

Estudio de eficiencia energética, sobre la reducción de temperatura, en instalaciones, tratadas con pintura de recubrimiento reflectante.

Energy efficiency study of temperature reduction on the assets with reflective coatings

Francisco Martín Navarro

Eficiencia energética

RESUMEN

Cualquiera de los sistemas utilizados para aislar térmicamente un edificio, debe conseguir crear una barrera térmica, entre el exterior y el interior, que reduzca el flujo de energía, garantizando a su vez una serie de propiedades como son el buen comportamiento higrotérmico¹ de los materiales utilizados (evitando humedades interiores), asegurando la renovación del aire interior, la obtención de una mejora significativa en la eficiencia energética y el respeto al medio ambiente.

Una de las mayores ventajas en el uso de pinturas reflectantes en la edificación, es que tiene un alto índice de albedo, es decir, la proporción existente entre la energía luminosa que incide en una superficie y la que ésta refleja. Gracias a ello, el calor en el interior de las edificaciones (casas/almacenes/naves/armarios a la intemperie, etc.), disminuye, mejorando el ahorro energético.

La tecnología “Cool Roof” (techo frío), investiga y aplica materiales de alto Índice de Reflectancia Solar (SRI). El cálculo del índice SRI se efectúa combinando los valores de Reflectancia Solar (ratio de radiación solar reflejada por superficie de cubierta) y de Emitancia² Térmica (capacidad de devolver a la atmósfera el calor absorbido).

Los valores del índice SRI suelen oscilar entre 0 y 100, aunque técnicamente pueden darse valores inferiores a 0 o mayores de 100. A mayor valor de índice SRI, mejor capacidad de refrigeración de una superficie.

La utilización de materiales “Cool Roof” forma parte de programas de certificación de edificios sostenibles, por ejemplo el programa LEED. LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), que ha sido desarrollado por el US Green Building Council, y se compone de un conjunto de normas sobre la utilización de estrategias encaminadas a la sostenibilidad en edificios de todo tipo (prolongación de la vida útil de los materiales).

Para aprobar los requisitos LEED, el índice de reflectancia solar de los materiales (SRI) en cubiertas planas debe ser igual o superior a 78.

La industria de tecnologías de la construcción en EEUU está integrando nuevas soluciones “Cool Roof” para edificios de obra nueva o para rehabilitación de cubiertas (paredes y techos) existentes. Esta misma tecnología puede aplicarse en países con altos niveles de insolación (España), las soluciones “Cool Roof” son adecuadas para prácticamente cualquier edificación; y son especialmente idóneas para edificios de uso público, y áreas industriales, donde se busca reducir el impacto del calor externo al interior de las naves o inmuebles de todo tipo con un alto impacto de energía solar en su cubierta o paredes.

Todas las pruebas realizadas en este trabajo, ha obtenido un SRI muy alto y se pueden aplicar en todo tipo de materiales como, arcilla, cemento, yeso, chapa, madera, etc.

Ventajas de las cubiertas reflectantes:

Las ventajas de los revestimientos de “techo frío - COOL ROOF” incluyen ahorro energético, aumento del valor de los inmuebles, mayor duración de las cubiertas y mejora general del entorno urbano.

La utilización de materiales “Cool Roof” es parte de programas de certificación de edificios sostenibles.

España, por su alto nivel de insolación media, es uno de los países que mayor partido puede sacar de la tecnología de “techo frío”.

1. Reducción del consumo de energía en los edificios que usan equipos de aire acondicionado: el uso de cubiertas reflectantes de “techo frío” puede suponer un ahorro de entre el 10 y el 30 % en consumo de energía para climatización y aire acondicionado⁽¹⁾;

2. Aumento de la vida útil de la impermeabilización de las cubiertas, ya que la superficie pintada protege los materiales del calor y los rayos solares;

con el consiguiente ahorro de coste de mantenimiento.

3. Uso de programas de certificación de edificios sostenibles, como LEED.

4. Reducción del efecto “isla de calor” de las ciudades, posibilitando que sus “células” -los edificios- tengan menor temperatura individual y por ende reducir el consumo de energía.

El uso de cubiertas de “techo frío” tiene una amplia implementación en Estados Unidos. El Cool Roof Rating Council, (CRRC) se ocupa en Estados Unidos de la validación y medición de cubiertas Cool Roof. En Europa opera desde 2011 el European Cool Roofs Council, (ECRC).

(1) Según la documentación disponible en CRRC.

1 La palabra transpirabilidad no está en el Diccionario “comportamiento higrotermico” = Definición de Condiciones higrotérmicas. CTE HE - Son las condiciones de temperatura seca y humedad relativa que prevalecen en los ambientes exterior e interior para el cálculo de las condensaciones intersticiales.

Albedo, es el porcentaje de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre la misma.

2 La palabra Emitancia no está en el Diccionario. emitancia térmica es la cantidad de flujo de calor que emite una superficie por unidad de área.

Palabras clave: Eficiencia energética, Pintura de recubrimiento reflectante que permiten ahorrar energía.

SUMMARY

Thermal treatment systems used on buildings must grant a thermal barrier between the inner and outer climate conditions that reduce energy flow providing several physical properties like permeability of materials (preventing humidity) and ensuring air circulation through the building.

One of the greatest advantages of reflective coatings in construction is their high albedo index, in other words, their high power to return to the atmosphere part of the radiation received.

Cool Roof technology uses materials that have a high level of SRI (Solar Reflectance Index).

SRI combines solar reflectance (the ability of a material to reflect solar energy) and thermal emittance (the ability of a material to radiate absorbed heat) in an equation.

SRI values range from 0 to 100, with the higher value the better, although in practice values below 0 and about 100 are also possible.

The use of cool roof materials is included in sustainable buildings certification programs such as LEED. LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) has been developed by the US Green Building Council and consists of several standards about strategies focused on increasing sustainability in all sorts of buildings.

In order to validate the requirements of LEED, SRI must be greater or equal than 78.

The American construction industry is incorporating new cool roof solutions in newly constructed buildings and for the renovation of old roofs. This technology can be applied in countries with high amounts of sunshine (like Spain). Cool roof solutions are suitable on all building types and they are especially appropriate for public buildings and industrial zones where the aim is to reduce thermal stresses in areas with lots of sunshine.

High levels of SRI have been attained in all tests. The results can be applied to several materials like clay, cement,

plaster, sheet, wood, etc.

The advantages of cool roof coatings are the reduction in the energy consumptions, the increase in the value of the assets and the overall improvement of the urban environment.

The use of cool roof materials is included in sustainable buildings certification programs.

Spain, for its high level of average sunlight exposure, could be one of the most benefited countries by the cool roof technology.

1. Reduction in the energy consumption in air-conditioned buildings: the use of cool roof covers may mean between 10 and 30 percent reduction in cooling-energy.
2. Lifetime extension of the waterproofing roofs, due to the painted surface protects the materials from heat and UV radiation with the consequent saving in running and maintenance costs.
3. Use of Green Buildings Certification Programs, like LEED.
4. Reduction of heat island effect due to their "cells" (buildings) have lower temperature. This makes it possible to reduce the energy consumption.

The use of cool roof covers is very widespread in the United States. The Cool Roof Rating Council (CRRCC) created in 1998 in the USA is responsible for developing methods for evaluating the radiative properties of roofing products. European Cool Roofs Council (ECRC) was created in 2011.

(1) According to the documentation available in CRRCC.

Key Words: energy efficiency, reflective coatings that allow saving energy.

1. INTRODUCCION

Pruebas funcionales del comportamiento de la pintura de recubrimiento reflectante.

La eficiencia energética tiene como objeto reducir el consumo de energía y mejorar el uso de la misma¹, optimizando los procesos productivos, obteniendo con ello, ventajas medio-ambientales objetivas, al disminuir, tanto, el consumo de la energía utilizada, como los costes económicos asociados.

Las pinturas reflectantes, reflejan o reflejan la luz, ya sea natural (luz solar) o artificial y además tienen la propiedad de disipar el calor producido por esa radiación, evitando el estrés térmico de las superficies donde se aplica.

Desde hace tiempo, las pinturas que reflejan la radiación solar y disipan el calor, vienen utilizándose en edificios y viviendas con el fin de mantener a temperatura estable y relativamente baja en las mismas, de manera que descienda el consumo de energía, limitando la utilización de equipos de refrigeración.

Dentro de sus propiedades, existen otra serie de características, como son las de aumentar la durabilidad de los materiales de construcción (reduce la oscilación térmica), evitando su envejecimiento prematuro o degradación, provocada por la radiación solar, así como, impide los daños causados por las contracciones y expansiones térmicas de los materiales, que son consecuencia, principalmente de la radiación infrarroja, que es la encargada de producir energía calorífica en un 50 %.

El presente estudio de eficiencia energética, se basa en comprobar el comportamiento en los materiales, y la reducción en el consumo de energía, con la aplicación de pintura de recubrimiento reflectante. Comprobando, las ventajas que aporta como aislante térmico.

Las diversas pruebas, se han realizado en el entorno ferroviario, como son: casetas de obra equipadas con material electrónico de alta sensibilidad, armarios de señalización de vía equipados expuestos a altas temperaturas exteriores, armarios metálicos con equipos electrónicos y cofres de aire acondicionado situados en el techo de los tranvías Siemens de la serie 3800 en Valencia.

Las pruebas, se han desarrollado principalmente durante los meses de junio/julio/agosto/septiembre de 2016, al ser estos meses donde la radiación solar tiene una mayor incidencia, lo que ha permitido comprobar su mayor grado de efectividad.

Los datos de la muestra proceden de la verificación de temperaturas interiores/exteriores, en intervalos de 15 minutos (*en la caseta de obra*) y así obtener una mejor representación de la muestra. La toma de datos está comprendida entre los días 21 y el 29 de junio (caseta sin pintar) y entre el 1 y el 11 de julio (caseta pintada), y cada 30 minutos, en el caso de los armarios metálico, al tener la muestra un mayor recorrido, desde el 12 al 22 de julio en el caso de los armarios de Pinar de Antequera (Valladolid) y desde 19 de julio al 12 de septiembre, en los armarios de Santa Catalina (Madrid).

Este proyecto puede servir para comprobar la efectividad que este tipo de pintura, y su uso en instalaciones fijas sometidas a altas temperaturas exteriores, puede contribuir con al ahorro económico, con reducción de equipos de refrigeración y la mejora medio ambiental, al utilizar un material aislante, de efecto barrera del impacto térmico.

Este proyecto servirá de base para utilizar este tipo de pintura en todas las instalaciones que precisen de una mejora en el control de la eficiencia energética, que permita prolongar la vida útil de los equipos electrónicos, y suponga una reducción del consumo energético de instalaciones fijas, como naves industriales, almacenes, depósitos de combustibles o GLP's, instalaciones agrícolas y ganaderas y en especial en obra civil.

El funcionamiento de las pinturas reflectantes se basa principalmente en el uso de colores claros, ya que estos son los que tienen mayor capacidad de reflejar, y cuyo índice SRI es superior a 75. En el presente estudio se ha utilizado, una solución para la reflectancia en pinturas de color blanco no brillante, a base de micro esferas de vidrio u otros productos cerámicos dispersos en pinturas de base acrílica, que serán las encargadas de reflejar y dispersar la luz así como la energía térmica.

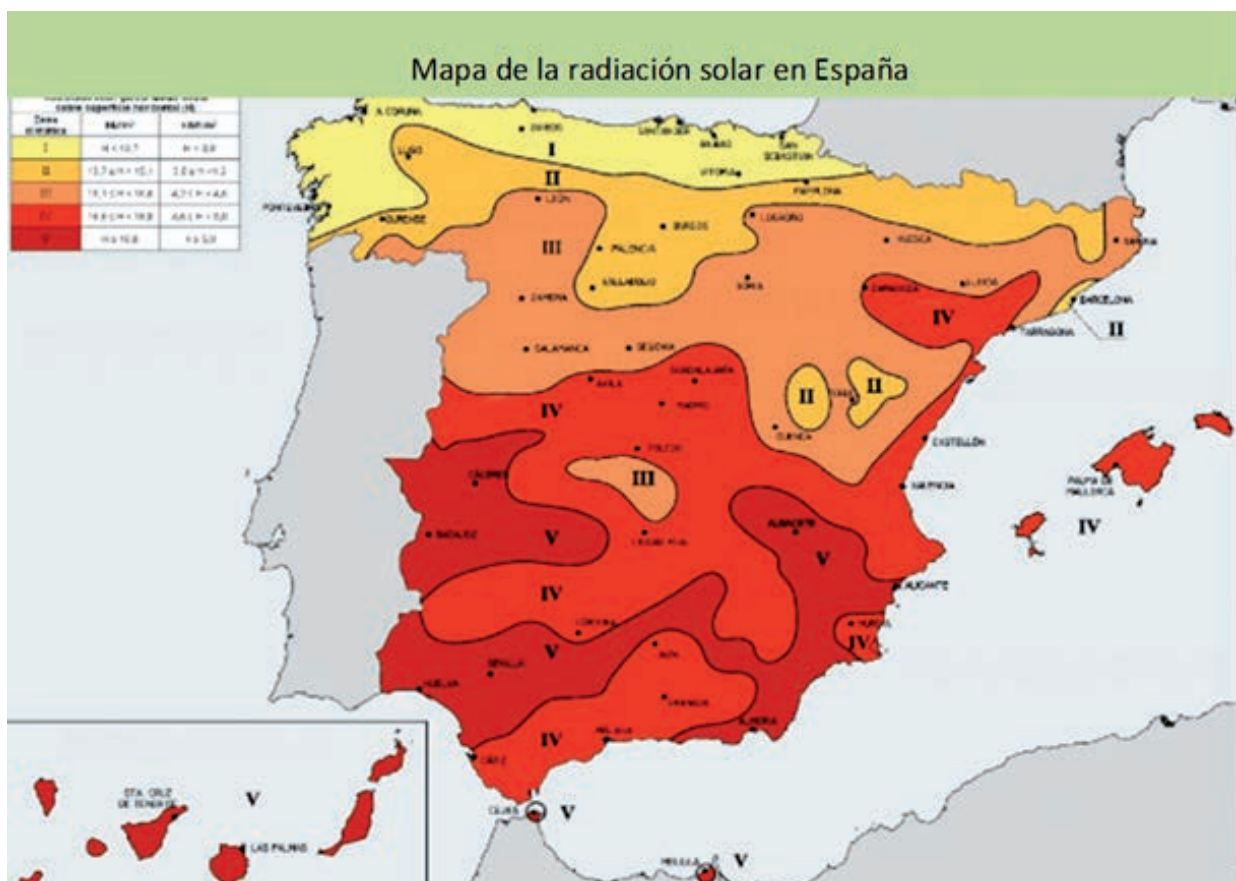
Los recubrimientos blancos comunes, exhiben una reflectancia del 75 por ciento o superior, es decir, absorbe el 25 por ciento de la energía incidente y reflejará el 75 restante. En cambio, un recubrimiento a base de negro de carbono tiene un índice de reflectancia del 4 por ciento en promedio.

Este fundamento de las pinturas reflectantes puede llegar a ser insuficiente, con la preponderancia de colores medios y oscuros en edificaciones.

La eficiencia de los pigmentos en cuanto a la dispersión de la energía, está en función de la relación entre el diámetro de las partículas o micro esferas y la longitud de onda de la radiación incidente.

En todas las pruebas se han utilizado sondas térmicas de registro continuado de temperatura y humedad Tinytag Ultra 2 Temperature/ Relative Humidity Logger (Mod. TGU - 4500),

2. CONSIDERACIONES GENERALES. ¿QUÉ SIGNIFICA AISLAR TÉRMICAMENTE UNA INSTALACIÓN?



Todas las instalaciones fijas están sometidas al influjo del sol y de las temperaturas exteriores, por tanto, vienen sufriendo las inclemencias climatológicas externas, lo que supone estar sometido a los diferentes cambios climáticos y las condiciones atmosféricas a las que nos supedita el entorno natural, precisando la adaptación al medio para controlar las condiciones internas en las instalaciones.

Todas las instalaciones que están a la intemperie, tienden a acercarse a las condiciones de confort, en los que la variable térmica es la clave, éste es un objetivo, dentro de las limitaciones impuestas por cada lugar o época, precisando para ello, de elementos aislantes que reduzcan la oscilación térmica de temperaturas extremas a las que la climatología produce, intentando adecuarlas a rangos estables y controlados, permitiendo conseguir unos valores, que no condicionen o perjudiquen, las condiciones de vida de las personas y de los materiales.

Pero sobre todo, son los criterios medioambientales y de sostenibilidad los que comportan el uso adecuado de los recursos, procurando que la mejora que supone el uso de barreras térmicas aislantes, permitan una mayor eficiencia energética y un mejor aprovechamiento de los recursos, de una manera eficaz y duradera.

Pero la eficacia térmica depende de varios factores:

- **La configuración de las condiciones propias del lugar**, topografía, vegetación, orientación, soleamiento, vientos y lluvias dominante, etc., este factor, forma parte del proyecto inicial.
- **La inercia térmica de la instalación**, bien industrial o urbana, que precisará unas condiciones locales, pudiendo precisar una mayor o menor capacidad calórica. Cuanto mayor inercia térmica tenga el edificio, es decir, cuanta mayor capacidad calórica, más estable será la construcción ante los cambios de temperaturas exteriores. Esto es aplicable a climas extremos y con intensa radiación solar.
- **Ventilación de la superficie envolvente**. En climas de intensa radiación solar, o con problemas de elevada humedad, la ventilación de la superficie envolvente equivale a poner una mayor protección. Beneficiándose, a efectos de disipar el calor, en climas con gran radiación solar y de secar cualquier humedad retenida en la envolvente, en climas con muchas precipitaciones y fuentes de humedad en general.
- **El color de las superficies exteriores de la envolvente**. Muy importante de cara a controlar el efecto de la radiación solar, -con colores oscuros- <mayor absorción de radiación>, menor con colores claros.
- **Aislamiento térmico de la envolvente**. Los diferentes tipos de productos utilizados en la construcción y la industria, se basan principalmente de planchas o elementos aislantes que en definitiva tiene un efecto condicional de la construcción, (cámaras huecas, espumas o productos químicos, etc.), que en definitiva tienen un alto coste de conservación y mantenimiento.

Los criterios de sostenibilidad, eficiencia energética y reducción de costes, son los utilizados actualmente, para atender las necesidades de control de consumos, tanto en la instalación de equipos de aire acondicionado, en refrigeración como en calefacción, proporcionando un dimensionamiento, más acertado, en cuanto a la modelización de proyectos y su adecuada instalación en su desarrollo final.

Teniendo en cuenta:

- La vida útil del edificio o instalación, depende de su conservación, su mantenimiento, y el rendimiento solicitado. Todo ello, son costes adicionales diferidos, mientras que una envolvente bien construida, bien aislada, reduce considerablemente esta partida.
- La normalización y certificación de los productos aislantes, permitiría asegurar una calidad fiable, adecuada y exigible, en las instalaciones industriales y edificios de obra civil.

2.1 CÓMO FUNCIONA UN AISLAMIENTO TÉRMICO.

- El aislamiento térmico genera una protección, que reduce la transmitancia¹ térmica (valor U), antiguo, coeficiente K de transmisión térmica) a través de la superficie envolvente, proporcionando un consumo eficiente de energía.

$$R = \frac{1}{U} = \frac{\text{espesor}}{\text{conductividad}} \left[\frac{\text{m}}{\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})} \right] = \left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} \right]$$

En todos los casos, las prestaciones térmicas en las instalaciones, vienen definidas, tanto por el aislamiento que se implementa en el envolvente, como por la que ofrece el material de construcción. El valor que define dichas prestaciones es la conductividad térmica λ (lambda), y en la formula anterior se puede obtener una R para cualquier material, puesto que no hay ningún superconductor del calor como para tener una conductividad infinita. Del mismo modo, no existe ningún super aislante que corte absolutamente el flujo de calor con una conductividad nula (=0).

En el sol se producen una serie de reacciones nucleares que mantienen como consecuencia la emisión de cantidades enormes de energía, prácticamente toda la energía que nos llega del Sol está constituida por:

- Calor y Luz.

Por un lado la radiación infrarroja, ultravioleta y por otra luz.

La atmósfera absorbe gran parte de la radiación infrarroja y ultravioleta, no obstante, el calor generado en el calentamiento de las superficies transfiere esa energía.

El uso racional de la energía, es una necesidad que implica a la disponibilidad limitada de los recursos naturales por un lado y de otro a la capacidad limitada de absorción de los gases de combustión del planeta.

Constituyendo una parte muy importante el consumo del sector industrial y de transporte como agente consumidor de grandes cantidades de energía, en Europa se cifra en el 55% del consumo total, por tanto el ahorro de energía es un objetivo claro y conciso de actuación para reducir el alto coste de dependencia que esto supone.

Concienciar del uso racional en el consumo industrial y de edificación, a sectores con graves dependencias energéticas, que hagan reducir los límites sostenibles con la aplicación de medidas pasivas, permitirá mantener estándares de crecimiento adecuados, sin incrementos exponenciales de consumos.

3. ENTORNO NORMATIVO

Bajo estas premisas y al amparo de lo dispuesto en la Directiva (Directiva 2012/27/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, fue publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea el 14 de noviembre de 2012).

“La nueva Directiva de Eficiencia Energética surge en un marco en el que se constata que la Unión Europea no va a alcanzar el objetivo de aumentar en un 20% la eficiencia energética en

¹ La palabra transmitancia : transmitancia térmica (U) es la medida del calor que fluye por unidad de tiempo y superficie, transferido a través de un sistema constructivo, formado por una o más capas de material, de caras plano paralelas, cuando hay un gradiente térmico de 1 °C (1 K) de temperatura entre los dos ambientes que éste separa.

2020. En este contexto ha sido necesario actualizar el marco legal de la Unión en materia de eficiencia energética, creando un marco común, mediante una Directiva que no sólo refuerce dicho objetivo, sino que también favorezca que las nuevas mejoras de eficiencia energética vayan más allá del 2020”.

La eficiencia energética de los edificios, tiene como objetivo el que todos los edificios de la administración pública sean de consumo casi nulo a partir de 2018 y para los edificios nuevos a partir del 2020, lo que está obligando a revisar la anterior normativa con el objetivo de alinear los objetivos estratégicos bajo el concepto 20/20/20.

En esta directiva, se definen objetivos concretos de reducción del consumo como son fundamentalmente los elementos de aislamiento y de uso pasivo, que confluyen en la obtención de ahorros energéticos.

Para alinearse con los objetivos establecidos en la anterior Directiva, es necesaria una modificación progresiva al alza de los actuales requisitos de aislamiento establecidos en CTE (Código Técnico de Edificación). Además y dado que actualmente no existe un indicador directo relativo a la demanda energética de edificaciones (edificios e instalaciones), se elimina la opción simplificada del cálculo de transmitancia de los elementos constructivos y se habla directamente de demanda Energética, alineándose, así también con los requisitos establecidos en la legislación por la que se aprobó el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de edificios.

4. MODOS DE TRANSMISIÓN DEL CALOR

El calor puede transferirse por conducción, por convección, por radiación, o por una combinación de los tres modos. El calor siempre se mueve de las zonas más calientes a las más frías, buscando el equilibrio térmico, cuanto mayor es la diferencia de temperaturas, más rápidamente fluye el calor hacia la zonas más fría, incrementado el gasto energético derivado de los equipos de refrigeración.

La transmisión del calor se produce desde el exterior hacia el interior, precisando por ello, de un elemento que actúe de barrera de contención y elimine en cierta medida la acción que la climatología efectúa sobre los diversos materiales. Para obtener un resultado óptimo, adecuado, se ha considerado adecuado su aplicación en capas de 1 mm. aproximadamente una RT 0,287.

Conducción. Es la transmisión de energía calorífica, de molécula a molécula, a través de un material, ya sea sólido, líquido o gaseoso. Para que el calor se transmita por conducción, deberá haber contacto físico entre partículas y cierta diferencia de temperatura. Así, la conductividad térmica es la medida de la velocidad a la que el flujo de calor pasa de una partícula a otra. La tasa de flujo de calor a través de un material específico estará determinada por la diferencia de temperatura y la conductividad térmica del material.

Convección. Es la transmisión de calor debida al movimiento del aire (o un gas) o un líquido calentado de un lugar a otro, llevando consigo el calor que contiene. La tasa de flujo de calor varía en función de la temperatura del gas o líquido en movimiento y de su caudal.

Radiación. La energía calorífica se transmite en forma de luz, como radiación infrarroja u otro tipo de ondas electromagnéticas. Esta energía emana de un cuerpo caliente y sólo puede transmitirse libremente a través de medios completamente transparentes. La atmósfera, el vidrio y los materiales translúcidos dejan pasar una cantidad significativa de calor radiante, que puede ser absorbido cuando incide en una superficie: por ejemplo, la superficie de la cubierta del barco en un día soleado absorbe calor radiante y se calienta.




En la práctica, la infiltración de calor es el resultado de una combinación de los tres modos mencionados, pero el modo de transmisión más significativo es por radiación a través de las paredes y el suelo.

Uno de los elementos más importantes en el coste que supone la reducción de ahorro energético, la componen los tejados convencionales que pueden absorber el 90% de la energía solar incidente pudiendo alcanzar temperaturas de hasta 70°C.

Para un cerramiento simple, de caras plano paralelas², formado, por un material homogéneo de conductividad térmica λ y espesor L , con coeficientes superficiales de transmisión de calor h_i y h_e el coeficiente de calor K , viene dado por la expresión:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \frac{L}{\lambda} + \frac{1}{h_e}$$

Los valores $1/h_i$, $1/h_e$ y $1/h_i + 1/h_e$ que debe estimarse para los cálculos, en función de la posición del cerramiento y del sentido del flujo de calor, y de la situación del cerramiento.

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Situación del cerramiento de separación con espacio exterior o local abierto	De separación con otro local o cámaras de aire					
		$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal > 60° y flujo horizontal		0,13 (0,11)	0,07 (0,08)	0,20 (0,17)	0,13 (0,11)	0,13 (0,11)	0,26 (0,22)
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal < 60° y flujo secante		0,11 (0,09)	0,06 (0,05)	0,17 (0,14)	0,11 (0,09)	0,11 (0,09)	0,22 (0,18)
Cerramientos horizontales y flujo descendente		0,20 (0,17)	0,08 (0,05)	0,26 (0,22)	0,20 (0,17)	0,20 (0,17)	0,40 (0,34)

Resistencias térmicas superficiales en $m^2 h \text{ } ^\circ C/kcal (m^2 \text{ } ^\circ C/W)$

En cambio, en cerramientos compuestos, formados por una serie de láminas plano paralelas³ de distintos materiales, el coeficiente K del conjunto se obtiene de la formula siguiente:

$$\frac{1}{K} = \sum \frac{L}{\lambda} + \left(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right)$$

Donde el $\sum \frac{L}{\lambda}$ es la suma de las resistencias térmicas de las diferentes láminas que conforman el cerramiento.

En el caso de que el cerramiento tenga heterogeneidades regularmente repartidas, pero importantes (huecos en los ladrillos y bloques), en el cálculo de K puede introducirse el concepto de resistencia térmica útil R_u por unidad de superficie, quedando la expresión, en:

$$\frac{1}{K} = \Sigma R_u + \left(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right)$$

2 Separar en "planos paralelas".

3 Separar en "planos paralelas" es un medio homogéneo de índice de refracción n , limitado por dos superficies planas paralelas, situado en otro medio de índice de refracción n

En contraste, la aplicación de los tejados fríos, consideramos que absorben menos del 50% de la energía incidente del sol, reduciendo la temperatura del tejado y disminuyendo las necesidades de acondicionamiento de aire en el interior, como hemos comentado anteriormente, tanto en edificaciones, como en armarios instrumentados, casetas equipadas, instalaciones fijas sometidas a fuertes temperaturas, naves industriales, almacenes, depósitos de combustibles o GLP'S, instalaciones agrícolas y ganaderas, y en especial en obra civil.

Es por tanto, a nivel industrial y de equipamiento donde pueden obtenerse mejores resultados, pero su uso tanto en obra civil, edificaciones residenciales, polígonos industriales (talleres o naves), silos de gránulos, grandes depósitos de GLP's, transformadores eléctricos, etc.

El uso de este tipo de elementos, pintura de recubrimiento reflectante produce el efecto siguiente:

- * Reducción del consumo de energía.
- * Mejora del confort térmico, reduciendo la oscilación térmica.

* Reducción de la temperatura tanto superficial (exterior), como la interior que soporta la instalación (edificio, armario, etc), aumentando así su vida útil de equipos e instalaciones, ya que los materiales reducen el riesgo de choques térmicos (estrés).

Esta situación permite que las superficies tengan la capacidad de reflejar la mayor parte de la radiación solar recibida y además emiten de forma eficaz un alto porcentaje de la radiación solar absorbida, de forma que se evita el calentamiento de dichas superficies y por tanto, disminuyendo de manera significativa el calor transmitido al interior de las instalaciones fijas sometidas a fuertes temperaturas, como, naves industriales, almacenes, depósitos de combustibles o GLP'S, instalaciones agrícolas y ganaderas, y en especial en obra civil, etc.).

5. QUÉ ES LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.

La conductividad térmica se representa por la letra griega λ y es el coeficiente que cuantifica la cantidad de calor por unidad de tiempo que atraviesa una unidad de superficie de un material con espesor definido, cuando entre sus caras hay una diferencia de temperatura de un grado. Es un valor intrínseco de cada material. Sus unidades son:

$$W / m \cdot K \text{ o } Kcal / h.m.^{\circ}C \text{ (1W = 0,86 Kcal/h)}$$

Los aislantes propiamente dichos, presentan valores muy bajos de conductividad y aíslan térmicamente de un modo diferente para cada uno de ellos.

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA W/M K
Hormigón	1,63 - 2,74
Ladrillo macizo	0,72 - 0,90
Ladrillo hueco	0,49 - 0,76
Maderas	0,10 - 0,21

La idea es que el aislamiento térmico, no es un gasto, sino una inversión, puesto que el desembolso inicial, se ve compensado en un breve plazo, a través del ahorro energético, tanto en calefacción como en refrigeración. Y en el largo plazo, en la prolongación, de la vida útil de los materiales de la instalación.

Pero ¿qué tipo de aislamiento produce el máximo retorno económico?, sencillamente, el correcto estudio del dimensionamiento de la instalación, en función de una serie de variables como son: La climatología local, el sistema constructivo elegido, el coste, las prestaciones térmicas del tipo de aislamiento escogido, y en general, todos aquellos elementos que contribuyan a prolongar su vida útil.

En los sistemas constructivos, los diversos grados de inercia térmica y ventilación se adecuan en mayor o menor medida a las propias necesidades de dimensionamiento estructural, incorporando espesores crecientes de aislamiento térmico, o incluso incorporando la posibilidad de que el propio aislamiento cumpla un papel adicional importante, como capa protectora de la estructura o de otros materiales.

La relación entre prestaciones térmicas / coste de aislamiento será, en definitiva, quien nos dará, la determinación de la capa de aislamiento mas económica. Por tanto, cabe preguntarse entonces, cual debe de ser la condición que determine el tipo de aislamiento. Por un lado, la ley de rendimientos decrecientes, o la propia funcionalidad y expectativas de durabilidad.

En el caso de la península española, (mapa de radiación solar), dependiendo de la zona climática, precisa de una solución constructiva y un tipo de aislamiento diferente, (los espesores medios habituales en edificación, se mueven en el intervalo de 2 a 6 cm.).

La aplicación de las directivas europeas sobre eficiencia energética de los edificios (Directiva 2012/27/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, fue publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea el 14 de noviembre de 2012) (2) y la norma europea de cálculo de necesidades de calefacción (UNE: EN 832), determina que como media, esos espesores se pueden duplicar al intervalo de (4 y 12 cm.), permaneciendo por debajo del máximo definido para el espesor económico.

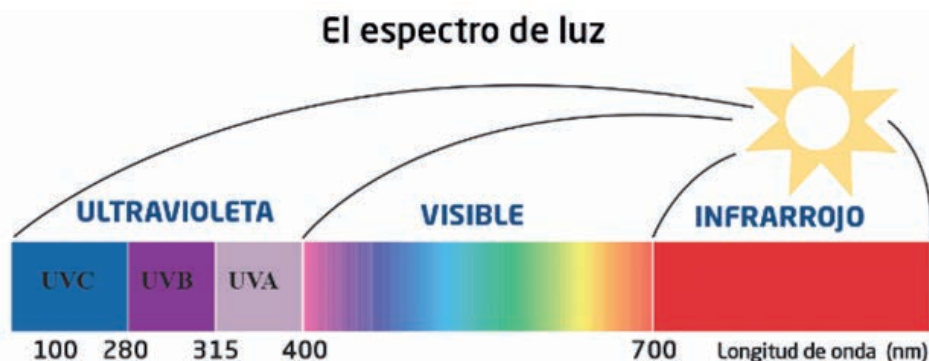
6. ¿QUÉ ES LA PINTURA DE RECUBRIMIENTO REFLECTANTE?

La pintura de recubrimiento reflectante es una capa de protección, cuya característica principal es la reflectancia⁴ de los rayos solares, proporcionando una barrera de aislamiento en las superficies aplicadas. Esta barrera la proporciona, la integración en su interior de microesferas de cerámica, las cuales crean una cámara de aire, que produce una ruptura de puente térmico, y provoca un aislamiento del exterior, con una caída de temperatura entre las superficies tratadas y las no tratadas.

Posee un coeficiente de conductividad térmica (λ) de 0,056 W/mK de acuerdo a la Norma UNE 92202: 1989 Materiales aislantes térmicos. Determinación de la conductividad térmica. (Técnica del medidor de flujo de calor).

Este coeficiente tan bajo consigue que esta pintura sea fuertemente aislante y su determinación ha sido demostrada en diferentes ensayos tanto de índole pública como privada. (3).

⁴ La palabra *refractancia*, cambio de velocidad y dirección de una radiación al pasar un medio de distinta densidad Podría cambiarse por *Reflectancia*: es el porcentaje de luz reflejada por unidad de superficie.



La capacidad de aislamiento está tanto en la conductividad térmica de la pintura como en el espesor de la aplicación que se utiliza, 1 mm., suficiente para que los datos de conductividad térmica que aparecen en las pruebas, tanto de casetas de obra, como de armarios equipados, correspondan a ambos efectos, tanto al efecto de las esferas huecas de vidrio que lleva el recubrimiento, como a su espesor (a mayor número de capas, mayor efectividad).

Si una superficie es capaz de reflejar y emitir la mayor parte de la radiación solar incidente, esta superficie no se calentará y por lo tanto se mantendrá más fría, no transmitiendo el calor producido por la radiación solar hacia el interior. Este es nuestro caso, como puede verse en los diferentes ensayos llevados a cabo.

7. DESARROLLO DE LA PRUEBA

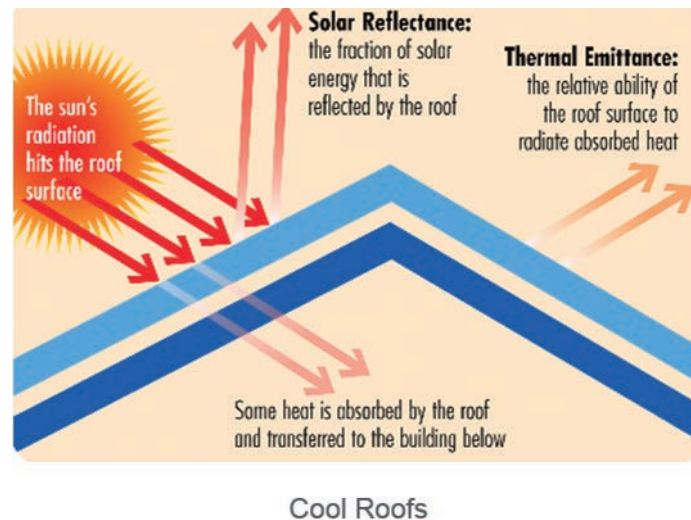
El presente estudio de eficiencia energética está basado en estudiar/comprobar el comportamiento de las temperaturas exterior/interior, de la caseta y armarios a la intemperie, durante los meses de mayor impacto térmico (finales de junio/julio/agosto/septiembre de 2016), en la verificación de la eficiencia (disminución de las temperaturas interiores, respecto a los armarios no pintados) y el ahorro energético (reducción en el consumo de energía por refrigeración) que supone, la aplicación de la pintura de recubrimiento reflectante.

Las pruebas para verificar la mejora, se han realizado sobre el diferencial térmico (Temp. Amb.Externa - Temp.Amb.Interna), en primer lugar en casetas de obra con equipos de comunicaciones, se analiza la amplitud térmica dentro de la caseta, al proporcionar los equipos de refrigeración una temperatura controlada (entre los 22° y los 26°), en segundo lugar en armarios a la intemperie equipados con electrónica. y señalización de FFCC., en tercer lugar en armarios de intemperie con fibra óptica y equipos de medida y por último, en cofres de aire acondicionado situados en el techo de las UT's (Ferrocarriles de la Generalidad Valenciana).

En este estudio, no se han utilizado, otros aditivos para modificar las características químicas de la pintura, sin embargo, si puede aclararse ligeramente, utilizando los colores oscuros, o abrillantar las pinturas con tonalidades claras, así como, elevar sutilmente la viscosidad y aumentar el tiempo de secado, ya que retardan el entrecruzamiento polimérico.

Su uso, así como el color elegido (4), está diseñado para mantener bajas temperaturas en la superficie donde la luz del sol está incidiendo directamente sobre ellos. (La luz solar es el principal factor que causa el calentamiento en los materiales a la intemperie).

La pintura utilizada está certificada ISO 14001. Esta certificación valida el control y la reducción de los impactos medio ambientales tanto en el proceso de fabricación, como en la prolongación de la actividad al exterior (expedición, transporte, embalaje, reciclaje).



8. CARACTERÍSTICAS DE LA PINTURA.

La pintura de recubrimiento reflectante, es una pintura ecológica, que al secar presenta propiedades de reducción térmica evitando que los rayos solares calienten las superficies donde incide. En todas las pruebas se ha utilizado una sola mano de esta pintura, tanto en las paredes y techos, del edificio de obra civil y en los laterales y la cubierta de los armarios equipados, con el fin de conseguir una impregnación homogénea para un aislamiento térmico de larga duración, (diez años mínimo, con un sistema de mantenimiento adecuado).

Las características más importantes que definen la pintura de recubrimiento reflectante:

- **Ahorro de energía de los equipos de refrigeración (calor/frío).** Aislamiento térmico eficaz, consiguiendo un ahorro de energía tanto en frío como en calor. Favorece el ahorro energético en instalación (edificios industriales, edificaciones residenciales, armarios equipados, etc), ya que nos permite reducir en gran medida las pérdidas de calor y frío que se pudiesen suceder (reduce la amplitud térmica).
- **Eficacia y durabilidad.** La pintura, no supone un elemento añadido de conservación de las instalaciones, proporcionando una durabilidad aproximadamente 10 años con un sistema óptimo de conservación, sin perder sus propiedades.
- **Anti humedades por condensación.** Previene humedades, dado que el puente térmico es la causa de las humedades por condensación, en paredes y juntas.
- **Impermeabilizante.** Por sus características esta pintura es resistente al agua de lluvia y a las humedades producidas por fenómenos atmosféricos. Su baja permeabilidad al agua y una alta resistencia a su absorción, hacen que se reduzca la condensación de vapor de agua, evitando la corrosión y el deterioro.
- **Previene el moho.** El moho en paredes y techos suele ser consecuencia de las humedades, no obstante, las características propias de la pintura evitan este nocivo efecto. No se ve afectado, por la aparición de hongos, de mohos, o atracción de parásitos.
- **Reduce el ruido exterior.** Capacidad aislante de ruido, elimina el repiqueteo producido por los efectos atmosféricos..
- **Ecológica.** Mejora medioambiental de las instalaciones, no genera, ni absorbe olores Respeto el medioambiente.

- **Fácil aplicación.**
- **Material aislante con baja conductividad térmica (capa óptima 1 mm.).** Buenas propiedades termo aislantes (aislante térmica)..
- **No tóxico.** Esta pintura no es toxica en su uso, se puede pisar y es transitable.
- **No se quema ni se inflama.** La pintura de recubrimiento reflectante, mono-componente tiene su base acuosa. Pintura con alta resistencia al fuego. El producto en su forma inicial, no es inflamable y no desprende vapores inflamables.
- **Fácil aplicación/manipulación.** No precisa de equipos especiales para su aplicación.
- **Reducción del arco de amplitud térmica.** La aplicación de la pintura reduce de manera considerable el rango de valores (Max. - min.).
- **Reducción de la caída térmica.** El valor mínimo alcanzado en el interior, se mantiene estable por encima de los valores de la temperatura exterior.
- **Económico.** Tanto en términos de inversión inicial, como por su rentabilidad a largo plazo. Adaptación a un tipo de aplicación eficaz, fácil y económica.
- **Baja densidad**

La gran innovación de esta pintura viene dada por su composición, ya que integra una serie de micro-esferas cerámicas, las cuales crean una cámara de aire produciendo una ruptura de puente térmico, provocando un efecto escudo.

Esta pintura rompe el choque térmico y evita condensaciones, funciona por es capaz de reflejar y emitir la mayor parte de la radiación solar incidente, evitando el calentamiento de las superficies tratadas y manteniéndolas a temperaturas inferiores, a las no estuvieran protegidas. Por tanto, el ahorro energético que puede producir, será distinto en cada caso particular dependiendo de las condiciones propias de cada aplicación en el “Mapa de zonas climáticas de España” (Mapa de radiación solar).

Está claro que si pintamos la cubierta de dos naves iguales con grandes portones de entrada, en una de ellas los portones están siempre abiertos, y en la otra cerrados. Lógicamente, la nave que mantiene los portones cerrados, tendrá un ahorro energético mayor o mantendrá más fresco el interior que la que mantiene los portones abiertos con entrada de aire caliente hacia el interior.

- **Ensayo de conductividad térmica**

Determinación de coeficiente de conductividad térmica del material según la norma UNE 92202:1989 para saber cómo se comporta este material frente al flujo de calor.

Resultado:

El coeficiente resultó tener un valor de 0,056W/m*K, mucho mejor que el de la pintura acrílica.

- **Ensayo de aislamiento**

Se comparara el aislamiento térmico de la pintura decorativa convencional con el de nuestra pintura térmica para ver las diferencias reales entre ambas.

La diferencia de energía aplicada por volumen de aire (1 m³) demuestra que se consigue un ahorro de 1843 cl. de energía al enfriar una habitación.

Pintando techos y paredes, perimetrales se puede ahorrar más de 10% un de energía.

- **Estudio termográfico (Ensayo propio)**

Se realizó una prueba de aislamiento térmico en superficies planas para comprobar la efectividad de la pintura térmica cuando índice en ella la luz. Se usaron focos de radiación lumínica, equivalente a 1.000 Wts m/2 /seg.

Resultado:

Similar al del estudio independiente, viendo enormes diferencias entre el uso de la pintura térmica y su ausencia

- **Pruebas de reducción de temperatura**

Desde el principio, se consideró necesario realizar pruebas de aplicación efectiva en las instalaciones, y comprobar la eficacia en la mejora térmica en casetas de obra civil dotada de equipos de Telefonía GSM, en armarios electrónicos equipados y en cofres de aire acondicionado de UT's, donde la aplicación de la pintura térmica (recubrimiento reflectante), puede proporcionar un diferencial de eficiencia térmica excelente.

Este tipo de pintura de recubrimiento reflectante, supone un avance significativo en el control del estrés térmico de los materiales y favorece la reducción térmica de los mismos, mejora, con ello, las prestaciones en edificios e instalaciones fijas a la intemperie (casetas técnicas y armarios equipados y resto de instalaciones civiles o industriales).

El producto del ensayo viene marcado como (4) CE nº 4198, y se presenta como un "Revestimiento Aislante Impermeabilizante para cubiertas y tejados" para todo tipo de materiales y soportes, capaz de reducir la temperatura interior de casetas en climas muy cálidos afectados por el sol (reflectancia solar). de color blanco.

La información facilitada por fabricante indica que la base del producto es acrílica, con partículas esféricas huecas que son las que proporcionan su alta capacidad aislante. Esto se traduce en un diferencial térmico de 8-18° de temperatura entre el interior y exterior.

La técnica que usa el producto para originar la mejora térmica se basa en dos efectos:

- Efecto aislante térmico de las esferas de vidrio, que evita que la energía penetre en el muro.
- Mejora del Índice de Reflexión Solar (SRI) ó Reflectancia de la radiación solar de la superficie tratada.
- La caseta tiene una puerta RF90 de chapa galvanizada y pintada en verde de 0,30x0,825-1,67m²

Tiene dos equipos de aire acondicionado encajados a las paredes menores.

Detalles de la aplicación de la pintura en la parte superior de la caseta.

Detalle de la superficie superior de la caseta (techo) después de la aplicación de la pintura de recubrimiento reflectante.



Caseta de operadores en boca túnel lado Madrid PK385+100

9. PRIMER CASO.

Se planificó la realización de una prueba piloto, sobre una construcción de obra civil, consistente en la protección de una caseta de hormigón H-350 ubicada en las proximidades del Término Municipal de TORRENT en Valencia, aplicando la pintura la revestimiento aislante impermeabilizante (TECMA PAINT TERMIC FAHRENHEIT 10.8) con el objetivo de evidenciar los beneficios de esta solución desde un punto de vista de ahorro energético, por la reducción de la amplitud térmica en el interior de la caseta, en periodo estival, dado que dicha caseta requiere climatización (refrigeración interior) para mantener una condiciones óptimas de funcionamiento de la instrumentación.

Como parte del programa establecido para la ejecución de dicha prueba piloto, se inicia el día 20 de Junio de 2016 se desplazo un equipo desde Madrid a la caseta a fin de realizar la instrumentación con los equipos de medición y control de temperatura que se utilizarán para determinar los valores.

Se utilizan equipos por duplicado (sondas térmicas de registro continuado de temperatura y humedad (1) Tinytag Ultra 2 Temperature / (2) Relative Humidity Logger (Mod. TGU - 4500), tanto para controlar la temperatura interior de la caseta como para controlar la temperatura ambiente exterior.

Tras analizar las diferentes posibilidades de ubicación, se determinan los emplazamientos y se

ubican los diferentes registradores de temperatura. Se decide ubicar próximos los equipos para evitar una distorsión de los datos obtenidos, de forma que ambos equipos estén sometidos a las mismas condiciones ambientales.



Caseta. Ubicación externa. Ubicación interna.

Dado que las casetas requieren climatización interior para su adecuado funcionamiento, y no es posible desconectar dicha climatización durante la realización de la prueba piloto, para evaluar los beneficios proporcionados por la protección de la caseta con la pintura de recubrimiento reflectante, se controlará el consumo energético y las horas de funcionamiento de dicha climatización en las dos situaciones planificadas: situación actual existente (desde el 20/06/2016 al 30/06/2016), y tras proteger con el revestimiento elegido (01/07/2016 al 09/07/2016).

La planificación de la aplicación de la pintura revestimiento sobre techo y paredes de dicha caseta se sitúa en el día 30 de Junio de 2016, por lo cual se tomarán datos de los días anteriores para determinar la situación de partida previa a la protección, y de la misma forma, se tomarán los datos de los días inmediatamente posteriores a dicha aplicación para evaluar la influencia de dicha protección. Se ha previsto que los registradores fueran retirados el día 11 de Julio de 2016.

Los registradores ubicados en el exterior controlarán la temperatura externa ambiental cada 15 min., y los registradores ubicados en el interior del armario harán lo mismo con la temperatura en el interior del armario, cuya principal finalidad será verificar que dicha temperatura interior no supera los 28 °C que están establecidos para la activación del equipo de climatización como temperatura máxima.

Así mismo, se toman las mediciones de los consumos eléctricos para comprobar como afecta la aplicación de la pintura al posible ahorro energético, tanto por la resistencia térmica de la pintura como por la reflectancia del producto aplicado (efecto escudo).

Las condiciones ambientales de ambas pruebas, han diferido, dado que las condiciones atmosféricas obtenidas durante la última semana de Junio de 2016, donde los valores máximos exteriores superaron valores próximos a los 32,1°C y a partir del 1 de Julio las temperaturas exteriores si superaron este valor hasta alcanzar valores de hasta 37,1°C., superando por tanto los valores en irradiación solar, viento, y humedad.

La elección de las pruebas en el edificio técnico (caseta de operadores) donde se realizan las medidas de mejora térmica, se determinó como consecuencia de que tiene una mayor superficie, un mayor impacto solar, y un mayor consumo de energía interno.

Las pruebas se realizaron en la caseta MPV16B por ser la ubicación más cálida de la línea Madrid - Castilla La Mancha - Comunidad Valenciana, que es uno de los puntos donde se registran temperaturas más altas, por el clima de la zona, y por estar este edificio al abrigo de la entrada del túnel Torrent (Valencia) lado Madrid.

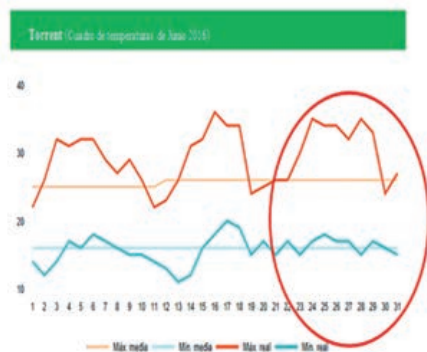
CASETA DE OPERADORES: MPV16B.	
PK de Vía	386+100 (Lado Vía 2)
Zona	Torrente - próximo a túnel Torrente (Valencia)
Coordenadas (GMS)	39°26'36.67"N 0°29'22.90"O
DATOS DE LA CASETA DE OPERADORES	
Superficie de cubierta=	8,50x2,650 = 22,52 m ²
Superficie lateral grande=	(8,50-0,220)x2,515 = 20 m ²
Superficie lateral menor=	2,430x2,515 = 6,11 m ²
Superficie total OPE=	Scubierta + 2xSlat1+ 2xSlat2 = 22,52 + 2x20 + 2x6,11 =74,74 m ²

Torrent (Cuadro de temperaturas medias 26 de Junio - 09 de Julio / 2016)

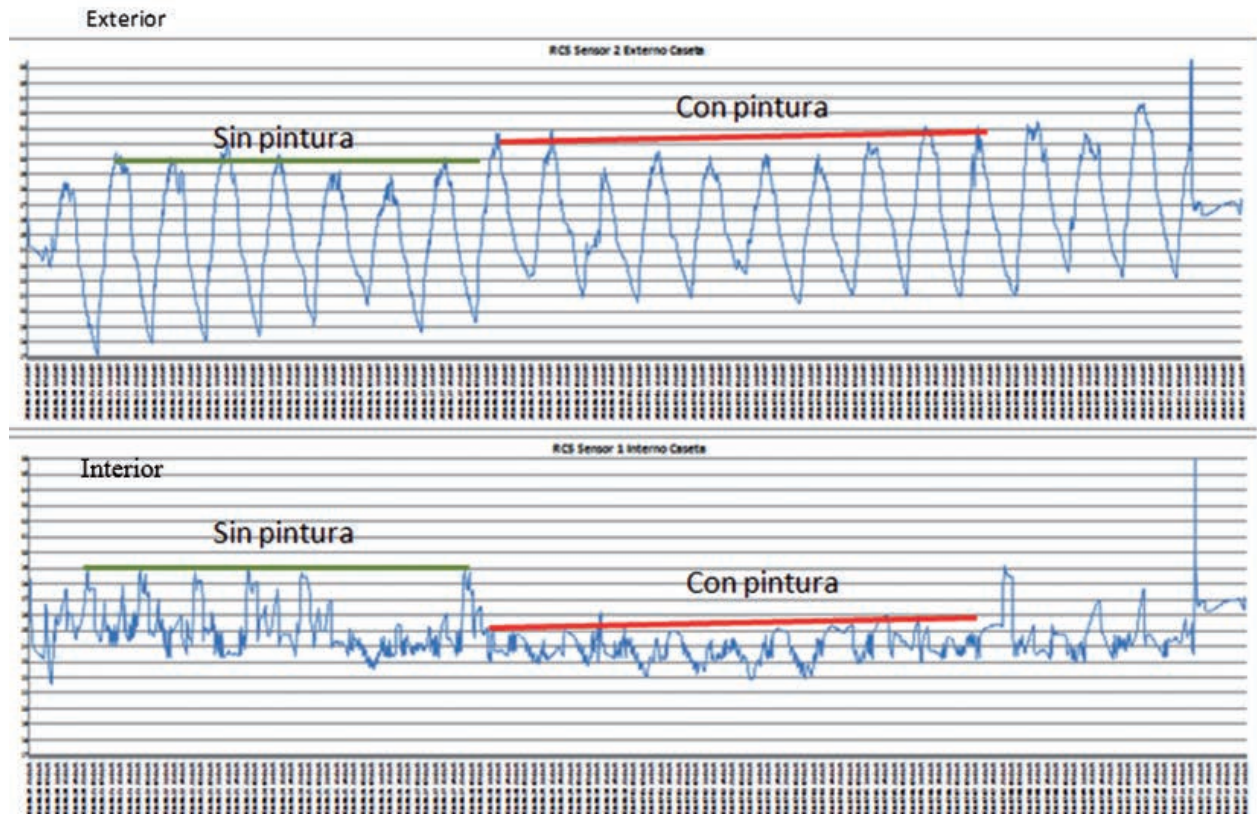
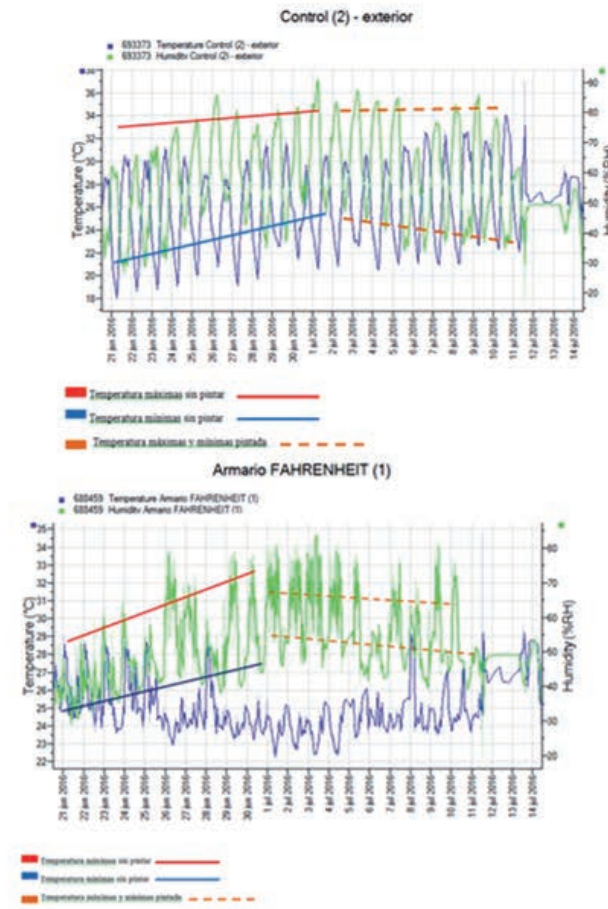
DO. 26/06 Temp. real 25°/13° Media histórica 25°/15°	LU. 27/06 Temp. real 29°/12° Media histórica 25°/15°	MA. 28/06 Temp. real 27°/14° Media histórica 25°/15°	MI. 29/06 Temp. real 25°/14° Media histórica 25°/16°	JU. 30/06 Temp. real 23°/13° Media histórica 25°/16°	VI. 01/07 Temp. real 22°/14° Media histórica 25°/16°	SÁ. 02/07 Temp. real 26°/12° Media histórica 25°/16°
DO. 03/07 Temp. real 32°/14° Media histórica 25°/16°	LU. 04/07 Temp. real 31°/17° Media histórica 25°/16°	MA. 05/07 Temp. real 32°/16° Media histórica 25°/16°	MI. 06/07 Temp. real 32°/18° Media histórica 25°/16°	JU. 07/07 Temp. real 29°/17° Media histórica 25°/16°	VI. 08/07 Temp. real 27°/16° Media histórica 25°/16°	SÁ. 09/07 Temp. real 29°/15° Media histórica 25°/16°

Construcción:
con hormigón H-350.

Prefabricada



IVM (enlace: <http://www.accuweather.com/es/es/torrent/1450762/june-weather/1450762>)





Situación final del techo
(detalle del origen y final)

FECHA (Hora) en que se alcanzan los valores extremos	TEMPERATURAS MÍNIMAS (Exterior)	TEMPERATURAS MÁXIMAS (Exterior)
21-06-2016 – 06:41	17,1° C (sin pintar)	
04-07-2016 – 06:41	20,5° C (pintada)	
29-06-2016 – 16:56		32,1° C (sin pintar)
11-07-2016 – 13:26		37,1° C (pintada)

Temperaturas interiores (actuación del termostato de aire acondicionado 22° - 27°)

FECHA (Hora) en que se alcanzan los valores extremos	TEMPERATURAS MÍNIMAS (Interior)	TEMPERATURAS MÁXIMAS (Interior)
21-06-2016 – 06:41	21,9° C (sin pintar)	
04-07-2016 – 06:41	22,0° C (pintada)	
29-06-2016 – 14:41		29,1° C (sin pintar)
11-07-2016 – 14:41		25,1° C (pintada)
Valores medios (* datos)	24,9° C (sin pintar)	23,40° C (pintada)
Amplitud térmica (max - min)	7,2° C (sin pintar)	3,1° C (pintada)

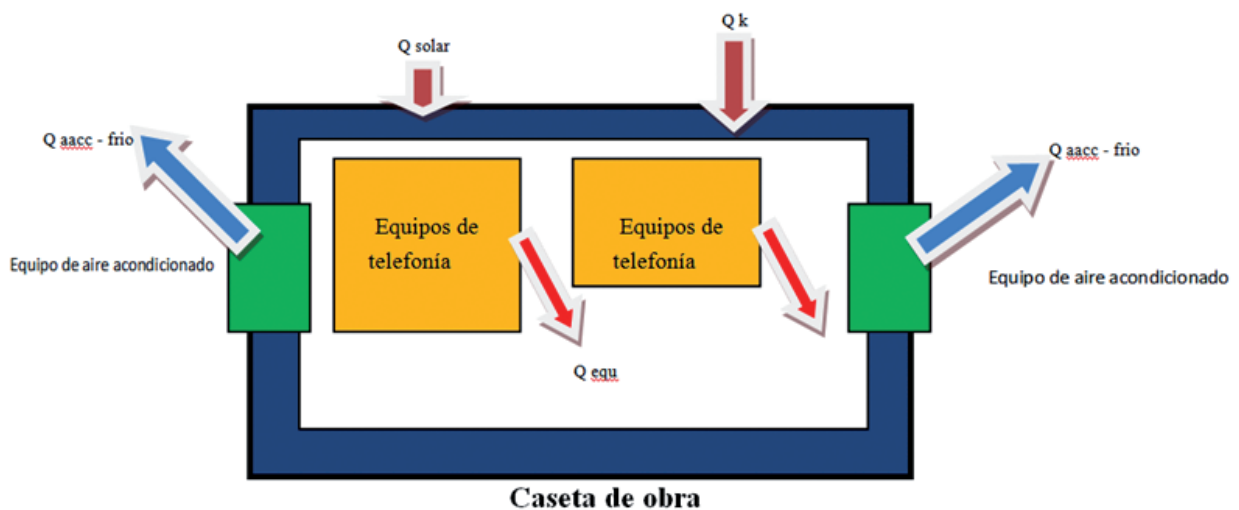
(* datos) 2121 valores. Se incluyen las tablas como anexo caseta de obra de Torrent (Valencia).

Nota de cálculo:

La Energía solar impacta en la caseta con una potencia de 980W/m^2 . Si el rayo incidente no es perpendicular la potencia será $P_{\text{solar}} = 980 \cdot \text{Superficie} \cdot \text{Sen } \alpha$. Siendo α el ángulo entre el rayo incidente y el plano de la superficie.

La reflectancia Solar SRI de la caseta con pintura térmica es próxima al 107%, y es mayor a reflectancia de caseta sin pintura. Por tanto la energía solar entrante “sin pintura” a través de la pared debe ser mayor ó igual que la Energía con pintura. Calcular los valores de energía solar sería arduo por lo que valoramos la energía solar a partir de las otras tres: Energía AACC+Energía Conducción+Energía equipos refrigerados

Por tanto en la ecuación: $Q_{\text{solar_sin pintura}} \geq Q_{\text{solar_con pintura}}$



Coefficiente de transmisión de calor (U) ($\text{kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$)

Temperatura exterior T_e = Temperatura t_e = tiempo $T_e \times t_e$ es la λ_e

Temperatura interior T_i = Temperatura t_i = tiempo $T_i \times t_i$ es la λ_i

Cuando la caseta esta sin pintar, cada grado de incremento de la temperatura exterior, supone un incremento de la temperatura interior que depende del aislamiento. Cuando la caseta está pintada, cada grado de incremento de temperatura, supone un incremento de temperatura menor, dado que al aislamiento hay de añadir el coeficiente de reflectancia, que será mayor a medida que haya un incremento de SRI (*).

10. SEGUNDO Y TERCER CASO.

Se somete a ensayo dos armarios metálicos de instrumentación: uno protegido con revestimiento y otro sin proteger. Y se utilizan para ello dos instalaciones diferentes, una en Pinar de Antequera (Valladolid) y otra en el Centro de Eficiencia Energética en Santa Catalina (Madrid), en cada uno de ellos se toman dos muestras, uno con el armario pintado y el otro con la pintura original verde corporativo.

El objeto del ensayo es verificar las diferencias de temperatura interiores registradas entre el armario protegido y el armario sin proteger cuando ambos son sometidos a las mismas condiciones de insolación exterior. Ambos armarios se ubican en una zona exterior sometida a fuerte insolación.

La temperatura interior de ambos armarios es controlada por medio de unos registradores de temperatura portátiles ubicados en el interior de ambos armarios, registrando los valores de temperatura interior a intervalos de 30 minutos.

La pintura térmica de recubrimiento reflectante, tiene como principal propiedad la de reflejar la mayor parte de la radiación solar incidente, gracias a los altos valores de SRI (Solar Reflectance Index), siendo capaz de mantener las superficies más frías y por lo tanto contribuir a evitar el calentamiento de las superficies y a mejorar las condiciones en el interior de las mismas.

Definiciones:

El parámetro que representa la medida del grado de enfriamiento de una superficie es SRI (Solar Reflectance Index)

Indice SRI (ASTM E 1980-01) Coeficiente de convección bajo (0 - <2 m/s)

Indice SRI (ASTM E 1980-01) Coeficiente de convección medio (2 o >2 - <6 m/s)

Indice SRI (ASTM E 1980-01) Coeficiente de convección alto (6 o 10>2 - <6 m/s)

Se utilizaron dos equipos de medida, exactamente iguales:

Tinytag Ultra 2 Temperature/Relative Humidity Logger (-25 to +85 °C/0 to 95% RH), Modelo: TGU-4500

Ref. 1 - Nº Serie: T3151 - Calibración del fabricante: 07/07/2016 - 06/07/2017.

Ref. 2 - Nº Serie: T3152 - Calibración del fabricante: 07/07/2016 - 06/07/2017.

DATOS:

Armarios en el Laboratorio de Eficiencia Energética Santa Catalina (Madrid)

- Temperatura interior de los armarios
- Características del armario de chapa
- Dimensiones (alto 195cm x ancho 70 cm x fondo 40 cm)
- Sistema de ventilación pasiva (ventilación de rejilla para evitar acumulación térmica)
- Material chapa galvanizada
- Espesor de la chapa



Equipos de medida



Foto 1



Foto 2

Resumen de temperaturas armario pintado Pinar de Antequera.

	T (°C) interior armario sin proteger	T (°C) interior armario protegido con TECMA PAINT FAHRENHEIT	$\Delta T = T$ armario sin proteger - T armario protegido (Máxima)
Inicio periodo registro	12/07/2016 (14:00 horas)	12/07/2016 (14:00 horas)	
Final periodo registro	22/07/2016 (14:30 horas)	22/07/2016 (14:30 horas)	
Número de mediciones	482	482	
Valor máx. registrado	50,7 °C	38,3 °C	15,6 °C
Valor mín. registrado	10,8 °C	12,3 °C	
Oscilación térmica	39,9° C	26,0° C	

Resumen de temperaturas en armario pintado Laboratorio de Eficiencia Energética Santa Catalina

	T (°C) interior armario sin proteger	T (°C) interior armario protegido con TECMA PAINT FAHRENHEIT	$\Delta T = T$ armario sin proteger - T armario protegido (Máxima)
Inicio periodo registro	19/07/2016 (14:00 horas)	19/07/2016 (14:00 horas)	
Final periodo registro	06/09/2016 (10:00 horas)	06/09/2016 (10:00 horas)	03/08/2016 13 .00
Número de mediciones	2345	2345	
Valor máx. registrado	52,9 °C	40,1 °C	16,5 °C
Valor mín. registrado	17,5 °C	17,1 °C	
Oscilación térmica	35,4° C	23,0° C	

En todos dos casos, (), la pintura térmica de recubrimiento reflectante, ha reducido la temperatura en el interior de los armarios, de manera directa, consiguiendo una considerable reducción en la “oscilación térmica” en el interior de los armarios una vez la aplicada la pintura. Esto supone, por un lado un considerable ahorro energético, como consecuencia de las propias propiedades los valores están referenciados a las mismas fechas de la pintura, una prolongación de la vida útil de los equipos electrónicos y una reducción de fallos, ante variaciones importantes de la temperatura.

En todos los casos, las diferencias de temperaturas, de los armarios una vez aplicada la pintura supusieron reducciones cuyos valores máximos de 16,5° C. en el caso de los armarios de intemperie equipados de Pinar de Antequera (Valladolid) y de 15,6° C. en el caso de los armarios de intemperie del Laboratorio de Eficiencia Energética.

No obstante, y dado que ninguno de dichos armarios están dotados de equipos de refrigeración forzada, sino, por simple rejilla de ventilación directa y equipos de disipación interiores.

Su ahorro energético, viene dado por la parte de la eficiencia, al mantener sus temperaturas interiores en valores menores a los máximos alcanzados, y una oscilación térmica con un arco de menor rango.

Hay un dato muy significativo, el de la “caída térmica” (valor mínimo alcanzado en el interior del armario, cuando la temperatura exterior es mínima). Cuando el armario está pintado, la “caída térmica” es menor, que cuando no lo está. Por tanto la estabilidad de la temperatura permite establecer: Ahorro energético, disponibilidad eficiente de los equipos instalados en el interior de los armarios, y prolongación de la vida útil de los mismos.

11. CUARTO CASO: COFRES DE AIRE ACONDICIONADO DE TRANVIAS SIEMENS DE LA SERIE 3800.

El departamento de material motor de FGV (Ferrocarriles de la Generalitat Valenciana) ha realizado una prueba durante la última semana de julio/2016, aplicando la pintura térmica de recubrimiento reflectante en los cofres de aire acondicionado de las unidades Siemens de la serie 3800.

Se adjuntan fotografías del cofre pintado y a continuación se relacionan las mediciones obtenidas con dos sondas de temperatura, una colocada en un cofre pintado y otra en el otro equipo de la misma unidad y que no se pintó para observar las diferencias. Además del equipamiento del tranvía podría ser utilizado este producto en instalaciones intemperie como los armarios de los enclavamientos y que en algunas ocasiones alcanzan temperaturas muy elevadas llegándose a bloquear estos sistemas, debido a las altas temperaturas.

Estas pruebas se realizaron en la unidad 3825 de Siemens. Los resultados obtenidos son valores que se tomaban puntualmente.

FECHA	HORA	GRADOS AA. CON PINTURA	GRADOS AA. SIN PINTURA	DIFERENCIA DE TEMPERATURAS	OBSERVACIONES
27-7-2016	10.30 H.	29.50	32	2.50	DIA NUBLADO
28-7-2016	12.47 H.	32.50	38	5.50	SOLEADO
2-8-2016	13.28 H.	33.80	39.80	6.00	SOLEADO
3-8-2016	12.30 H.	32.50	38	5.50	SOLEADO

Se puede observar de los resultados obtenidos en días soleados son más significativos que en el día nublado, dando la mayor diferencia de temperatura de 6 grados, suficiente para que el equipo trabaje en mejores condiciones.



Unidad Siemens de la serie 3800 con pintura térmica de recubrimiento reflectante.

12. CONCLUSIONES.

Se consideró como fechas más adecuadas, para el desarrollo los meses de junio, julio y agosto/2016 donde se dan condiciones atmosféricas más extremas, con altas temperaturas.

El objeto principal, era comprobar las propiedades aislantes y de resistencia al calentamiento como efecto de la radiación solar en las instalaciones, con el producto aplicado pintura térmica de recubrimiento reflectante y sin ella.

Se incluyen, las diferentes pruebas que se han realizado:

Caseta de obra en Torrent (Valencia) (pendiente de evaluación final más exhaustiva, al considerar el consumo de energía de alimentación de los equipos de refrigeración).

Durante las fechas (20 de junio - 11 de julio 2016) de realización de las pruebas existe una gran disparidad en los datos de temperaturas atmosféricas, no siendo concluyentes ninguno de ellos. Este comportamiento de las temperaturas ha diferido significativamente, en las fechas donde la caseta estuvo sin pintar, los valores máximos de las temperaturas nunca superaron los 32,1° C, mientras que las temperaturas exteriores con la pintura aplicada, se llegaron alcanzar los 37,1° C, esta disparidad de temperaturas nos hace replantearnos el uso de “estimadores” (valores relativos sobre las base teórica de incremento / decremento de consumo en kw por cada grado que aumenta/disminuye la temperatura), lo que impide un análisis objetivo utilizando solamente los valores absolutos de los datos registrados.

Del mismo modo, las fechas durante las cuales la caseta estuvo sin pintar los valores mínimos de las temperaturas llegaron 17,9° C, mientras que las temperaturas exteriores con la pintura aplicada, no bajaron de los 20,5°C, por tanto, ante la disparidad de temperaturas, se hace necesario que nos replantearnos el uso de “estimadores” igualmente (valores relativos sobre las base teórica de incremento / decremento de consumo en kw por cada grado que aumenta/disminuye la temperatura).

Los valores en el interior de la caseta, tanto sin pintar, como pintada, no varían sustancialmente, porque existe una ventilación forzada (aire acondicionado), por lo que se realizan modelizaciones de los datos (uso de estimadores) para comprobar si el termostato interior le afecta, o no, la temperatura exterior, en cuyo caso, siempre se obtiene una mejora en la eficiencia.

El dato más significativo es la “oscilación térmica” siempre se mantiene en valores inferiores cuando la caseta está pintada.

No obstante, como ya hemos comentado, para el análisis más exhaustivo del consumo de energía, existen varios equipos de trabajo para intentar llegar algún resultado, sobre cuál ha sido la incidencia de la pintura en el consumo de energía y su eficiencia.

El diferencial en el descenso de la temperatura (23,54° C (sin pintar) *) frente a los 22,50° C (con la caseta pintada) *) en temperaturas mínimas y de (27,98° C (sin pintar) *) frente a los (25,32° C (pintada) *) en temperaturas máximas.

Estos valores, dan como resultado un mayor consumo en kw/h, debido sobre todo, al mayor tiempo que se han mantenido activos los equipos de ventilación forzada, La resistencia térmica R de una capa homogénea de material sólido, en metro cuadrado por kelvin y por vatio, viene dada por: $R = \frac{e}{\lambda}$, donde e es el espesor de la capa (m) y λ (lambda) la conductividad térmica del material, W/(K·m). (al no variar los valores de los termostatos de control” cuando se pintó la caseta).

En todos dos casos, la pintura térmica de recubrimiento reflectante, ha reducido la temperatura en el interior de los armarios, de manera directa, consiguiendo una considerable reducción en la “oscilación térmica” en el interior de los armarios una vez la aplicada la pintura. Esto

supone, por un lado un considerable ahorro energético, como consecuencia de las propias propiedades de la pintura, una prolongación de la vida útil de los equipos electrónicos y una reducción de fallos, ante variaciones importantes de la temperatura.

En todos los casos, las diferencias de temperaturas, de los armarios una vez aplicada la pintura supusieron reducciones cuyos valores máximos de 16,5° C. en el caso de los armarios de intemperie equipados de Pinar de Antequera (Valladolid) y de 15,6° C. en el caso de los armarios de intemperie del Laboratorio de Eficiencia Energética.

No obstante, y dado que ninguno de dichos armarios están dotados de equipos de refrigeración forzada, sino, por simple rejilla de ventilación directa y equipos de disipación interiores.

Su ahorro energético, viene dado por la parte de la eficiencia, al mantener sus temperaturas interiores en valores menores a los máximos alcanzados, y una oscilación térmica con un arco de menor rango.

Hay un dato muy significativo, la “caída térmica” (valor mínimo alcanzado en el interior del armario, cuando la temperatura exterior es mínima). Cuando el armario está pintado, la “caída térmica” es menor, que cuando no lo está.

Por tanto la estabilidad de la temperatura permite establecer: Ahorro energético, disponibilidad eficiente de los equipos instalados en el interior de los armarios, y prolongación de la vida útil de los mismos.

Las pinturas de recubrimiento térmico, tiene un efecto inmediato al reflejar la radiación solar y disipan el calor, con el fin de mantener a temperatura estable y relativamente baja en las mismas, y manteniendo un ambiente fresco, de manera que se reduzca el consumo de energía por la utilización de equipos de refrigeración, aumentando la durabilidad de los materiales de construcción, y su mantenimiento, al evitar el envejecimiento o degradación debida a la radiación solar, además de reducir los daños causados por las contracciones y expansiones térmicas, que son consecuencia, principalmente de la radiación infrarroja, que se encarga de producir energía calorífica en un 50 %.

Por último vamos a agrupar las características más importantes que definen la pintura térmica de recubrimiento reflectante:

- Ahorro de energía de los equipos de refrigeración (calor/frio)..
- Eficacia y durabilidad.
- Anti humedades por condensación..
- Impermeabilizante. Previene el moho..
- Reduce el ruido exterior.
- Ecológica..
- No se quema ni se inflama.
- Fácil aplicación / manipulación.
- Material aislante con baja conductividad térmica (capa óptima 1 mm.).
- No tóxico. .
- Reducción de la amplitud térmica.
- Reducción de la caída térmica.
- Económico.
- Baja densidad

Una cualidad importante, es que las superficies tratadas con la pintura de recubrimiento reflectante, disminuyen grandemente el estrés térmico de los materiales, alargando su durabilidad, al no estar tan sometidos a la fatiga producida por las grandes oscilaciones de temperaturas, y los efectos de la radiación solar.



INFORMACIÓN SOBRE PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA PINTURA UTILIZADA EN EL ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA, SOBRE LA REDUCCIÓN DE TEMPERATURA, EN CASETAS DE OBRA, ARMARIOS METÁLICOS DE INTEMPERIE EQUIPADOS CON INSTALACIONES ELECTRÓNICAS E INSTALACIONES DE SEÑALIZACIÓN, TRATADAS CON PINTURA DE RECUBRIMIENTO REFLECTANTE.



EMPRESA	SATECMA
Nombre del producto:	Pintura TECMA PAINT TERMIC Fahrenheit 10.8
Código del producto:	4198 (Uso profesional . Recubrimiento reflectante)
Aspecto:	Pastoso tixotrópico.
Olor:	Débil.
pH.:	8,3 +/- 0,5
Punto de inflamación:	>100° C.
Densidad relativa:	0,89 +/- 0,03
Solubilidad:	Miscible con agua
Viscosidad:	112 +/- 10 kU a 25° C.
Contenido de COV (p/p):	1,5 %
Contenido de COV (g/l):	14,988 g/l
Numero ONU:	No es peligroso al transporte.
Naturaleza:	Dispersión acuosa
Diluyente y disolvente de limpieza:	Agua
Aplicación:	Brocha, rodillo, pistola airless
Temperatura de aplicación:	de +10 a +35° C.
Tiempo de secado superficial (EN ISO 1517):	1 hora
Consumo recomendado:	de 1 a 1,5 l/m2
Permeabilidad al vapor de agua	So <5 metros
(EN ISO 7783-1/2) Barrera de aire equivalente	Clase I (EN 1504-2) Permeable al vapor de agua
Permeable al agua (EN 1062-3)	<0,1 kg/m2 Impermeable al agua (EN1504-2)
Adherencia sobre soporte de hormigón (EN 1542)	>0,8 MPa
Sustancias peligrosas (EN 1504-2)	Conforme con el aptd. 5.3 (EN 1504-2)
Conductividad de las esferas huecas	0,07 W/m.k.
Color	Blanco
Índice SRI (ASTME 1980-01) coeficiente de Convección bajo (0-2m7s)	107,6
Índice SRI (ASTME 1980-01) coeficiente de Convección bajo (2-6m7s)	108
Índice SRI (ASTME 1980-01) coeficiente de Convección bajo (8-10m7s)	108,4

13. BIBLIOGRAFÍA

1.- Center for Sustainable Energy Systems for the U.S. Department of Energy Building Technologies Program and Oak Ridge National Laboratory under contract DE-AC05-00OR22725.

Additional technical support provided by Lawrence Berkeley National Laboratory and the Federal Energy Management Program.

Authors: Bryan Urban and Kurt Roth, Ph.D.

2.- GCCA (2012). A Practical Guide to Cool Roofs and Cool Pavements. Global Cool Cities Alliance, 44pp.

3.- ZINZI, M. & AGNOLI, S. Cool and green roofs. An energy and comfort comparison between passive cooling and mitigation urban heat island techniques for residential buildings in the Mediterranean region. Energy and buildings. In press. 2012.

4.- AKBARI, H; POMERANTZ, M. & TAHA, H. (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. Solar Energy, 70,295-310.

5.- URBAN, B. & ROTH, K. (2010). Guidelines for Selecting Cool Roofs. U.S. Department of Energy. Building Technologies Program.

6.- LBNL. (2000). Cool Roofing Materials Database. Lawrence Berkeley National Laboratory. Environmental Energy Technologies Division.

7.- AKBARI, H., LEVINSON, R. & RAINER, L. (2005). Monitoring the energy-use effects of cool roofs on California commercial buildings. Energy and Buildings, 37, 1007-1016.

8.- BOIXO, S., DIAZ-VICENTE, M., COLMENAR, A. & CASTRO, M. A. 2012. Potential energy savings from cool roofs in Spain and Andalusia. Energy, 38,425-438.

9.- KOLOKOTRONI, M. & WARREN, P. 2011. Promotion of cool Roofs in the EU. Technical Guidelines Handbook.: Brunel University and Cool Roofs In the EU. Technical Guidelines Handbook.: Brunel University and Cool Roofs project.

10.- ROMEO, C. & ZINZI, M. Impact of a cool roof application on the energy and comfort performance in an existing non-residential building. A Sicilian casa study. Energy and Buildings. In Press.2012.

11.- SYNNEFA, A. & SANTAMOURIS, M. Advances on technical, policy and market aspects of cool roof technology in Europa: the Cool Roofs Project. Energy and Buildings.

12.- XU, T., SANTHAYE, J., AKBARI, H., GARG, V. & TETALI, S. (2012). Quantifying the direct benefits of cool roofs in an urban setting: reduced cooling energy use and lowered greenhouse gas emissions. Building and Environment, 48, 1-6.

13.- Diaz Vicente, María Ángeles. Estimación de potenciales ahorros energéticos y beneficios medioambientales para España derivados del uso de control de radiación (“cool roofs”) en los tejados de viviendas . 2016. Universidad Nacional de Educación a Distancia (España). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Control

14.- ÇENGEL, Y.A. Transferencia de Calor. 2ª ed. McGraw-Hill, 2006. ISBN 978-9701044841.

INCROPERA, F.P. y DEWITT, D.P. Fundamentos de la Transferencia de Calor. 4ª ed. Prentice Hall, México, 1999. ISBN 970-17-0170-4.

15.- HOLMAN, J.P. Transferencia de Calor. 8ª ed. McGraw-Hill Interamericana de España S.A.U., 1998. ISBN 84-481-2040-X.

16.- MILLS, A.F. Transferencia de Calor. Irwin, 1995. ISBN 84-8086-194-0.

17.- CHAPMAN, A.J. Transmisión de Calor. 3ª ed. Bellisco. Librería Editorial., 1990. ISBN 84-85198-45-5.

18.- KLEIN, S.A. y ALVARADO, F.L., “Engineering Equation Solver Software (EES)”, Academia Versión 6.271 (20-07-2001).

19.- Otras referencias

California Energy Commission’s Consumer Energy Center

California Energy Commission’s Cool Colors Project

Cool Roof Rating Council (CRRC)

Heat Island Group

Roof Coatings Manufacturers Association

US Department of Energy’s Federal Energy Management Program Energy Efficient Products

US Department of Energy’s Cool Roof Calculator

US Environmental Protection Agency’s Cool Roof Product Information

US Environmental Protection Agency’s ENERGY STAR Insulation Information