

## **EVALUACIÓN Y ANÁLISIS MEDIANTE PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DE LOS FACTORES QUE AFECTAN A LA MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA EN LA FOTOMETRÍA INFRARROJA, EL ÁNGULO DE INCIDENCIA**

Daniel García de Frutos. Universidad Alfonso X el Sabio

Manuel Islán Marcos. Universidad Politécnica de Madrid.

### **RESUMEN**

La utilización de las técnicas de medición infrarroja es un campo de un gran potencial de crecimiento debido a las recientes regulaciones en materia de auditoría energética, certificación energética de edificios y la implantación progresiva de los edificios de energía casi nula. Existen estudios teóricos que analizan la influencia del ángulo de emisividad en la medición de las condiciones de emisividad sobre diferentes tipos de materiales (factor de máxima relevancia para la obtención de datos fiables de temperatura).

En este estudio se hace un análisis sobre datos obtenidos de forma experimental y sobre cinco de los materiales más utilizados en la fabricación y acabados en construcción. Se realizan medidas bajo consideraciones homogéneas tomando un rango del ángulo de incidencia de entre 20 y 90°. Se determina la incertidumbre de los valores considerados en el estudio para la validación de los resultados. Es importante destacar que las secuencias y repeticiones realizadas en las mediciones de temperatura tienen como objetivo también determinar el procedimiento que permita al técnico mejorar en su metodología de medición, buscando posiciones óptimas y desviaciones con respecto a la incidencia angular.

**PALABRAS CLAVE:** Termografía, Emisividad, ángulo de incidencia, temperatura

**KEY WORDS:** Thermography Emissivity, angular variation, temperature,

### **1. CONCEPTOS: ÁNGULO DE INCIDENCIA Y REFLEXIÓN**

La importancia del ángulo de incidencia y la variación que puede producir en su medida va más allá de la influencia geométrica que la toma de la imagen pueda tener en las reflexiones presentes en el entorno.

Es importante distinguir la influencia en la emisividad del ángulo de incidencia con el fenómeno de reflexión. Cuando estamos midiendo la temperatura superficial de un

material, deberemos tener en cuenta que en realidad lo que estamos midiendo en la energía radiante que recibe el receptor como resultado de emitir anteriormente una determinada intensidad de ondas infrarrojas. Esto lo que quiere decir, es que el receptor recibe la energía radiante procedente de un objeto y lo transforma en temperatura aplicando una serie de algoritmos matemáticos. Por lo tanto, es incapaz de evaluar el origen de esta radiación, y precisamente esto es lo que puede producir importantes fallos en las mediciones.

Esto es debido, a que parte de la radiación recibida puede no proceder de la emisión del material, sino de reflejos de radiaciones procedentes de elementos situados próximos a ellos, o incluso de la radiación solar.

Este efecto es muy importante tenerlo en cuenta ya que, aparte de poder influir significativamente en el valor de las mediciones, a diferencia de la conductividad térmica, no es un parámetro que corrija directamente la propia cámara.

En parte sería posible corregir la reflexión producida por los propios materiales, ya que estos se comportan de una manera o de otra en función de su naturaleza; por ejemplo, los metales reflejan parte de la radiación térmica como la luz visible. No obstante, no se ha establecido una relación clara con la que se pueda relacionar estos reflejos con un parámetro mensurable del material.

El otro factor que delimita la dificultad de regular esta fuente de incertidumbre son los reflejos del entorno, que dependerá de cada instante y de los elementos que existan alrededor del material.

La reflexión es el fenómeno físico correspondiente al reenvío de parte de la radiación incidente sobre una superficie sin que se produzca en ella ninguna variación en su longitud de onda, en caso de que haya una variación en la longitud de onda, a este fenómeno se le conocerá con el nombre de fluorescencia.

La explicación matemática del este hecho se muestra a continuación:

Cuando un haz de luz entra en contacto con una superficie, para de ella es absorbida ( $\alpha$ ), parte transmitida ( $\tau$ ) y otra reflejada ( $\rho$ ) todo esto dependiendo de la longitud de onda ( $\lambda$ ), de la superficie del material y del ángulo de incidencia ( $\theta$ ).

Teniendo en cuenta el balance energético y las leyes de la termodinámica se obtiene la siguiente relación:

$$\alpha + \tau + \rho = 1$$

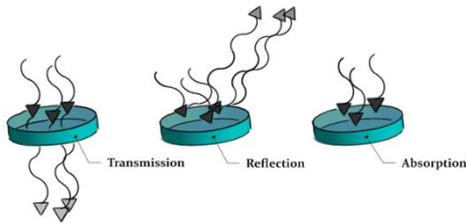


Figura . 1 Balance energético

Recordando que la reflectancia es la relación entre el flujo de una misma longitud de onda reflejada y el flujo de radiación incidente.

$$\rho = \frac{I_{ref}}{I_{inc}}$$

En el caso de hablar de cuerpo opacos, no existe la reflectancia, por lo que la expresión quedaría como:

$$\alpha + \tau = 1$$

En función del valor (porcentaje) de reflectancia obtenida, se puede clasificar la reflectancia como reflectancia visible, infrarroja o solar.

A parte del ángulo de incidencia de la longitud de onda, no debemos olvidar que la reflectancia depende también de la naturaleza de la superficie de la muestra, que motiva que la radiación reflejada sea difusa, especular o una mezcla de ambas. Aunque ya en la realidad no existe especular, tratándose ésta únicamente de un comportamiento ideal, ya que a nivel atómico no existe ninguna superficie perfectamente lisa capaz de crear este tipo de reflexión, por lo que siempre va a tener aunque sea un mínimo grado de dispersión.

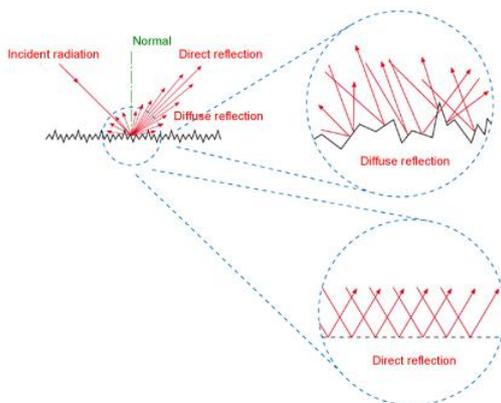


Figura . 2 Tipos de reflexión

Según M. Hongn and S. Flores Larsen se puede medir la reflectancia infrarroja Si realizamos de manera prácticamente simultánea la medida sobre una muestra considerada especular (lo más lisa posible), donde el reflejo de la radiación se produzca en la misma dirección y no exista una variación en la longitud de onda. Esto se traduce en que la radiación proveniente del material muestra información únicamente de la temperatura ambiente. Por otro lado, la radiación que reciben los detectores de la cámara no es únicamente la procedente de la muestra, sino que también se captará la procedente de la reflexión producida por el entorno.

La importancia del ángulo de incidencia y la variación que puede producir en su medida va más allá de la influencia geométrica que la toma de la imagen pueda tener en las reflexiones presentes en el entorno.

El ángulo de incidencia ha sido objeto de varios estudios, principalmente debido a lo que se conoce como emisividad angular.

El grado de emisividad del elemento a medir es uno de los principales factores a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo una medición por radiación infrarroja, de modo que si existe una relación estrecha entre la emisividad y el ángulo de medida, éste por lo tanto pasará a tener también gran importancia. Es por ello por el que la influencia del ángulo de incidencia ha sido y es objeto de numerosas investigaciones, tanto teóricas como prácticas.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL.

Se realizará el estudio para 6 materiales (ladrillo, pladur, azulejo, grafito, vidrio y madera) midiendo la temperatura mediante un pulsómetro láser. Un termopar y, por supuesto, una cámara termográfica.

En las mediciones efectuadas con el pulsómetro láser y con el termopar, se realizarán 10 repeticiones independientes para cada material, con el fin de estimar un valor medio (que será con el que determinemos el estudio) y la incertidumbre añadida a estas mediciones.

En el caso de las mediciones realizadas con la cámara termográfica, la incertidumbre asociada al mensurando será la proveniente de las variaciones de humedad y temperatura existentes en el local durante la medición, ya que las mediciones no se realizaron en una atmósfera controlada.

Para cada material se realizarán 8 mediciones con la cámara termográfica: 4 para evaluar la influencia en los diferentes ángulos de medida ( 20,45,70 y 90) y otros cuatro para estudiar las variaciones producidas por una diferencia de distancia desde la fuente emisora ( cámara) y el objeto de medida ( se realizarán mediciones a 0.5 , 1 ,2 y 4 m).



Figura . 3 Esquema del experimento.DGF.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL.

Como las mediciones no se han realizado en una atmósfera controlada en la que la humedad y temperatura permanecen constantes, se ha considerado necesario realizar una toma de medidas de las variaciones de estos parámetros durante el tiempo de toma de las medidas.

De esta manera, su registro nos permitirá evaluar el grado de desviación cometido debido a la variación de estos valores.

Las medidas se han realizado empleando como instrumento de medida testo 174 H, el cual posee integrado un sensor estable a largo plazo que permite registrar de forma segura y fiable la temperatura y la humedad relativa del ambiente de medición. La pantalla muestra los valores actuales y los posibles excesos de los límites, y guarda hasta 16 000 valores de medición. Además posee una gran comodidad en cuanto al uso, debido a que el usuario puede cambiar en cualquier momento las pilas que son estándar (2 unidades CR 2032).

#### 3.1 Cálculo de la incertidumbre asociada a las mediciones realizadas con cámara termográfica.

En este caso, se va a realizar el estudio de la incertidumbre producida en las medidas debido a los cambios de temperatura y humedad registrados durante el procedimiento de la toma de medidas, que como ya hemos comentado anteriormente y debido a cuestiones técnicas, no pudimos realizar en unas condiciones controladas y constantes de temperatura y humedad.

Este estudio se realizará partiendo de la correlación que temperatura y humedad ambiente tienen en el resultado de la medición de la temperatura superficial.

El procedimiento de cálculo de incertidumbre en este caso será tipo B, ya que el cálculo se realizará partiendo de mediciones previas al mensurando objeto de estudio, es decir, la incertidumbre se ha calculado a través de las registradas por la cámara termográfica.

Esto se realiza debido a la correlación existente entre la temperatura superficial de los materiales y las características del ambiente en el que se encuentran. Podemos garantizar que existe correlación debido a que siguen el mismo patrón de comportamiento.

Para estimar la incertidumbre, emplearemos como base informativa de correlación la ley de Stefan-Boltzmann, definida por:

$$H = \xi \sigma T^4$$

Dónde :

- H es el potencial de radiación infrarroja, directamente relacionada con la medición de la temperatura superficial.
- $\varepsilon$  es la emisividad, cuya variación la estimaremos a través de la humedad, procedimiento que se explicará más adelante.
- $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4)$  conocida como la constante de Stefan Boltzmann .
- T es la temperatura ambiente, que es uno de los factores con los que determinaremos la incertidumbre.

### 3.2 Determinación de la incertidumbre de las medidas tomadas por la cámara termográfica.

Como ya hemos dicho anteriormente, el cálculo de la incertidumbre de las medidas realizadas con la cámara termográfica atendiendo a las variaciones de temperatura y humedad ocurridas en el ambiente, se va a realizar a través de la ley Stefan- Boltzmann, en el cual nos relaciona el poder energético del campo de radiación infrarroja (que es la magnitud que mide la radiación infrarroja) con la temperatura y la humedad ( a través de la emisividad).

La fórmula empleada para la estimación de la incertidumbre considerando tal correlación es:

$$u^2(H) = \left(\frac{\partial H}{\partial \varepsilon}\right)^2 \cdot u^2(\varepsilon) + \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)^2 \cdot u^2(T) + 2 \cdot \left(\frac{\partial H}{\partial \varepsilon}\right) \cdot \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right) \cdot u(\varepsilon, T)$$

Como la ecuación de la que partimos es  $H = \xi \sigma T^4$ , las derivadas parciales presentes en la ecuación anterior serán:

- 1) coeficiente de sensibilidad de la emisividad; será común para todos los materiales.

$$\frac{\partial H}{\partial \varepsilon} = \frac{\partial \xi \sigma T^4}{\partial \varepsilon} = \sigma T^4 = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 29,2^4 = 0,0412.$$

- 2) coeficiente de sensibilidad de la temperatura; al depender de la emisividad, será diferente para cada material, lo que hará que cada material tenga diferentes valores de incertidumbre asociada.

$$\frac{\partial H}{\partial T} = \frac{\partial \xi \sigma T^4}{\partial T} = 4 \cdot \sigma \cdot \varepsilon$$

Material	Emisividad	$\frac{\partial H}{\partial T}$
Ladrillo	0,93	$2,11 \times 10^{-7}$
Pladur (yeso)	0,93	$2,11 \times 10^{-7}$
Terrazo( mármol)	0,93	$2,11 \times 10^{-7}$
Vidrio	0,92	$2,09 \times 10^{-7}$
Madera	0,91	$2,06 \times 10^{-7}$
Granito	0,45	$1,02 \times 10^{-7}$

Sustituyendo todos los valores en la fórmula general tendremos las siguientes incertidumbres:

- Para el ladrillo, pladur y terrazo la incertidumbre será misma, ya que tienen en común el mismo valor de la emisividad.

$$u^2(H) = \left(\frac{\partial H}{\partial \varepsilon}\right)^2 \cdot u^2(\varepsilon) + \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)^2 \cdot u^2(T) + 2 \cdot \left(\frac{\partial H}{\partial \varepsilon}\right) \cdot \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right) \cdot u(\varepsilon, T)$$

$$= 0,0412^2 \cdot 0,3192^2 + (2,11 \cdot 10^{-7})^2 \cdot 0,0099^2 + 2 \cdot 0,0412 \cdot 2,11 \cdot 10^{-7} = 1,7297 \cdot 10^{-4}$$

$$\square (H) = \square (t) = 0,0131 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Para el vidrio.

$$u^2(H) = \left(\frac{\partial H}{\partial \varepsilon}\right)^2 \cdot u^2(\varepsilon) + \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)^2 \cdot u^2(T) + 2 \cdot \left(\frac{\partial H}{\partial \varepsilon}\right) \cdot \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right) \cdot u(\varepsilon, T)$$

$$= 0,0412^2 \cdot 0,3192^2 + (2,09 \cdot 10^{-7})^2 \cdot 0,0099^2 + 2 \cdot 0,0412 \cdot 2,09 \cdot 10^{-7} = 1,7297 \cdot 10^{-4}$$

$$\square (H) = \square (t) = 0,0131 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Para la madera.

$$u^2(H) = \left(\frac{\partial H}{\partial \varepsilon}\right)^2 \cdot u^2(\varepsilon) + \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)^2 \cdot u^2(T) + 2 \cdot \left(\frac{\partial H}{\partial \varepsilon}\right) \cdot \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right) \cdot u(\varepsilon, T)$$

$$= 0,0412^2 \cdot 0,3192^2 + (2,06 \cdot 10^{-7})^2 \cdot 0,0099^2 + 2 \cdot 0,0412 \cdot 2,06 \cdot 10^{-7} = 1,7297 \cdot 10^{-4}$$

$$\square (H) = \square (t) = 0,0131 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Para el granito.

$$u^2(H) = \left(\frac{\partial H}{\partial \varepsilon}\right)^2 \cdot u^2(\varepsilon) + \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)^2 \cdot u^2(T) + 2 \cdot \left(\frac{\partial H}{\partial \varepsilon}\right) \cdot \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right) \cdot u(\varepsilon, T)$$

$$= 0,0412^2 \cdot 0,3192^2 + (1,02 \cdot 10^{-7})^2 \cdot 0,0099^2 + 2 \cdot 0,0412 \cdot 1,02 \cdot 10^{-7} = 1,7296 \cdot 10^{-4}$$

$$\square (H) = \square (t) = 0,0131 \text{ } ^\circ\text{C}$$

## 4. RESULTADOS EXPERIMENTALES.

Vidrio:

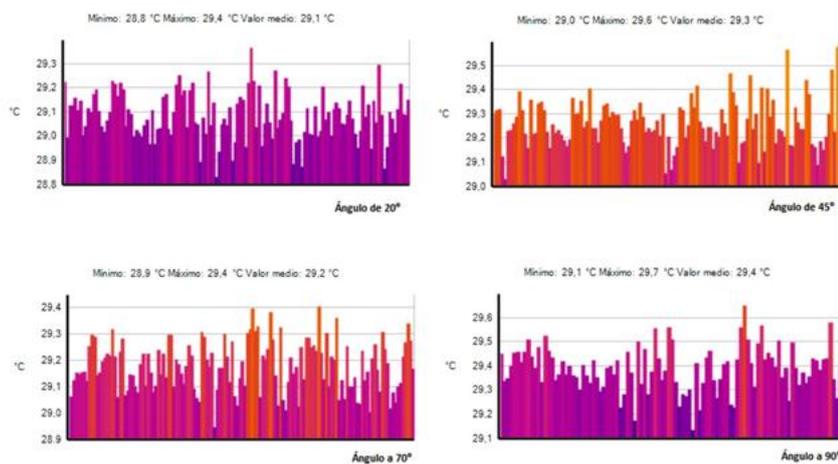


Figura . 4 Temperaturas Vidrio

Vidrio	Angulo incid	t (°C)	u(t) (°C)
	20°	29,1	0,01
	45°	29,3	0,01
	70°	29,2	0,01
	90°	29,4	0,01

## Madera:

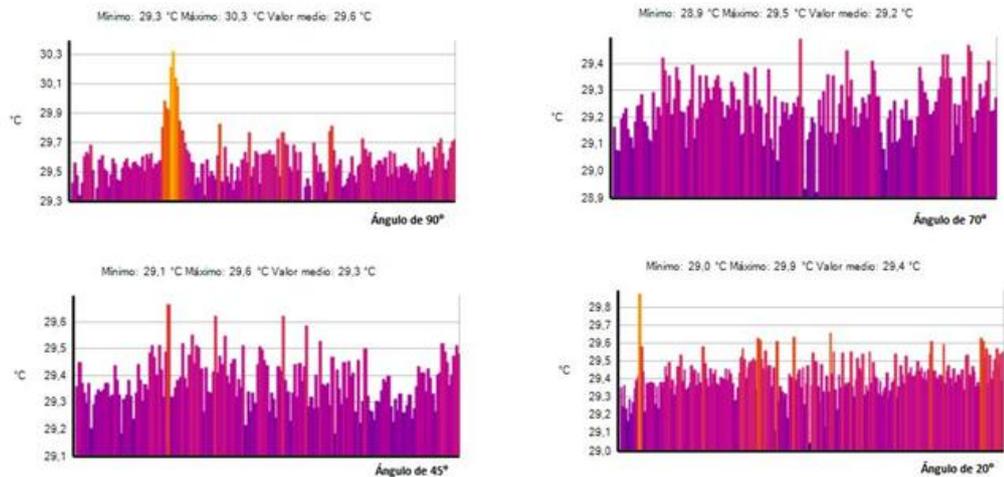


Figura . 5 Temperaturas madera

Madera	Angulo incid	t (°C)	u(t) (°C)
	20°	29,6	0,01
	45°	29,2	0,01
	70°	29,3	0,01
	90°	29,4	0,01

## Pladur:

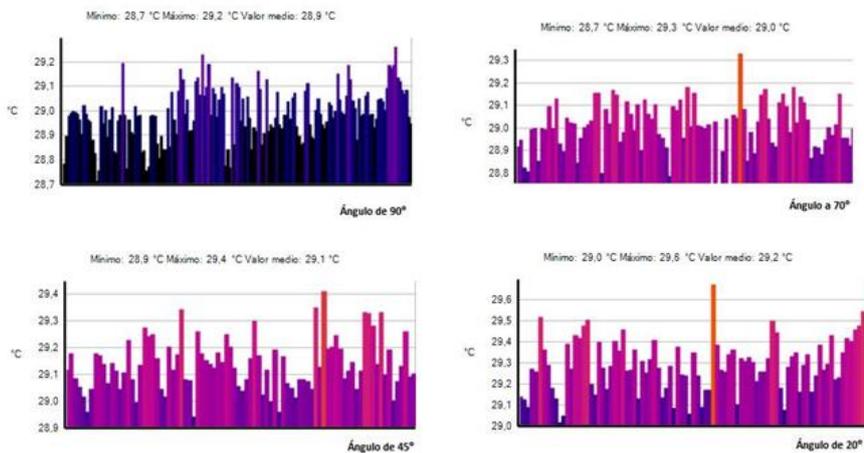


Figura . 6 Temperaturas Pladur

Pladur	Angulo incid	t (°C)	u(t) (°C)
	20°	29,2	0,0131
	45°	29,1	0,0131
	70°	29,0	0,0131
	90°	28,9	0,0131

## Granito:

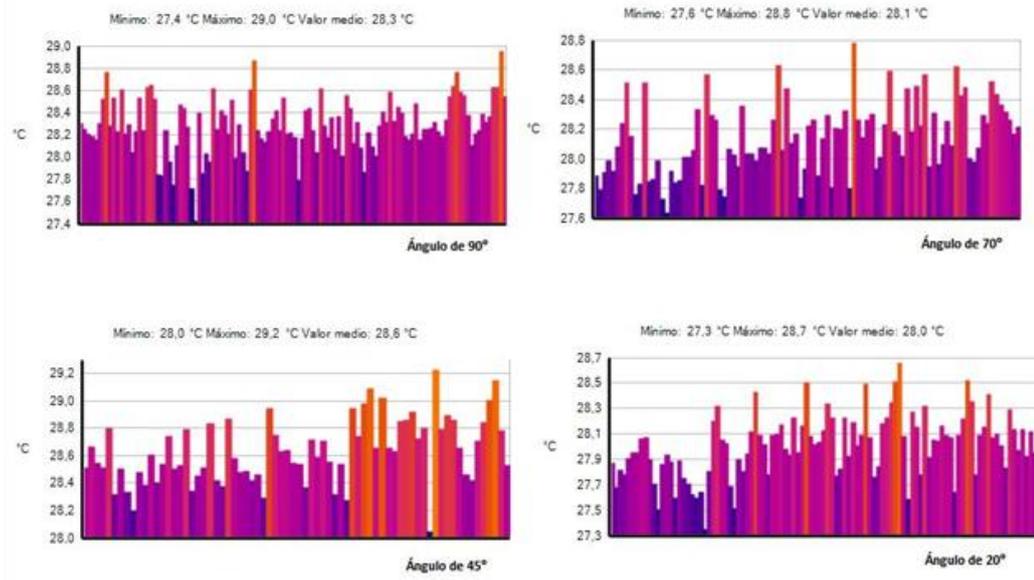
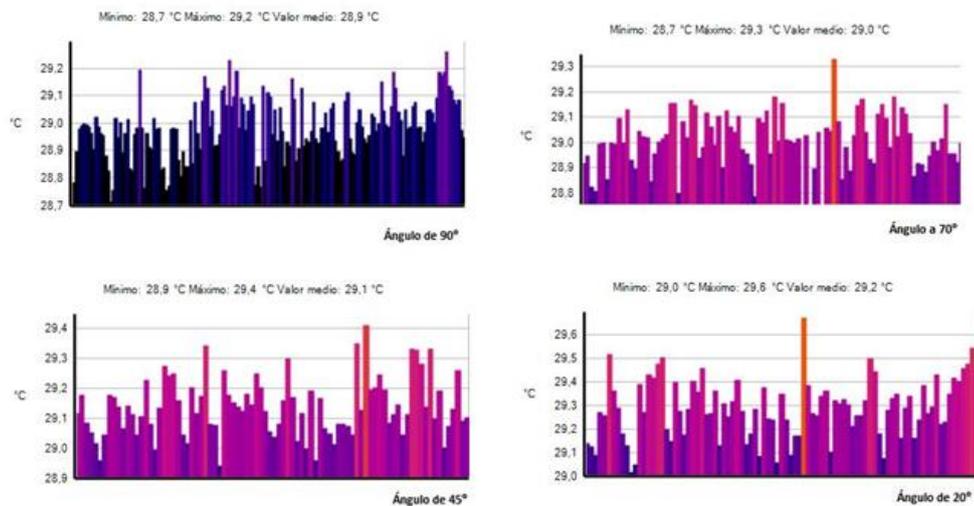


Figura . 7 Temperaturas Granito

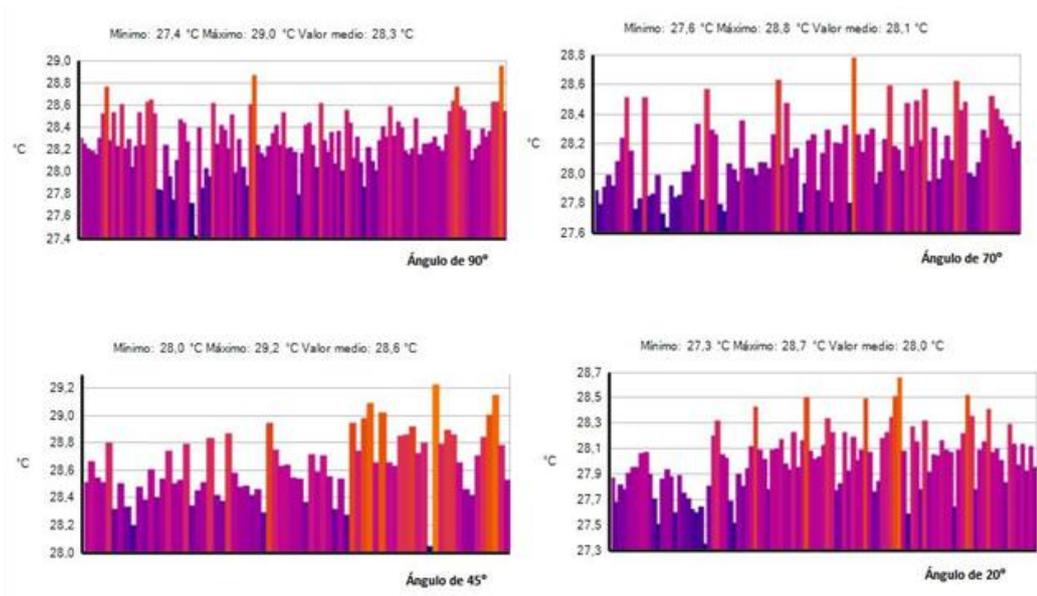
Granito	Angulo incid	t (°C)	u(t) (°C)
	20°	28	0,0131
	45°	28,6	0,0131
	70°	28,1	0,0131
	90°	28,3	0,0131

Ladrillo:



Ladrillo	Angulo incid	t (°C)	u(t) (°C)
	20°	29,4	0,0131
	45°	29,4	0,0131
	70°	29,2	0,0131
	90°	29,4	0,0131

## Terrazo:



Terrazo	Angulo incid	t (°C)	u(t) (°C)
	20°	29,4	0,0131
	45°	29,4	0,0131
	70°	29,2	0,0131
	90°	29,4	0,0131

La dispersión de las temperatura superficial mostrada en los perfiles se debe, principalmente a la que los materiales no son homogéneos, suciedad de ellos (el polvo puede afectar a la emisividad de determinados puntos y ello a la temperatura, reflejos del entorno..... es por ello por lo que se ha tomado como valor del mensurando la media de cada perfil de temperaturas.

En cuanto a la representación gráfica de la comparación de los resultados:

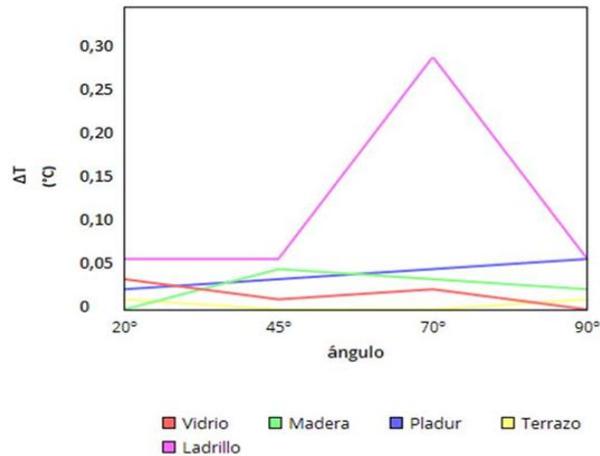


Figura . 8 Comparación materiales

Tanto la influencia como el rango de variaciones producidas por la variación del ángulo de inclinación de la cámara dependerán del material que estemos tratando.

Las variaciones de emisividad, y por lo tanto de temperaturas obtenidas en las mediciones de las cámaras termográficas, son debidas en su mayor medida a la reflectancia de cada material determinada por la distribución geométrica de las moléculas que conforman cada muestra.

Es esto lo que explica un comportamiento tan dispar entre unos materiales y otros. Por ejemplo, podemos observar que, de todos los materiales ensayados, el ladrillo es el que tiene una mayor dependencia del ángulo de medida, obteniendo la mayor desviación de medida cuando ésta es tomada a los 70° y siendo óptimo para los ángulos comprendidos entre los 20 y los 45°.

Un caso muy distinto es el del terrazo, cuya influencia respecto del ángulo de medida es prácticamente nula, por lo que en este caso no será necesario tener en cuenta el ángulo desde el que se toma la medida.

A parte de la influencia, el patrón de la forma en la que varían las mediciones de temperatura en función de los ángulos es también muy dispar. Basta sino con ver el gráfico mostrado en la página anterior para observar cómo, mientras en algunos materiales la máxima desviación se encuentra en ángulos de medida bajos ( es el caso de la madera cuyo máximo esta en los 45° o del vidrio que lo hace para 20°) en otros el mayor error lo obtienen en ángulos más elevados (Como el ladrillo). Incluso podemos encontrarnos con el caso del terrazo, el cual parece seguir una progresión lineal sin máximos ni mínimos creciente a medida que aumenta el ángulo.

## 5. CONCLUSIONES

Como conclusión podremos decir que, a la hora de estudiar la temperatura de un material, es imposible saber el ángulo en el cual el error cometido vaya a ser menor ( a no ser que se realice anteriormente un procedimiento experimental similar al que hemos realizado), así como tampoco se puede conocer a priori la influencia que éste tiene debido a la gran disparidad de comportamientos que existen en función del tipo de material a medir.

No obstante, si se desea acabar con esta fuente de incertidumbre, basta con realizar anteriormente, un estudio empírico, como el de este apartado, para determinar, antes de realizar la medición definitiva, el ángulo más apropiado de medición.

La variación de las medidas tomadas respecto el ángulo podrían deberse a fuentes de radiación presentes en el ambiente que reflejan en determinadas direcciones, de manera que influyan en la medida de temperatura para algunos ángulos y para otros no. No obstante, en la habitación en la que se realizaron las medidas no existían a priori ningún elemento de radiación a tener en cuenta ( no existía ningún aparato encendido, la radiación solar no incidía directamente sobre la fachada, las persianas estaban bajadas...).

Tanto la influencia como el patrón de comportamiento es tan dispar en función de la naturaleza del material que se esté estudiando, en el caso que se precise de exactitud de décimas de grado en la medición será aconsejable realizar un sencillo procedimiento experimental anterior a la medición definitiva para esta manera determinar el ángulo de medición más apropiado.

En cuanto a la temperatura reflejada y a la emisividad, la importancia de su determinación a lo hora de realizar la mediciones es irrelevante, ya que posteriormente se podrán editar estos valores, ajustándolos en cada momento el que sea apropiado.

## 6. BIBLIOGRAFÍA.

Mira,M et all (2007). *Influence of the soil moisture effect on the thermal infrared Emissivity*. Tesis. Valencia: Universidad politécnica de Valencia.

Busano,J y Frigerio,E.(2007). "evolución de la temperatura de rocío para el cálculo de la emisividad media" en *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*.Argentina: vol 11,ISSN 0329-5184.

Cuenca, J et all.(1999). *VARIACIÓN ANGULAR DE LA EMISIVIDAD: UN ESTUDIO EXPERIMENTAL*. Valencia: Universidad politécnica de Valencia.

Salazar,A et all.(2000)." Aplicación de las técnicas fototérmicas al estudio de materiales" en *cerámica y vidrio*. Vol. 39 ,Núm.4 ,Julio-Agosto 2000.

Horne,K , Fleming,A y Van,H.(2010). *Monte Carlo Uncertainty Analysis for Photothermal Radiometry Measurements Using a Curve Fit Process*. Utah: Utah State University.

Hongn,M y Flores,S.(2012)."Determinación mediante termografía de la reflectancia infrarroja de materiales especulares" en *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*.Argentina: vol 16,ISSN 0329-5184.

Ogawa,K et all (2006). *Observations of soil moisture dependence of thermal infrared emissivity on soil moisture*.Tokyo: university of Tokyo.

Monerris i belda,A (2009).*Experimental estimation of soul emissivity ang its application to soil moisture retrieval in the SMOS mission*. Tesis. Cataluña: Universidad politécnica de Cataluña.

Lesaignoux,A et all(2004) .*Influence of surface soil moisture on spectral reflectance of bare soil in the 0,4-0,5  $\mu$ m domain*. Toulouse, France.

Demontoux,F..*Inversion model validation of ground emissivity. Contribution to the development of SMOS algorithm*. France: university Bordeaux.

Mendoza,P (2001).*Obtención de imágenes térmicas y termoelectrónicas mediante radiometría fototérmica infrarroja*. Mexico : Instituto politécnico nacional José siurob.

Parra, J.C et all.(2006)."Estimación de la temperatura suelo desde datos satelitales AVHRR-NOAA aplicando algoritmo de Split window" en *Revista mexicana de física*. 52(3)238-245.

García-santos,V et all." Estudio de la dependencia angular de la emisividad de los suelos sin vegetación en el infrarrojo térmico" en *revista de teledetección*.vol38,ISSN:1988-8740.

Orionzola,M (2008). *Cálculo y medida de infiltraciones de aire en eedificios*.P.Vasco: universidad del país Vasco.

Olivares,S.(1994)."Los vidrios de baja emisividad" en *materiales de construcción*.vol44,nº236.

Mira,M.(2007)."Influencia de la humedad de los suelos en la emisividad del infrarrojo térmico.Implicación en la determinación de la temperatura de la superficie terrestre" en *teledetección-hacia un mejor entendimiento de la dinámica global y regional*.ed.Martin,2007,ISBN: 978-987.543.126-3.

Frigerio,E.(2001). "Criterio del efecto de las inversiones de temperatura sobre la emisividad en Salta" en *avances en energías renovables y medio ambiente*.vol5,Argentina,ISSN: 0329-5184.

Testo AG.(2012).*termografía,guía de bolsillo*.

González,E. y Molina,C.R. *Transductores & sensores. puente de wheatstone. relevadores electromagnéticos. proceso de control automático. proceso de lazo abierto y proceso de lazo cerrado*. Universidad de Matanzas.

Flores,S y hogn,M.(2012). "Termografía infrarroja en la edificación: Aplicaciones cualitativas" en *avances en energías renovables y medio ambiente*.vol.16,Argentina,ISSN:0329-5184.

Gerrit,F.(1992).*Radiometría de campo en la enseñanza de la teledetección*.<  
<http://hdl.handle.net/10017/1009>>.

Rodriguez,C.(2011). "Inspección mediante técnicas no destructivas de un edificio histórico: oratorio de san Felipe Neri (Cádiz)" en *informes de la construcción*.vol 63,nº521,2011.