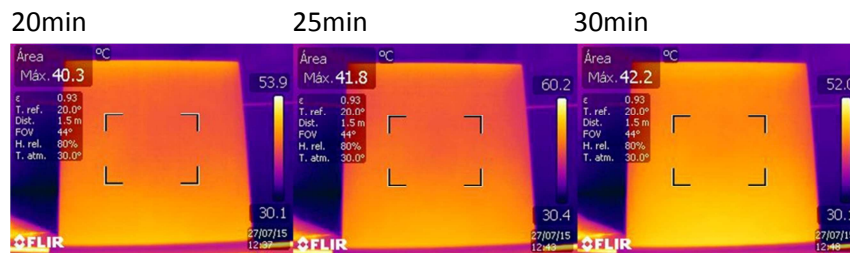
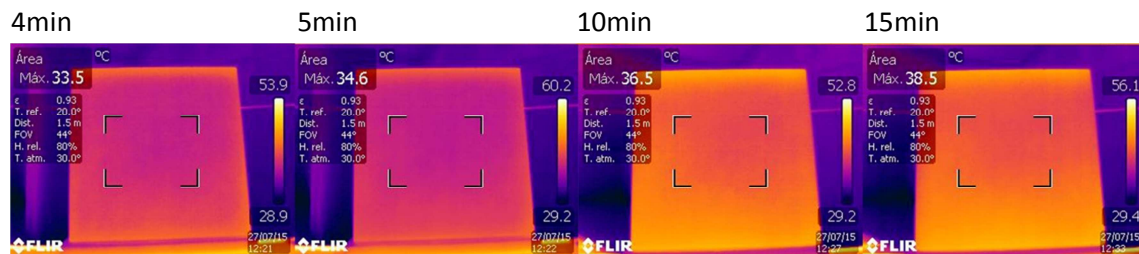
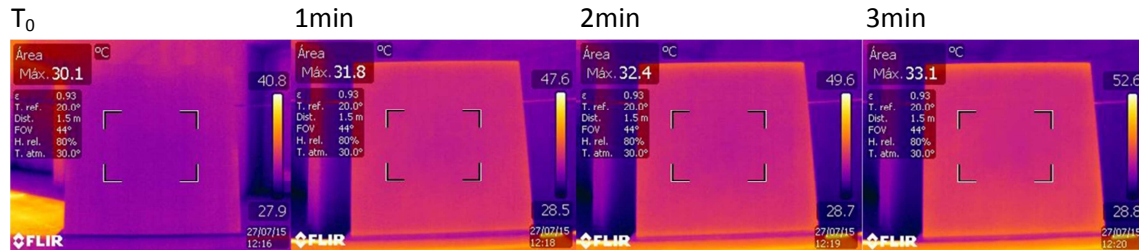


4.4.2._RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS EN ENSAYO EN EXTERIOR

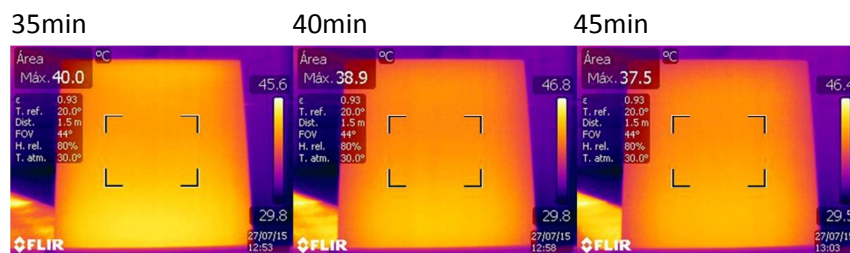
4.4.2.1._TERMOGRAMAS PIEDRA ARENISCA

_PIEDRA ARENISCA GRIS

• Fase de calentamiento

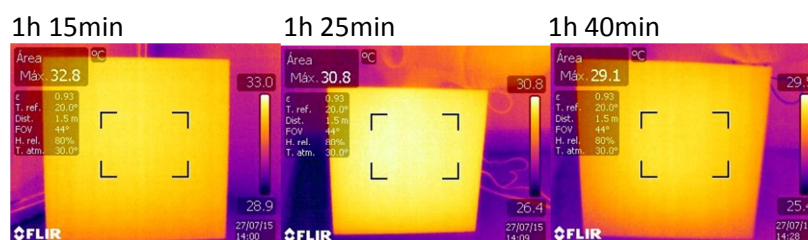


• Fase de enfriamiento



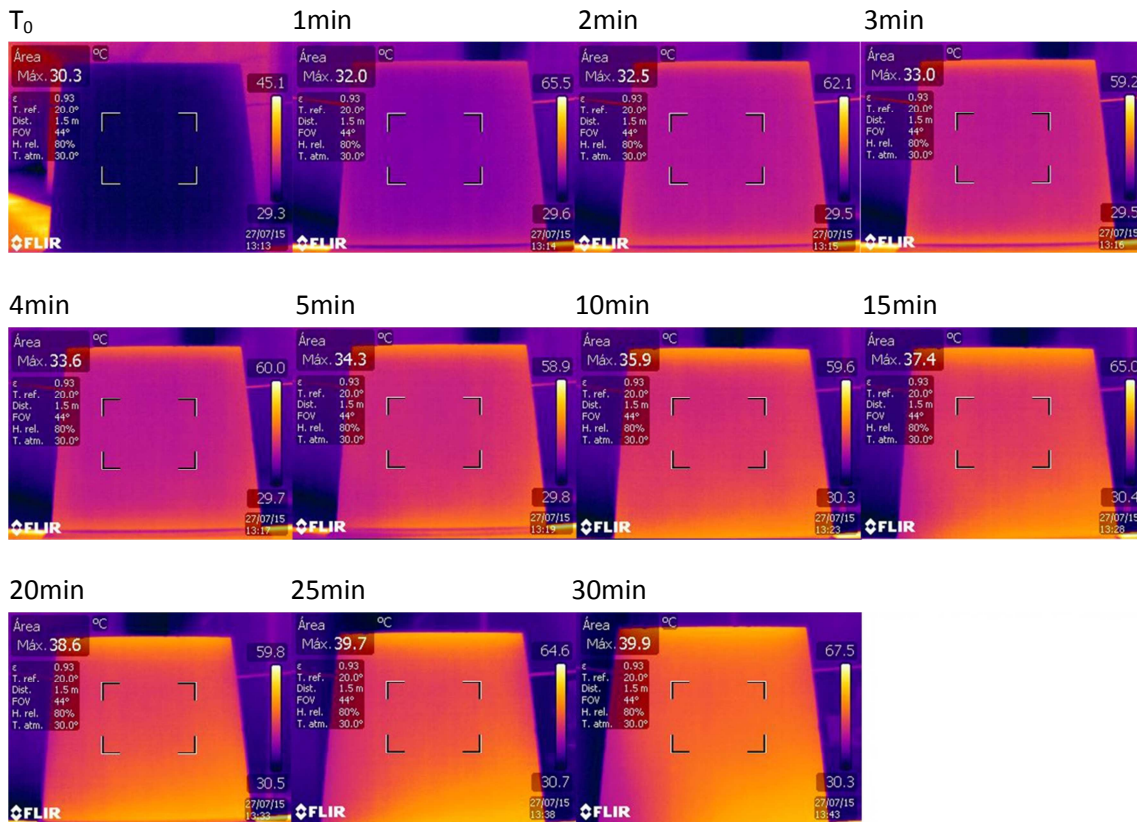
• Termogramas de enfriamiento final

Tiempo desde inicio enfriamiento

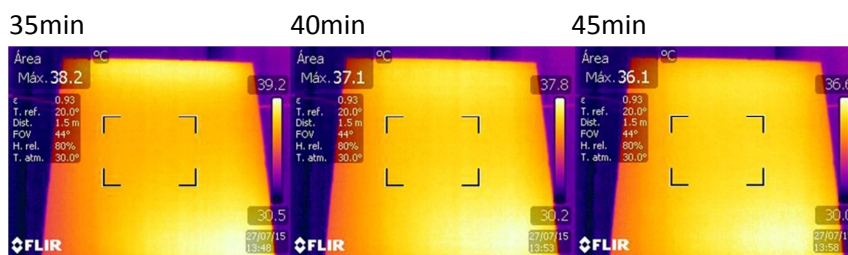


_PIEDRA ARENISCA BEIGE

• Fase de calentamiento

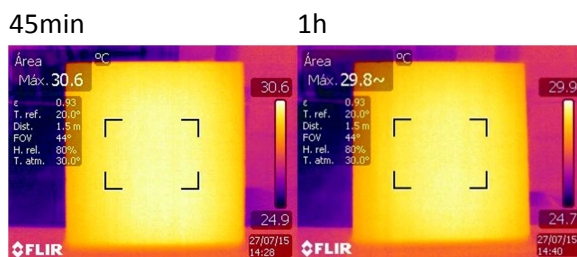


• Fase de enfriamiento



• Termogramas de enfriamiento final

Tiempo desde inicio enfriamiento



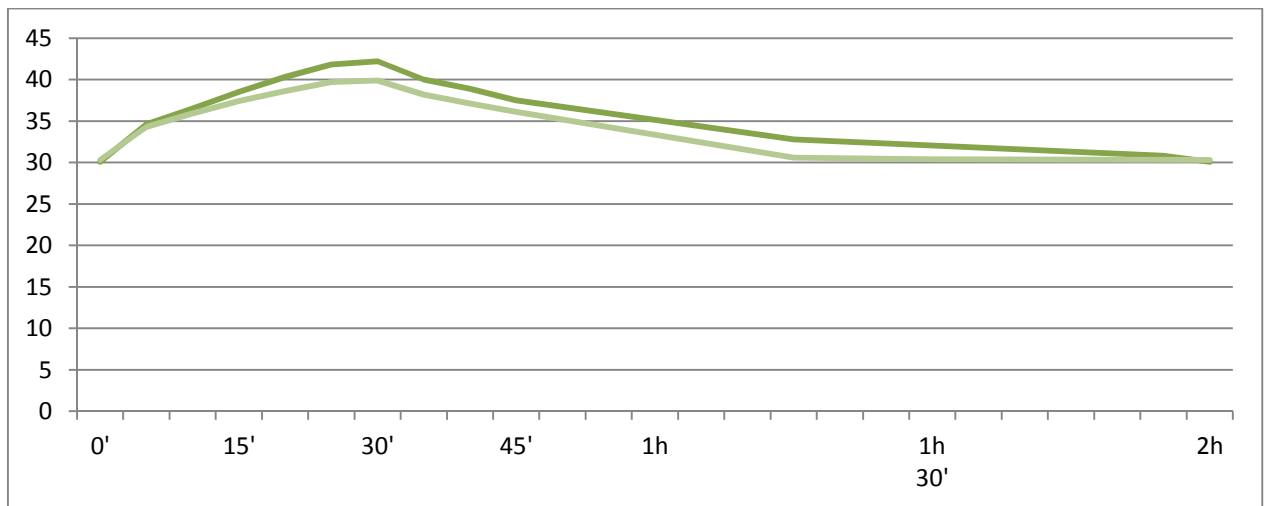
Tablas y gráficas comparativas:

	Tiempo	Fase de calentamiento							Fase de enfriamiento		
		0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'
Gris	Temperatura promedio máxima del área	30.1	34.6	36.5	38.5	40.3	41.8	42.2	40	38.9	37.5
Beige		30.3	34.3	35.9	37.4	38.6	39.7	39.9	38.2	37.1	36.1

Tabla 4.1. Resultados obtenidos de las muestras de piedra arenisca gris y beige en el exterior. Elaboración propia.

	Diferencia de temperatura máxima alcanzada	Tiempo necesario para alcanzar una diferencia de temperatura de 10°C	Tiempo de enfriamiento necesario para recuperar la temperatura inicial
Gris	12.1 °C	20min.	1h 20min.
Beige	9.6 °C	30min.	1h 20min.

Tabla 4.2. Resultados obtenidos de las muestras de piedra arenisca gris y beige en el exterior. Elaboración propia.



Gráfica 1.6. Estudio comparativo del comportamiento de las muestras de piedra arenisca gris y beige en el exterior. Elaboración propia.

— Piedra Gris
— Piedra Beige

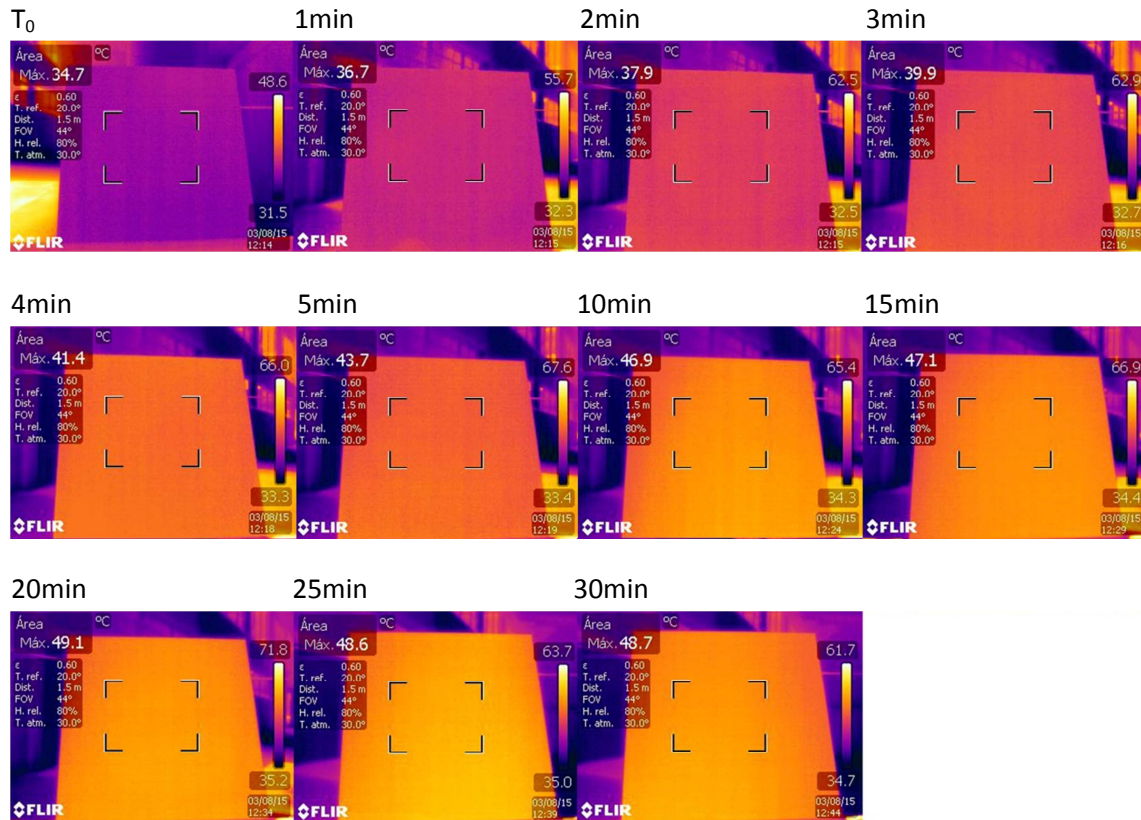
Conclusiones:

- La piedra de color gris alcanza unos grados más de temperatura, 12.1 °C frente a los 9.6 °C de la piedra beige. También se calienta más rápidamente.
- Tanto la fase de calentamiento como la de enfriamiento, siguen más o menos una pendiente recta, lo que indica que el incremento o descenso de temperatura es bastante constante, con excepción de los primeros 5 minutos en los que absorbe/pierde más calor.
- Respecto al ensayo de interior, en este se alcanza una temperatura menor, por lo que también el tiempo en alcanzar los 10°C es mayor, y el tiempo en recuperar la temperatura inicial menor.

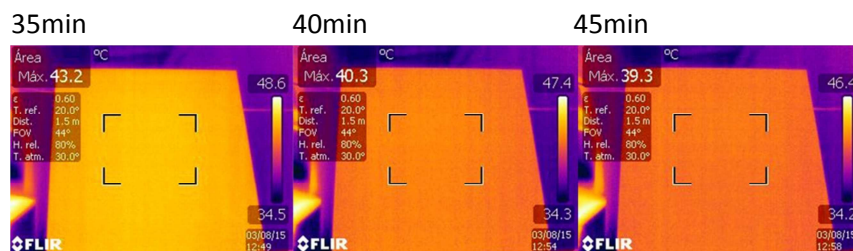
4.4.2.2._TERMOGRAMAS PANEL COMPOSITE

_PANEL COMPOSITE BLANCO

· Fase de calentamiento

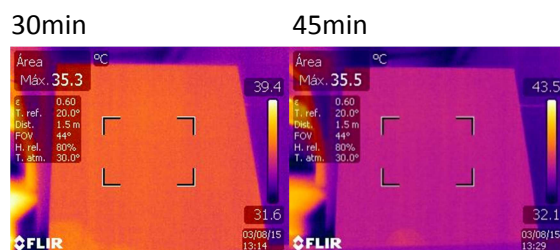


· Fase de enfriamiento



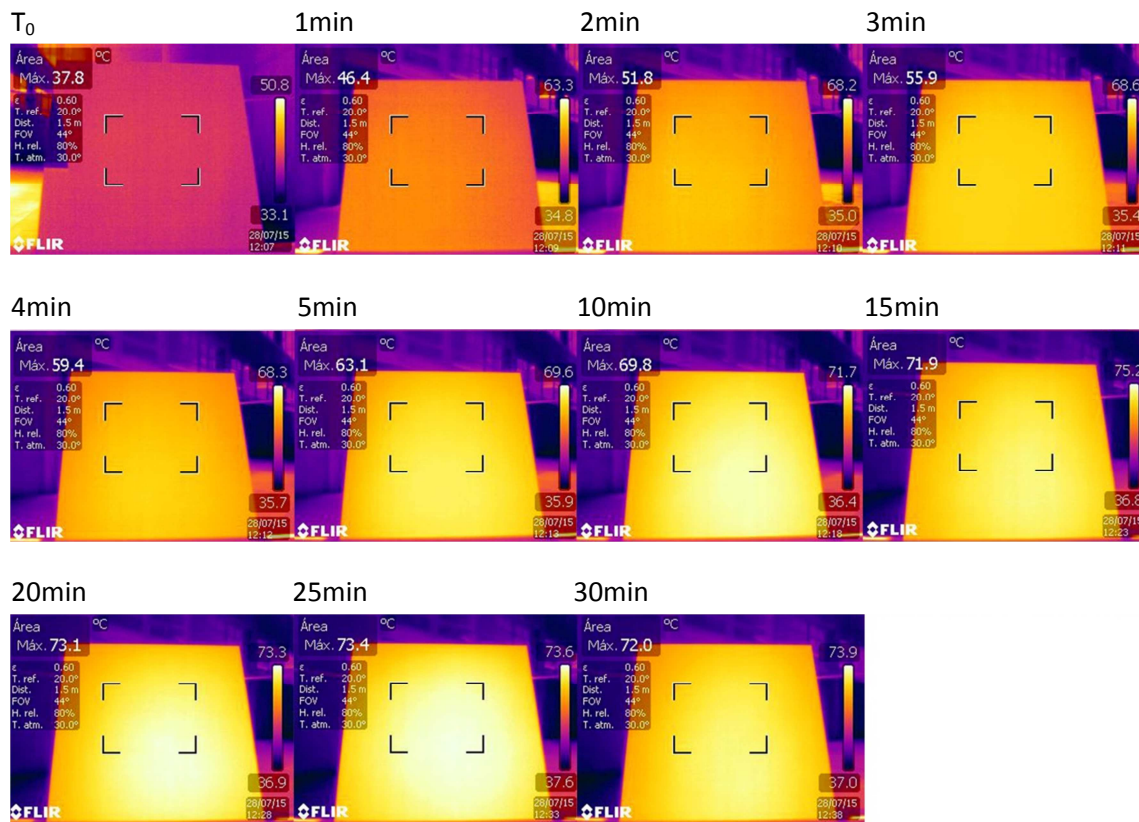
· Termogramas de enfriamiento final

Tiempo desde inicio enfriamiento

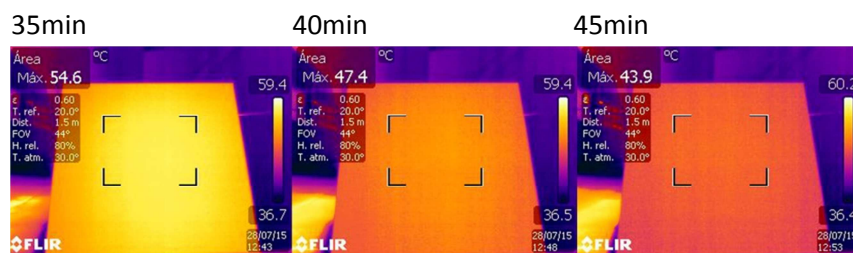


_PANEL COMPOSITE NEGRO

• Fase de calentamiento

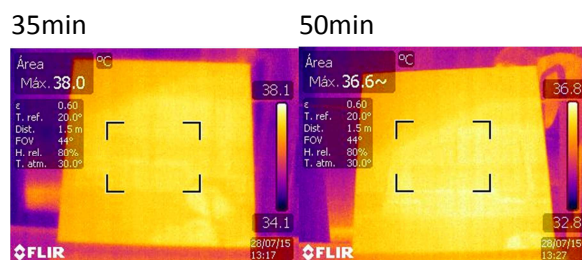


• Fase de enfriamiento



• Termogramas de enfriamiento final

Tiempo desde inicio enfriamiento



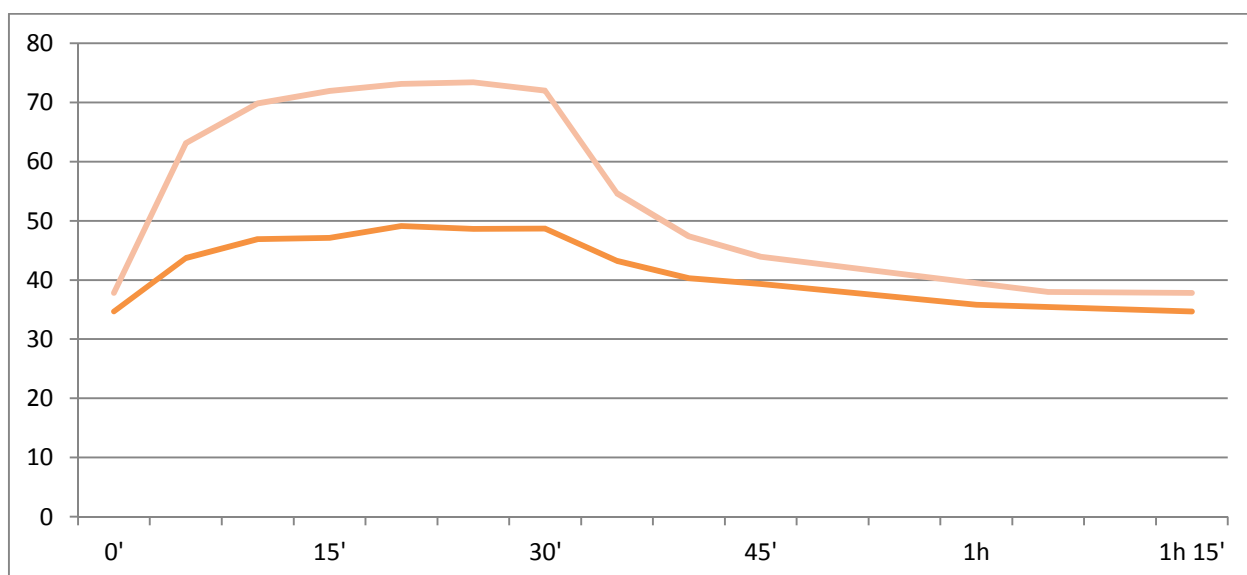
Tablas y gráficas comparativas:

	Tiempo	Fase de calentamiento							Fase de enfriamiento		
		0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'
Blanco	Temperatura promedio	34.7	43.7	46.9	47.1	49.1	48.6	48.7	43.2	40.3	39.3
Negro	máxima del área	37.8	63.1	69.8	71.9	73.1	73.4	72	54.6	47.4	43.9

Tabla 4.3. Resultados obtenidos de las muestras de panel composite blanco y negro en el exterior. Elaboración propia.

	Diferencia de temperatura máxima alcanzada	Tiempo necesario para alcanzar una diferencia de temperatura de 10°C	Tiempo de enfriamiento necesario para recuperar la temperatura inicial
Blanco	14.4 °C	7min.	45min.
Negro	35.6 °C	1-2min.	45min.

Tabla 4.4. Resultados obtenidos de las muestras de panel composite blanco y negro en el exterior. Elaboración propia.



Gráfica 1.7. Estudio comparativo del comportamiento de las muestras de panel composite blanco y negro en el exterior.
Elaboración propia.

- Panel composite blanco
- Panel composite negro

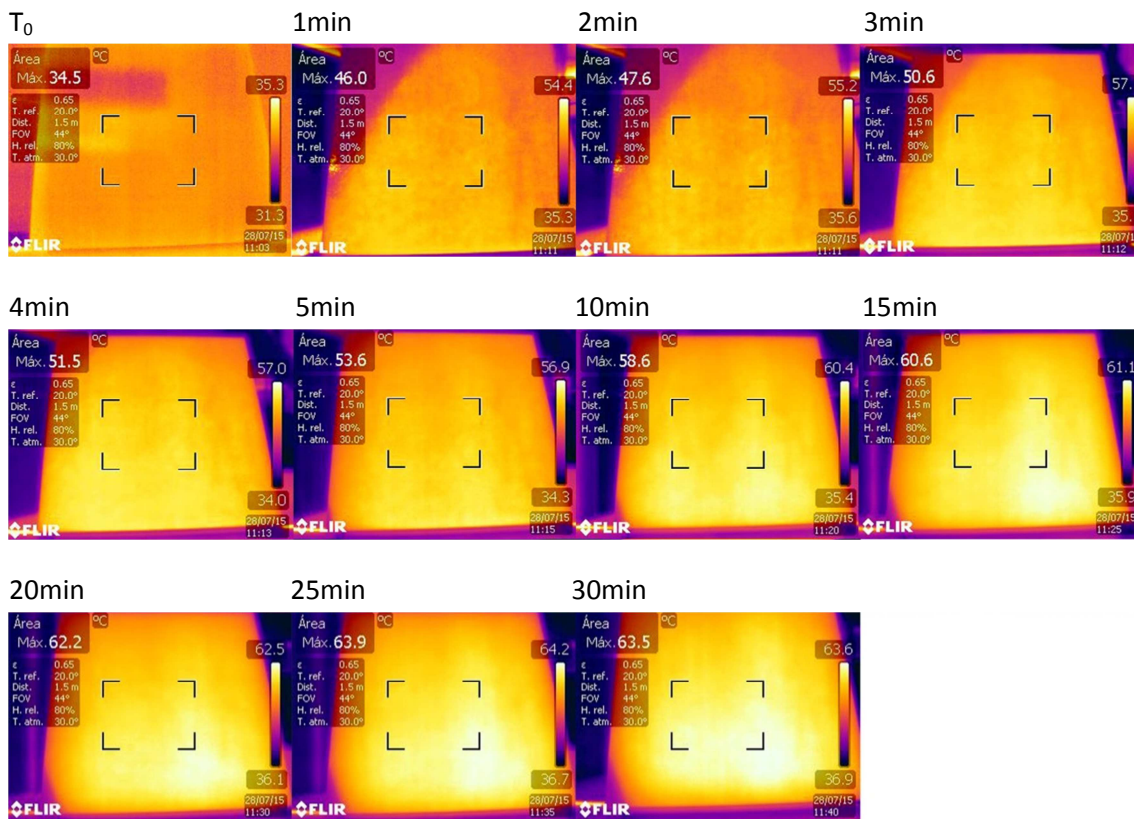
Conclusiones:

- Se aprecia una gran diferencia de temperatura debido al color, alcanzando el panel negro 20°C más que el blanco. Además, el panel negro se calienta más rápidamente.
- Sin embargo, el tiempo que tardan en recuperar la temperatura inicial es igual en las dos muestras.
- Respecto al ensayo de interior el tiempo necesario para alcanzar la temperatura inicial es menor.
- Al igual que en el ensayo de interior, las mayores ganancias o pérdidas de temperatura se producen en los primeros 5 minutos de cada fase (calentamiento – enfriamiento).

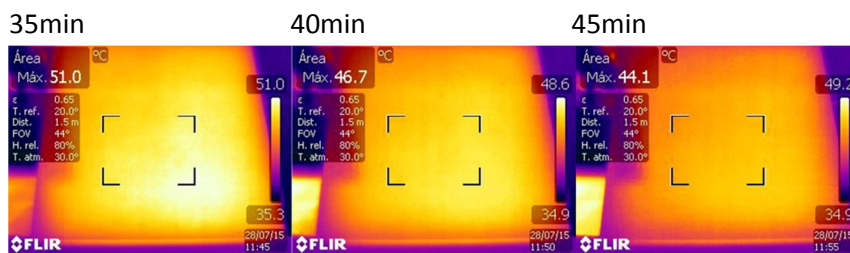
4.4.2.3._TERMOGRAMAS TABLERO DE MADERA DE PINO

_TABLERO DE MADERA TONO CLARO

• Fase de calentamiento



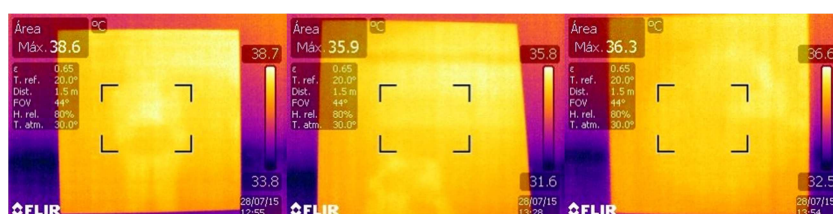
• Fase de enfriamiento



• Termogramas de enfriamiento final

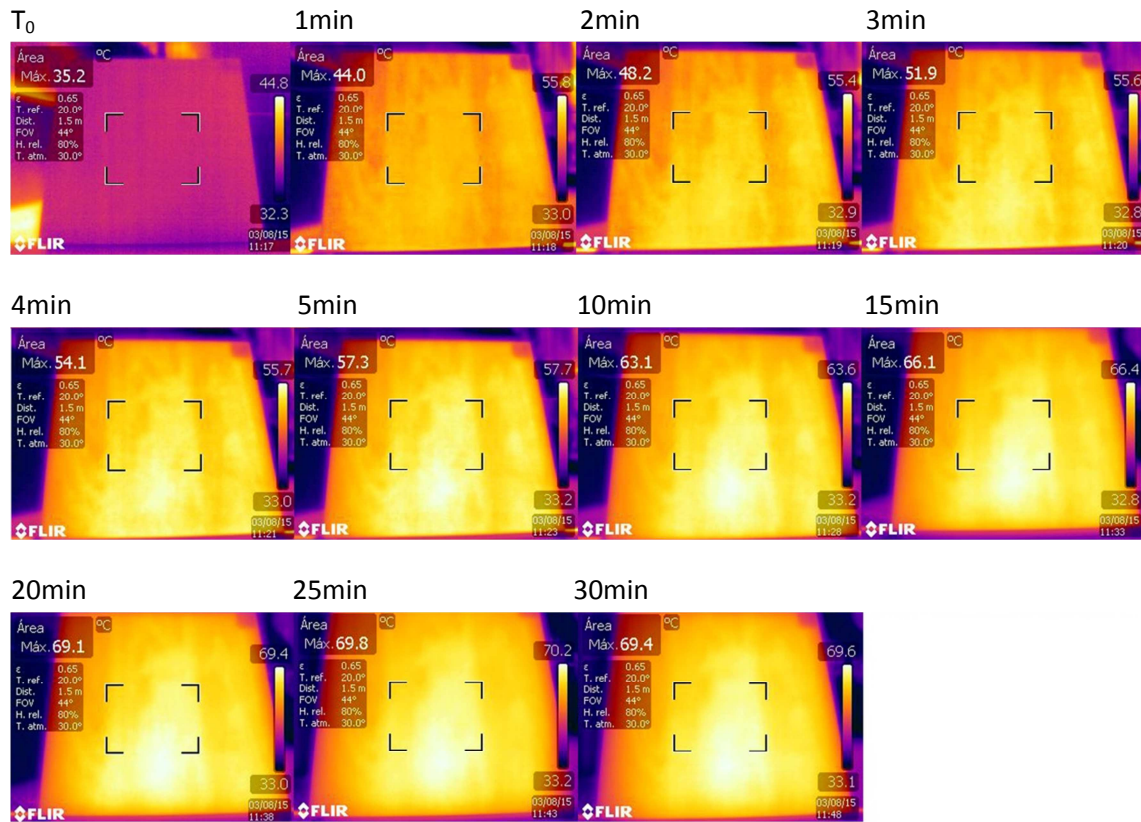
Tiempo desde inicio enfriamiento

1h 20min 1h 35min 2h

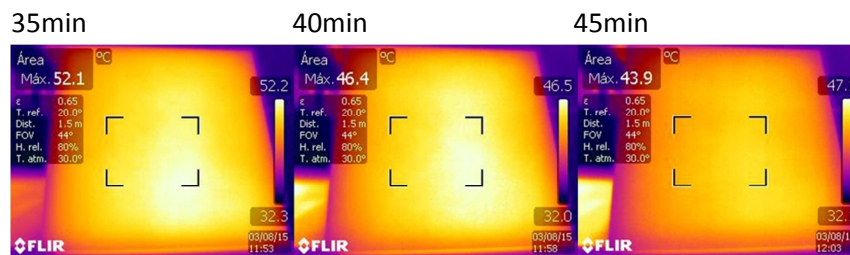


_TABLERO DE MADERA TONO OSCURO

• Fase de calentamiento

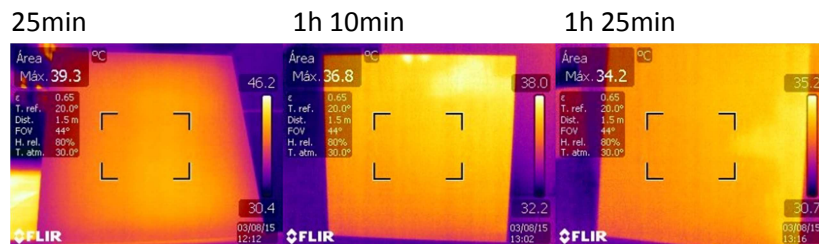


• Fase de enfriamiento



• Termogramas de enfriamiento final

Tiempo desde inicio enfriamiento



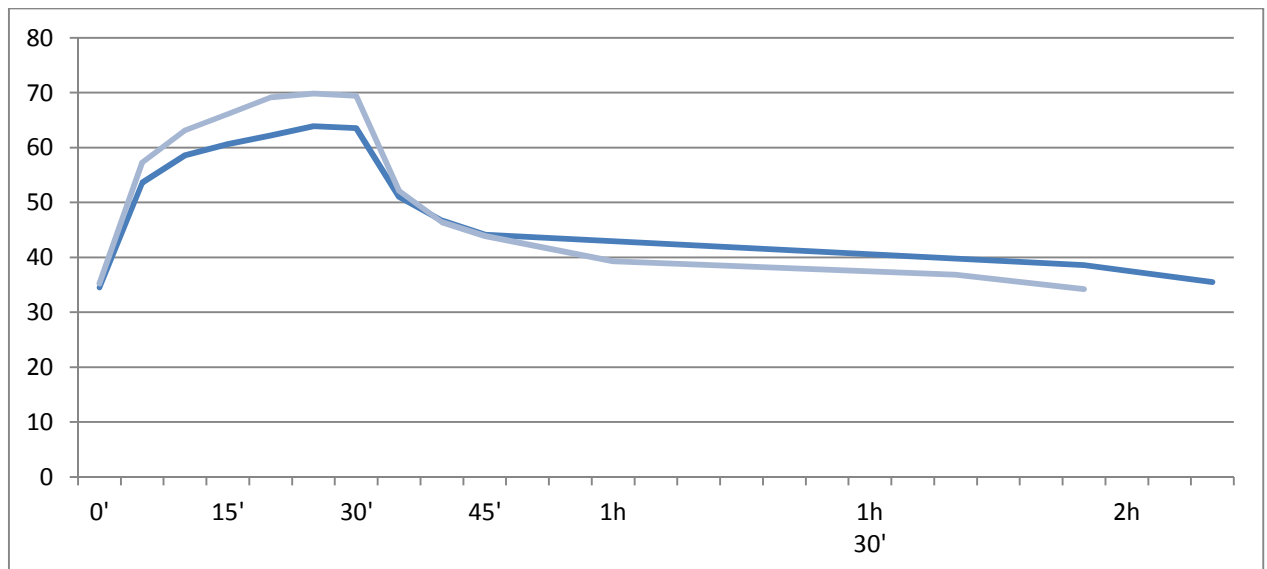
Tablas y gráficas comparativas:

		Fase de calentamiento							Fase de enfriamiento		
	Tiempo	0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'
Claro	Temperatura promedio	34.5	53.6	58.6	60.6	62.2	63.9	63.5	51	46.7	44.1
Oscuro	máxima del área	35.2	57.3	63.1	66.1	69.1	69.8	69.4	52.1	46.4	43.9

Tabla 4.5. Resultados obtenidos de las muestras de tableros de madera en el exterior. Elaboración propia.

	Diferencia de temperatura máxima alcanzada	Tiempo necesario para alcanzar una diferencia de temperatura de 10°C	Tiempo de enfriamiento necesario para recuperar la temperatura inicial
Claro	29.4 °C	1-2min.	2h
Oscuro	34.6 °C	1-2min.	1h 30min

Tabla 4.6. Resultados obtenidos de las muestras de tableros de madera en el exterior. Elaboración propia.



Gráfica 1.8. Estudio comparativo del comportamiento de las muestras de tableros de madera en el exterior. Elaboración propia.

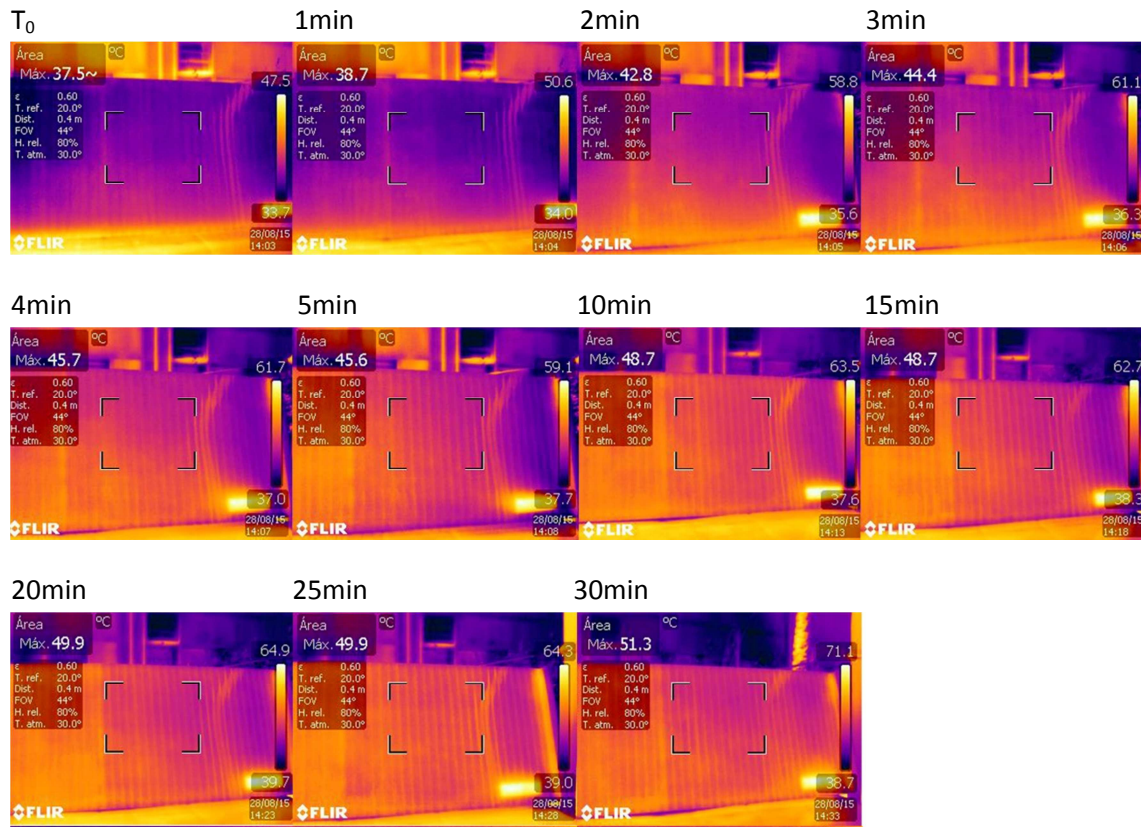
- Tablero de madera claro
- Tablero de madera oscuro

Conclusiones:

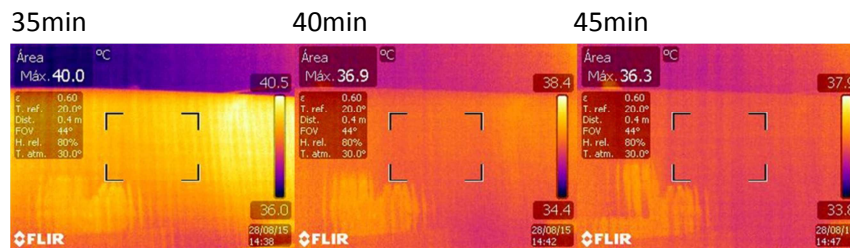
- El tablero de madera oscuro absorbe más calor que el de madera claro. Alcanza 5°C más de temperatura.
- Al igual que se observa en el composite, las mayores pérdidas y ganancias de temperatura se concentran en los 5 primeros minutos de cada fase (calentamiento – enfriamiento).
- A partir de los 5 primeros minutos el incremento de temperatura por tiempo transcurrido es menor, hasta llegar a una línea más o menos horizontal, donde no se gana temperatura entre los 20 y 30 minutos.

4.4.2.4._TERMOGRAMAS PANEL DE POLICARBONATO ALVEOLADO

• Fase de calentamiento



• Fase de enfriamiento



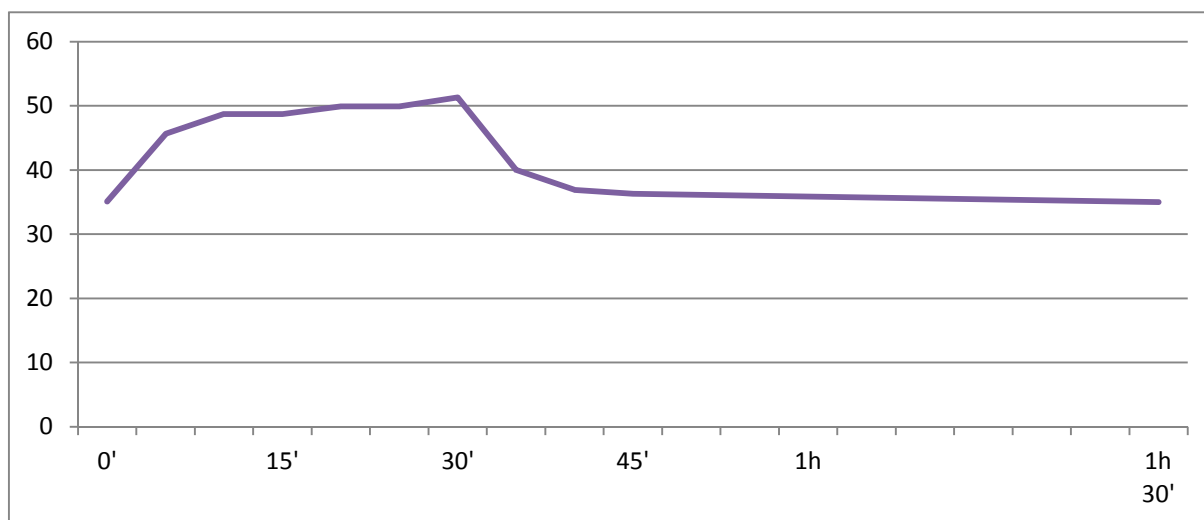
Tablas y gráficas comparativas:

		Fase de calentamiento							Fase de enfriamiento		
	Tiempo	0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'
Blanco	Temperatura promedio máxima del área	35.5	45.6	48.7	48.7	49.9	49.9	51.3	40	36.9	36.3

Tabla 4.7. Resultados obtenidos de la muestra de policarbonato alveolado en el exterior. Elaboración propia.

	Diferencia de temperatura máxima alcanzada	Tiempo necesario para alcanzar una diferencia de temperatura de 10°C	Tiempo de enfriamiento necesario para recuperar la temperatura inicial
Blanco	15.8 °C	7min.	15min.

Tabla 4.8. Resultados obtenidos de la muestra de policarbonato alveolado en el exterior. Elaboración propia.



Gráfica 1.9. Evolución térmica del panel de policarbonato alveolado en el exterior. Elaboración propia.

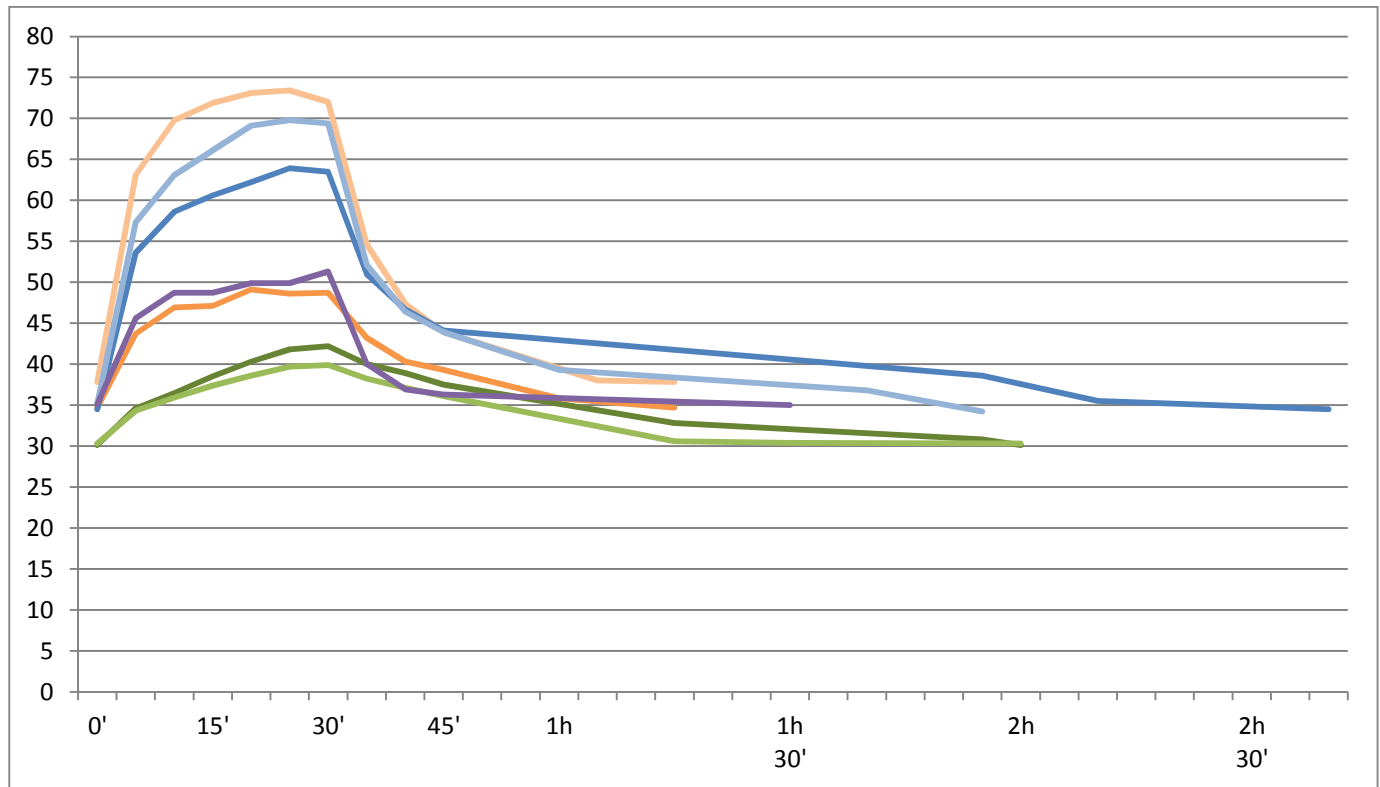
Conclusiones:

- Los mayores cambios de temperatura se concentran en los primeros 5 minutos de cada fase (calentamiento – enfriamiento).
- A partir de los primeros 5 minutos la evolución de temperatura es leve y escalonada.
- Aunque el tiempo para llegar a la temperatura inicial sea de 2h, en los 15 minutos de enfriamiento se alcanza casi la temperatura inicial.

4.4.2.5._ ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS MUESTRAS EN EL EXTERIOR

		Diferencia de temperatura máxima alcanzada	Tiempo necesario para alcanzar una diferencia de temperatura de 10°C	Tiempo de enfriamiento necesario para recuperar la temperatura inicial
Piedra	Gris	12.1 °C	20min.	1h 20min.
	Beige	9.6 °C	30min.	1h 20min.
Tablero de madera	Claro	29.4 °C	1-2min.	2h
	Oscuro	34.6 °C	1-2min.	1h 30min
Panel composite	Blanco	14.4 °C	7min.	45min.
	Negro	35.6 °C	1-2min.	45min.
Policarbonato	Blanco	15.8 °C	7min.	15min.

Tabla 4.9. Resultados obtenidos de todas las muestras en ensayo de exterior. Elaboración propia.



Gráfica 1.10. Estudio comparativo del comportamiento de todas las muestras en ensayo de exterior. Elaboración propia.

- Piedra Gris
- Piedra Beige
- Tablero de madera claro
- Tablero de madera oscuro
- Panel composite blanco
- Panel composite negro
- Policarbonato alveolado

Conclusiones:

- El panel composite es el material que más diferencia de temperatura alcanza entre sus dos muestras. El panel negro alcanza una temperatura de 73°C, mientras que el blanco alcanza 49°C.
- Después del panel composite negro, la madera es el material que mayor temperatura alcanza. Llegando casi a 70°C el panel de madera oscuro.
- Se observa que cuanto mayor es la diferencia de color, mayor es la diferencia de temperatura. Después del panel composite que tiene colores blanco-negro, el que más diferencia presenta entre las muestra es la madera, con tonos claro y oscuro que se aprecian fácilmente.
- En la piedra natural es más difícil apreciar a simple vista el tono más oscuro, pero mediante el uso de esta técnica y durante el ensayo sí se ha podido determinar que es la variedad de piedra arenisca gris la que mayor diferencia de temperatura alcanza.
- En este ensayo el tablero de madera y el composite negro alcanzan la misma diferencia de temperatura de 10°C. en tiempos similares. Sin embargo, la piedra es con diferencia, el material que más tarda en alcanzar la diferencia de 10°C, llegando a consumir entre 20 minutos y 30 minutos.

Composición de las imágenes termográficas:

Piedra

Gris

Beige

Panel composite

Blanco

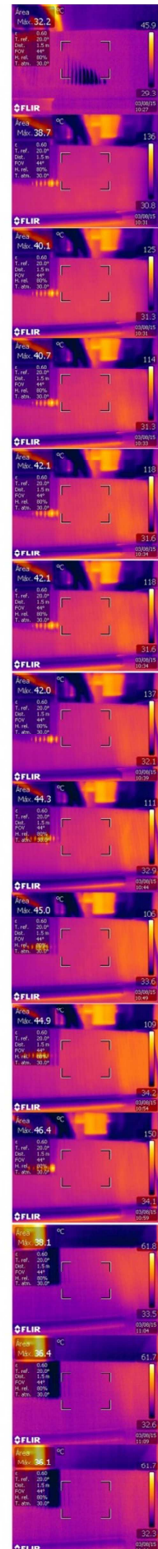
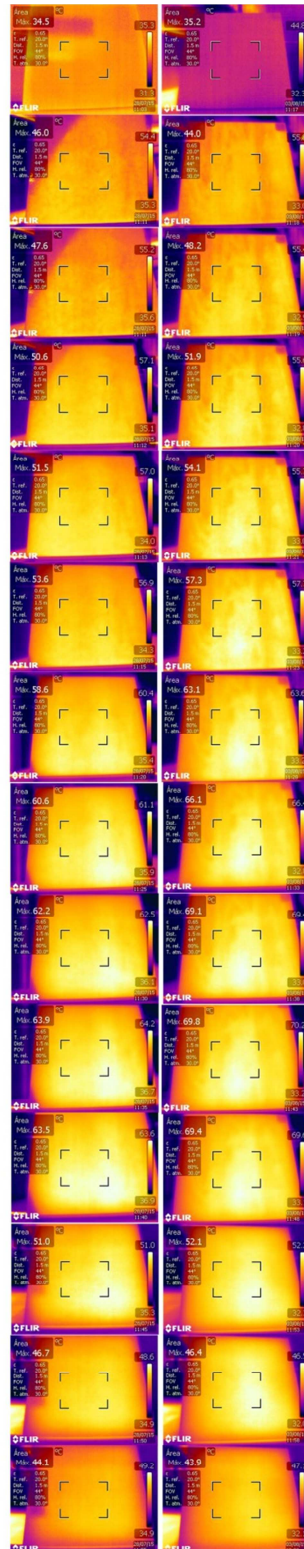
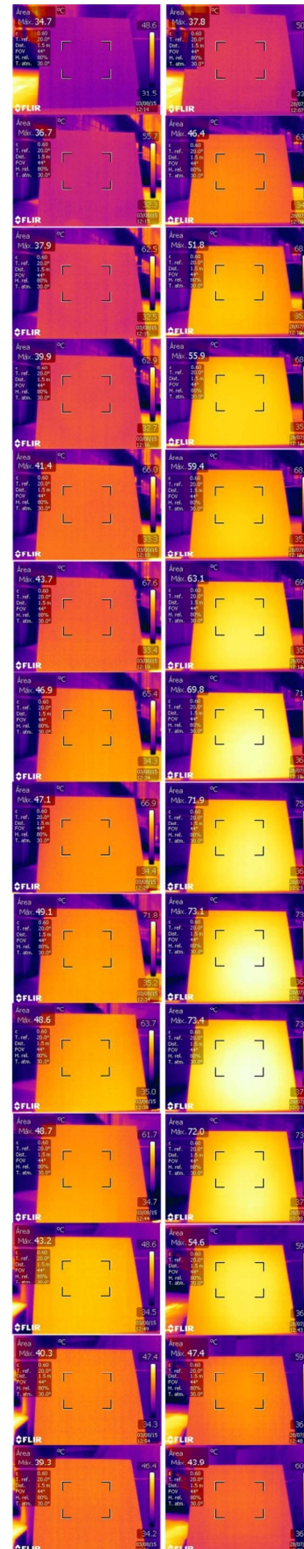
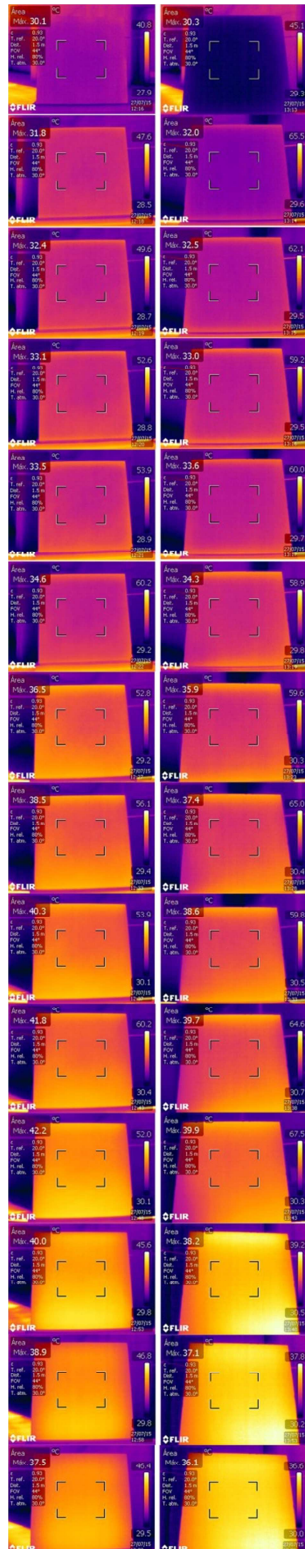
Negro

Tablero de madera

Claro

Oscuro

Polycarbonato



5. CONCLUSIONES

A partir del estudio de los resultados obtenidos en las medidas realizadas en el interior y en el exterior y del análisis comparativo de las curvas de evolución termográfica, se han llegado a las siguientes conclusiones:

_Sobre los materiales.

La piedra arenisca es el segundo material que más lentamente se calienta en el ensayo de laboratorio y el más lento, con una amplia diferencia, en el de exterior. (30-20min. frente a los 7 min. del siguiente más lento). También es uno de los materiales que más tarda en recuperar su temperatura inicial.

El panel composite es el material que mayor temperatura alcanza en ambos ensayos, 60,1°C en el ensayo de laboratorio y 73,4°C en el ensayo de exterior. También se trata del material más rápido en alcanzar una diferencia de temperatura de 10°C, en tan sólo 2 minutos.

El tablero de madera es el material que más tarda en alcanzar una diferencia de temperatura de 10°C en el ensayo de laboratorio mientras que es el más rápido en alcanzarla en el ensayo de exterior, junto con el panel composite. También se trata del segundo material que menos temperatura alcanza en el ensayo de interior (14,3°C) mientras que es el segundo en alcanzar más temperatura en el ensayo de exterior, casi igualando al composite (34,6°C).

El policarbonato es el que menos temperatura alcanza en interior y el segundo que menos en exterior. El tiempo necesario para alcanzar la diferencia de temperatura de 10°C es de aproximadamente 6 minutos en ambos ensayos.

_Curvas de evolución del comportamiento térmico.

Las curvas de evolución se dividen en dos fases: la primera de calentamiento, que dura 30 minutos; y la segunda de enfriamiento, que empieza a los 30 minutos y acaba cuando el material recupera su temperatura inicial.

En general, con excepción de la madera en el ensayo de laboratorio, los mayores cambios de temperatura que se observan en los materiales se producen durante los 5 primeros minutos de cada fase. Es más significativo este efecto en las muestras de panel composite y policarbonato.

En estos dos materiales se observa que pasados los primeros 5 minutos, el incremento de temperatura es muy leve, creando una línea casi horizontal en la gráfica, mientras que en la piedra y la madera, continúa habiendo un incremento de temperatura más notable hasta alcanzar los 30 minutos.

En cuanto a la fase de enfriamiento, se podría a su vez dividir en dos partes: la primera a corto plazo de 15 minutos en la que se tomaron datos cada 30 segundos; la segunda, a largo plazo, en la que los datos se toman cada 30-40 minutos puesto que la finalidad es averiguar cuánto tarda en recuperar la temperatura inicial, y no seguir su evolución, por lo que, al haber más tiempo entre tomas de datos, la línea no representa fielmente la evolución del material.

Influencia del color.

En los ensayos de interior no se observan diferencias notables producidas por el cambio de color en un mismo material. Esto se debe a que en el ensayo se trata de medir el calor que se transfiere de una cara a otra, por lo que el color no influye en la transmisión de calor.

Todo lo contrario ocurre en el ensayo de exterior, que mide la cantidad de calor que absorbe una cara del material expuesta al sol. Aquí se observa que la muestra de color más oscuro absorbe más calor que la muestra de color más claro de un mismo material.

El caso más significativo es el del panel composite, ya que las muestras son de color blanco y negro. La muestra de color negro alcanza una temperatura máxima de 73,4°C mientras que la muestra de color blanco tan sólo alcanza los 48,7°C, habiendo una diferencia entre ambas de 24,7°C.

Los ensayos de piedra y madera también presentan diferencias entre sus muestras debidas al color. Entre las muestras de madera la diferencia de temperatura, entre la muestra de tono oscuro y la muestra de tono claro, es de 6°C.

En el caso de la piedra, cuyas muestras eran de color gris y beige, resultaba difícil decidir a simple vista cuál de las dos muestras es la que presentaba un tono más oscuro. Con el ensayo termográfico se ha averiguado que la piedra de color gris es la que alcanza más temperatura, por lo tanto la más oscura. Aun así, la diferencia entre la piedra gris y la beige es de 2,3°C.

Se entiende pues que, cuanto menos evidente es la diferencia de color entre las muestras de un material, menor es la diferencia de temperatura que presentan.

Se ha observado también que, aparte de alcanzar mayor temperatura, las muestras con tonos más oscuros se calientan de forma más rápida. Sin embargo, el tiempo necesario para alcanzar la temperatura inicial es aproximadamente el mismo.

6. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES

Alario Catalá, E. (2011). *Termografía aplicada a la Edificación*. Recuperado de:
<http://www.enriquealario.com/termografia-i/>

Arenas Cabello, F. J. (2007). *El impacto ambiental en la Edificación. Criterios para una construcción sostenible*. España: Edisofer.

Bautista Kuri, A. *Cálculo de transmisión en elementos constructivos y temperatura de sus superficies*. Recuperado de: <http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2008/07/calculo-de-transmission-en-elementos-constructivos-y-temperatura-de-sus-superficies/>

Engelsmann, S., Spalding, V. y Peters, S. (2010). *Plastics in architecture and Construction*. Ed. Birkhauser.

London, J. *Características de la arenisca*. Recuperado de:
http://www.ehowenespanol.com/caracteristicas-arenisca-info_204739/

Mas Tomás, A. (2011). *Cerramiento de obra de fábrica. Diseño y tipología*. Editorial Universitat Politècnica de València.

Nivela Equipos de topografía, acústica y termografía. *Termografía y sus aplicaciones*. Recuperado de: <http://www.nivelatermografia.net/termografia>

PCE Inst. *Cámara infrarroja serie Flir B*. Recuperado de: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-temperatura/camara-infrarroja-flir-B.htm>

Portal de ingeniería y gestión de mantenimiento. *Introducción al Análisis Termográfico*. Recuperado de: <http://www.ingenieriamantenimiento.org/programa-de-curso-analisis-termografico/>

TermaGraf Control y servicios termográficos. *Edificación*. Recuperado de:
<http://www.termagraf.com/termografia/edificacion/>

Termográfics. (2011). *La emisividad*. Recuperado de: <http://www.latermografia.com/2011/la-emisividad>

Tormo Esteve, S. y Royo Pastor, R. (2015). *La aplicación de la termografía en el ámbito de la rehabilitación y conservación arquitectónica. II Jornadas de investigación en construcción*. Editado por: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja

Vollmer, M., y Möllmann, K.-P. (2013). *Termografía Infrarroja. Fundamentos, investigación y aplicaciones*. España: Editorial Universitat Politècnica de València.

7. ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura nº1. Enrique Alario Catalá. (2011). <i>Termografía aplicada a la edificación</i>	1
Figura nº2. Mirafutura Ingeniería. (2014). <i>Termografía</i> .	1
Figuras nº 3 y 4. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Elaboración propia.	1
Figuras nº 5 y 6. Imagen que muestra la diferencia de radiación emitida provocada por el color. Santiago Tormo Esteve.	2
Figura nº7. Espectro electromagnético. Recuperado de: http://fisica.laguia2000.com/energia/escala-de-las-radiaciones-electromagneticas	5
Figuras nº 8 y 9. Entrada por filtración de aire en las ventanas de la planta segunda del Castillo-Palacio Ducal de Cocentaina, Alicante. Tormo Esteve, S., Royo Pastor, R.	8
Figuras nº 10 y 11. Imágenes del interior de la Iglesia parroquial de Nuestra Señora de la Asunción en Catí (Castellón). Tormo Esteve, S., Royo Pastor, R.	8
Figuras nº 12 y 13. Imágenes de las muestras de piedra arenisca gris y beige. Elaboración propia.	9
Figura nº14. Centro de Turismo. Valencia.	9
Figuras nº 15 y 16. Imágenes de las muestras de panel composite blanco y negro. Elaboración propia.	10
Figuras nº 17. Lineplas. (2004). Fachada Géminis Center.	10
Figuras nº 18 y 19. Imágenes de las muestras del tablero aglomerado de madera. Elaboración propia.	11
Figura nº 20. Imagen de la muestra de panel de policarbonato alveolado. Elaboración propia.	12
Figura nº 21. Estación Joaquín Sorolla, Valencia.	12
Figura nº 22. Cámara Infrarroja Serie FLIR B.	13
Figura nº 23. Imagen del termoventilador. Elaboración propia.	14
Figura nº 24. Imagen del higrosicrómetro. Elaboración propia.	14
Figuras nº 25 y 26. Muestran la transmisión de calor por contacto con la superficie de la muestra. Elaboración propia.	15
Figura nº 27. Se muestra la ubicación del termoventilador y de la cámara termográfica con respecto a la muestra en el ensayo de laboratorio. Elaboración propia.	15
Figura nº 28. Se muestra la ubicación de la cámara termográfica y la posición de la muestra en el ensayo de exterior. Elaboración propia.	15
Figuras nº 29 y 30. Partes de la cámara termográfica. Elaboración propia.	16
Figuras nº 31 y 32. Funciones de la cámara termográfica. Elaboración propia.	17
Figuras nº 33 y 34. Funciones de la cámara termográfica. Elaboración propia.	17
Figura nº35. Pantalla de la cámara termográfica. Elaboración propia.	17
Figura nº36. Muestra la ubicación del termoventilador y de la cámara termográfica con respecto a la muestra durante las sesiones de recogida de datos de laboratorio. Elaboración propia.	18