siguientes caracterizaciones, en la figura 12 se puede apreciar la caracterización del material Suberlev en el espectro (Vis Nir), el borde de absorción se produce en (400 nm con 25% de reflectancia).

En la figura 13 se puede apreciar la caracterización del material Gaina mediante espectrofotometría (Vis-Nir), en el cual se produce el primer borde de absorción (400 nm y 19 %)

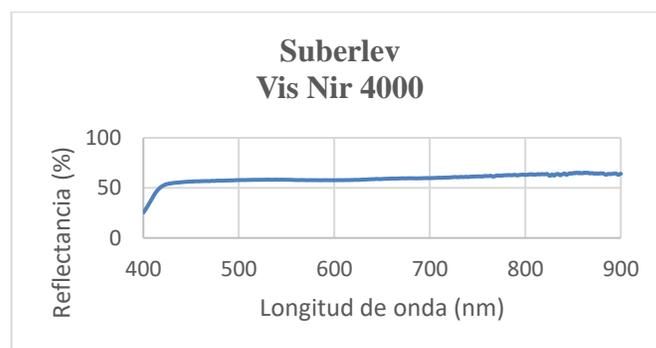


Figura 8. Suberlev Vis Nir

Figure 8. Suberlev Vis Nir

Fuente: Elaboración propia

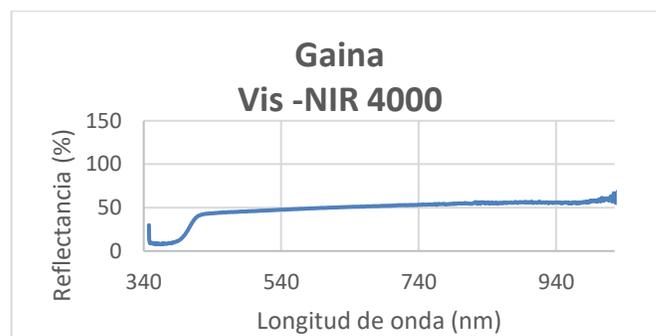


Figura 9. Gaina Vis Nir

Figure 9. Gaina Vis Nir

Fuente: Elaboración propia

4.4. Caracterización con modelo FTIR

Discusión: Considerando el concepto de transmitancia como la cantidad de energía en forma de calor que atraviesa un cuerpo en cierta unidad tiempo, según la figura 10 primero se debe realizar la conversión de la frecuencia por unidad de longitud de onda, para obtener un nuevo gráfico transmitancia vs longitud de onda.

Aplicando la ecuación (3) $v = 1/\lambda$
 $\lambda = 1/v$. tomando como ejemplo el número de onda (3500 cm^{-1})
 $\lambda = 1/(35000\text{ cm}^{-1})$
 $= 2.857 \times 10^{-4}\text{ cm} / 1 \times 10^{-7}\text{ nm}$
 $= 2857\text{ nm}$

Finalmente, se obtiene la figura 11 con una longitud de onda en los rangos de espectro que van desde 2500 (nm) hasta 25000 (nm), se tiene como características picos de transmitancia.

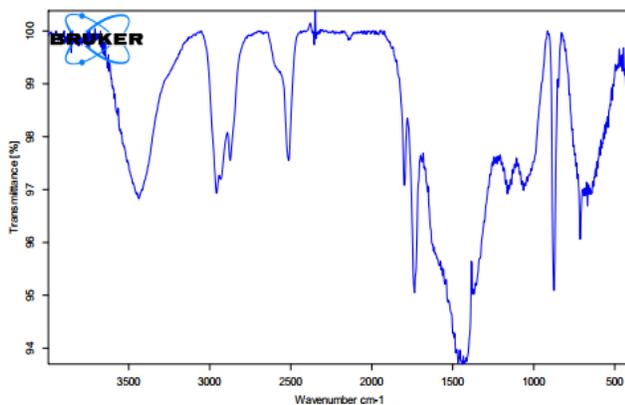


Figura 10. Transmittancia vs número de onda Suberlev MIR rango 500 – 4000

Figure 10. Transmittance vs. Suberlev MIR wave number range 500 - 4000
 Fuente: Elaboración propia

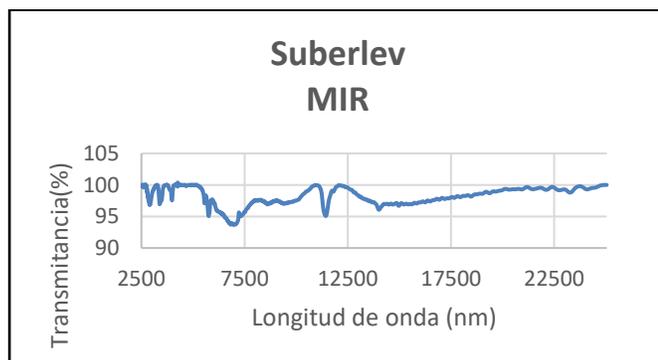


Figura 11. Transmittancia vs longitud de onda Suberlev MIR rango 2500 - 25000

Figure 11. Transmittance vs. wavelength Suberlev MIR range 2500 - 25000
 Fuente: Elaboración propia

4.5. Combinación de espectros UVvis Nir + Vis

Discusión: Según la figura 12, tomando como ejemplo a la muestra Suberlev la integración por segmentos de los espectros Vis Nir y Uv vis, podemos verificar que los dos espectros se unen en 399 nm con un porcentaje de 24,4 de reflectancia, en un rango total de 200 a 900 nm.

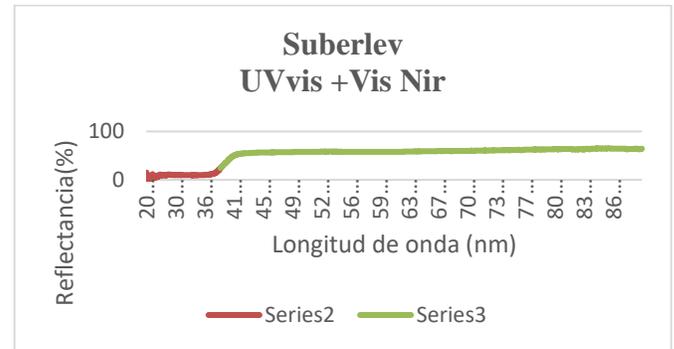


Figura 12. Suberlev UVvis+Vis
 Figure 12. Suberlev UVvis+Vis
 Fuente: Elaboración propia

Caracterización con modelo Shimadzu UVvis (300 -2500 nm)

Discusión: Mediante la utilización del equipo de espectrometría Shimadzu UVvis Nir (300 -2500 nm), se obtiene la figura 13 en la que se puede apreciar la caracterización del material Suberlev 1 cara, en la cual el punto máximo de reflectancia se produce se produce en (420 nm con 88% de reflectancia), disminuyendo su punto de reflectancia en (2470 nm a 49 %). En la figura 14 en la que se puede apreciar la caracterización del material Gaina 1 cara, en la cual el punto máximo de reflectancia se produce se produce en (420 nm con 85% de reflectancia), disminuyendo su punto de reflectancia en (2490 nm a 53 %).

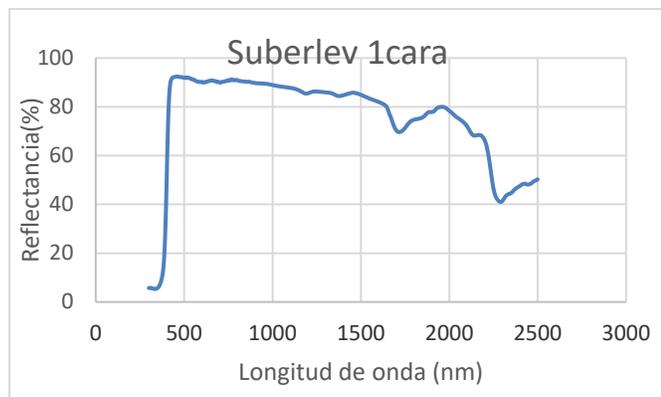


Figura 13. Suberlev 1 cara

Figure 13. Suberlev 1 side

Fuente: Elaboración propia

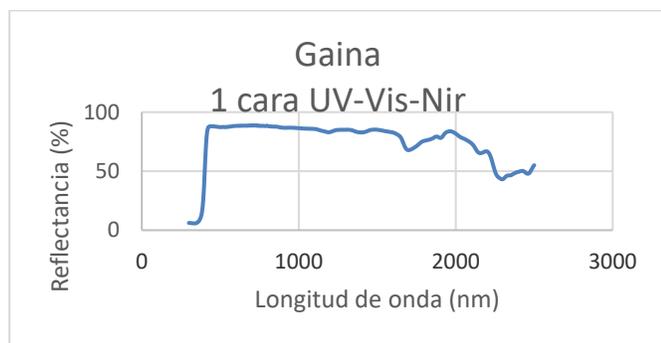


Figura 14. Suberlev 1 UV-Vis-Nir

Figure 14. Suberlev 1 UV-Vis-Nir

Fuente: Elaboración propia

4.6. Unión de espectros UVvis NIR + FTIR

Discusión: Se pretende combinar los espectros del material Suberlev 1 cara, UV vis Nir (0,3 - 2,5 μm) y FTIR (1-2,5 μm), de lo cual se obtiene la figura 15, en la que se puede apreciar que la reflectancia máxima se produce en (1175nm con 85,7 %), disminuyendo la reflectancia en el espectro FTIR. En la figura 16, consideramos el análisis para la Gaina 1 cara, en la que se puede apreciar que la reflectancia máxima se produce en (880 nm con 87 %), disminuyendo la reflectancia en el espectro FTIR hasta 25000 nm.

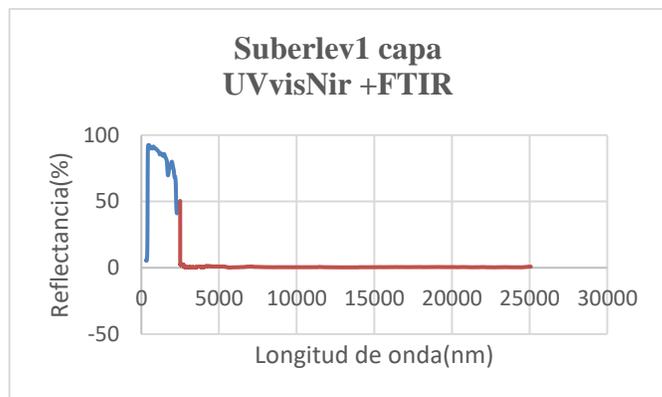


Figura 15. Suberlev UV-vis Nir +FTIR

Figure 15. Suberlev UV-vis Nir +FTIR

Fuente: Elaboración propia

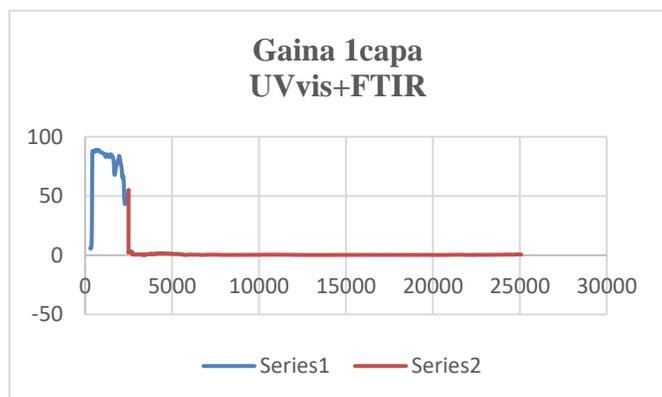


Figura 16. Gaina UV-vis Nir +FTIR

Figure 16. Gaina UV-vis Nir +FTIR

Fuente: Elaboración propia

5. CONCLUSIONES

Una vez realizadas las medidas de caracterización con el espectrómetro FTIR Varian660-IR, y considerando la importancia de (B) Distribución espectral de la radiación del cuerpo negro y su relación con la Ley de Planck, los valores obtenidos de emitancia de las muestras tanto para Suberlev y Gaina están dentro de los rangos establecidos. Actualmente y de acuerdo a los datos obtenidos en la caracterización para los distintos materiales empleados, se verificó que el recubrimiento Suberlev 1(1-ab) tiene mayor emitancia alcanzando un valor de 0,9. por lo tanto, se puede sugerir que si se puede emplearse como recubrimiento térmico para contribuir con la

eficiencia energética en los sectores de vivienda y edificios.

Para determinar la absorbancia de la muestra, es muy importante determinar los valores del espectro solar de referencia AM 1.5 las leyes de Kirchhoff, la ley de Planck; al realizar los cálculos necesarios y aplicar la fórmula para encontrar la Absorbancia (α), podemos verificar que los resultados obtenidos de la absorbancia de la muestra (Gaina, Suberlev) oscilan en valores muy pequeños de porcentaje, por lo que es muy conveniente como recubrimiento térmico, la pintura que tiene menor absorbancia es la marca Suverlev 2 caras con el 13,2 %.

Al realizar las distintas combinaciones y considerando los valores del espectro solar, en los rangos de espectrofotometría UVvis (0,3 a 2,5 μm) y FTIR (1 – 2,5 μm), vemos en las figuras, como varían los valores de reflectancia espectral, transmitancia, emitancia y absorbancia, de esta manera podemos analizar la caracterización a los cuales fueron sometidos los materiales (Suberlev, Gaina) esto permitió realizar la comparación y aplicación de parámetros matemáticos de las normas ASTM E903:12. Además al realizar distintas combinaciones con los resultados obtenidos y considerando los espectros Uv + Vis + Ftir, nos permitió determinar los puntos donde se producen los saltos térmicos y verificar como varia la reflectancia en función del rango espectral

REFERENCIAS

- [1]. Faraldos, M., & Goberna, C. (2011). *Técnicas de análisis y caracterización de materiales*. Editorial CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- [2]. Heras, I., Guillén, E., Lungwitz, F., Rincón-Llorente, G., Munnik, F., Schumann, E., Azkona, I., Krause, M., & Escobar-Galindo, R. (2018). Design of high-temperature solar-selective coatings based on aluminium titanium oxynitrides $\text{Al}_y\text{Ti}_x\text{O}_{1-y-x}\text{N}_{1-x}$. Part 1: Advanced microstructural characterization and optical simulation. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 176, 81-92.
- [3]. Hernández Sánchez, J. M. (2012). Medidas de mejora de la eficiencia energética de edificios residenciales. *15th International Congress on Project Engineering*.
- [4]. López, R. A. N., Vong, Y. M., Borges, R. O., & Olguín, E. J. (2004). *Fitorremediación: Fundamentos y aplicaciones*. Ciencia.
- [5]. Soriano, M., & Royo, R. (s. f.). *Termografía Infrarroja Nivel II*. FUNDACIONCONFEMETAL.