VOLUME 4, ISSUE 2
MAY - AUGUST
YEAR 2020
ISSN 2530-8157

BUILDING & MANAGEMENT http://www.polired.upm.es/index.php/Building & Management

M. Valdiviezo, M. Rubiolo and R. Tendero Caballero. "Thermal behavior of a thermoactivated slab of heterogeneous section and the termal influence of reflective blinds" Building & Management, vol. 4 (2), pp. 45-57, 2020

http://dx.doi.org/10.20868/bma.2020.2.4695

PAPER BM_20_11_04 RECEIVED 20/05/2019 REVISED 16/12/2019 ACCEPTED 11/08/2020

GESTION EN EDIFICACION
B&M
BUILDING & MANAGEMENT

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE EDIFICACIÓN
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Thermal behavior of a thermoactivated slab of heterogeneous section and the thermal influence of reflective blinds

Comportamiento térmico de un forjado termoactivado de sección heterogénea y la influencia térmica de estores reflectivos

MARLON VALDIVIEZO
Máster en Innovación Tecnológica en Edificación.
marlonvadiviezoa@gmail.com

MARCOS RUBIOLO
Máster en Innovación Tecnológica en Edificación.
marcosjrub@gmail.com

RICARDO TENDERO CABALLERO
E.T.S. Edificación. Universidad Politécnica de Madrid.
ricardo.tendero@upm.es

The present research proposes two different studies to analyse the thermal behaviour of a building in the city of Madrid, located in Apolonio Morales street, 29. The first case analyses how the thermoactivated floor of heterogeneous section works. The second case focuses in the thermal influence of reflective blinds to avoid radiation losses.

The methodology is based on a rigorous experimentation through the collection data "in situ", supported by the monitoring of the building in addition to thermographic technology. The experimentation of simulated prototypes in the UPM's energy efficiency laboratory validates the procedure.

A characterization of the slab is defined and the influence of thermal behaviour of the building has been obtained. On the other hand, the reflective blinds analysed in open box have determined a big difference between exterior and interior temperatures. However, these measurements are balanced afterwards.

The study of these strategies, which improve the energy efficiency of the building, is analysed quantitatively to measure its influences. Both resources of this building represent an innovation and subject of study, since the consulted bibliography has not been characterized yet.

TABS, Thermal mass, Thermal barriers, Radiation, Energy efficiency.

El presente trabajo de investigación propone un estudio para el análisis de la influencia térmica de estores reflectivos para evitar pérdidas por radiación y el análisis del comportamiento térmico de un forjado termoactivado de sección heterogénea del edificio Apolonio Morales N°29 de la ciudad de Madrid.

Su metodología se basa en un riguroso análisis experimental, mediante la recolección de datos "in situ" a través de la monitorización del edificio, la tecnología termográfica y experimentación de prototipos simulados en el laboratorio de eficiencia energética de la UPM. Como resultado se ha obtenido una caracterización del forjado y la influencia que genera cada material en el comportamiento térmico del edifico.

Por otro lado, los estores reflectivos al analizarlos térmicamente en cámara abierta se ha obtenido que en las primeras series de medición existe un cambio muy diferenciado entre las temperaturas internas y externas, sin embargo, estas mediciones se equilibran a posterior.

El estudio de estas estrategias, que mejoran la eficiencia energética del edificio, se analiza de manera cuantitativa para medir sus influencias. Ambos recursos de este edificio representan una innovación y tema de estudio, ya que en la bibliografía consultada aún no se ha caracterizado los temas de investigación planteados.

Forjados termoactivados (TABS), Inercia térmica, Estores reflectivos, Radiación, Eficiencia energética.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

En el siglo XXI el consumo de energía y el calentamiento global se han convertido en temas de gran interés a nivel mundial, ello ha ocasionado que se utilicen sistemas limpios para garantizar el desarrollo sostenible de la civilización humana [1]. Es por ello que los profesionales de la edificación están tomando un rol protagónico en este desafío energético, donde el concepto de edificios eficientes y consumo casi nulo se va consolidando, haciendo fuerte hincapié en la reducción de su impacto ambiental y el confort para sus usuarios. Con un cambio de modelo global en post de conseguir los objetivos del Horizonte 2020, los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el Protocolo de Kioto, Acuerdo de París, entre otros, es que se ha visto reflejada la búsqueda de soluciones que mejoren las condiciones climáticas y constructivas. La Unión Europea está dando avances importantes hacia esos objetivos, este es el caso de España que con la implementación del Código Técnico de la Edificación supone un enfoque más riguroso, tomando mejoras de los sistemas constructivos del edificio para garantizar la eficiencia energética en el campo edificado [2], aunque vale la pena mencionar que a pesar de ser un problema global, pocos países aún, han tomado conciencia de esta problemática.

Cuando en la actualidad, Alemania es uno de los países punteros en el uso de energías renovables, especialmente solar, aún en el mundo existen 1.400 millones de personas sin acceso a electricidad, de los cuales 500 millones están en Asia. Para 2030, se desea generar un sistema interconectado de energía limpia entre los países involucrados en este cambio, bajo el reto de cumplir Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en línea con la accesibilidad de energía a la humanidad. Por lo antes expuesto el desarrollo tecnológico y la innovación impulsarán una nueva revolución, donde China al igual que Reino Unido y Japón son los países referentes que están invirtiendo en energía hidráulica, eólica y solar. Esto marca el compromiso de estos estados con el acuerdo de París, al contrario, de Estados Unidos que ha anunciado su salida de este acuerdo [3].

En la unión europea, múltiples soluciones constructivas y marcos regulatorios han sido creados para optimizar el acondicionamiento térmico de las edificaciones, así mismo el continuo aprendizaje del uso de energías renovables puestas al servicio de la climatización de un edificio o vivienda han provocado que las estrategias desarrolladas sean cada vez más eficientes y de viable implementación. El desarrollo de nuevas tecnologías y la gestión del edificio en términos energéticos es fundamental para alcanzar el objetivo propuesto de edificios de consumo casi nulo [4]. Las técnicas elegidas para las ganancias de calor y refrigeración como paliativos al uso de sistemas activos tenderán siempre a aplicarse en un marco de procesos de mejora que pregonen la innovación en el sector de la edificación. En ese mismo sentido, el empleo de herramientas informáticas de simulación han logrado estudiar el comportamiento del edifico en función de las condiciones climáticas planteadas, haciendo explicita la importancia de las estrategias pasivas [5].

1.2. CLIMA Y CONFORT

Las condiciones climáticas actuales, obliga a que los edificios gestionen de manera más eficiente las ganancias solares y el uso de sistemas de almacenamiento de energía térmica para contrarrestar sus pérdidas [4].

En España, el RITE (Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios) establece únicamente una zona de confort para invierno y otra para verano que no dependen de la temperatura exterior media, mientras que los modelos dinámicos ASHRAE Standard 55-2013 y UNE-EN 15251:2008 incluyen la temperatura media exterior como una variable en el cálculo de los límites de la zona de confort [6].

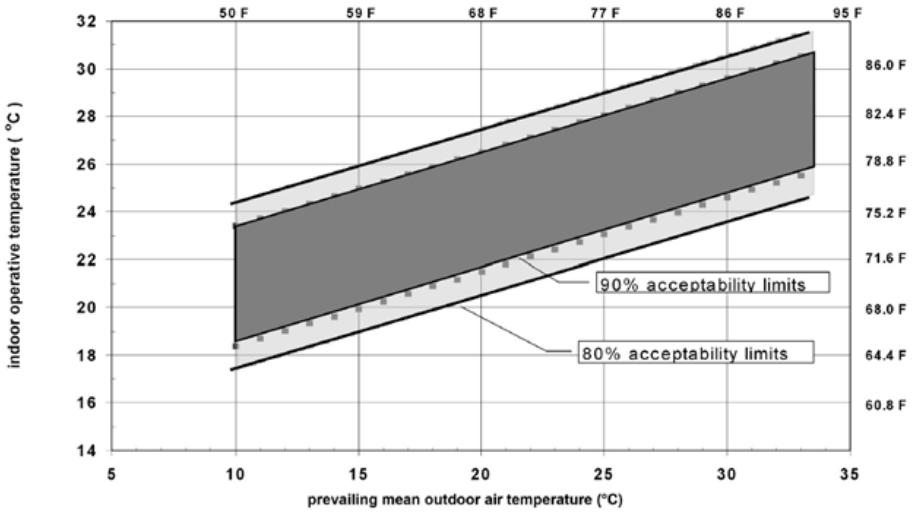


Fig. 1. Rangos de confort. Fuente:ASHRAE

Al analizar el clima de Madrid, se ha podido confeccionar un diagrama psicrométrico con una nube de puntos que representan los distintos días del año en función de sus parámetros de temperatura y humedad. El polígono azul determina la zona de confort donde no sería necesario aplicar ningún tipo de medida para climatizar el edificio. La porción de puntos dentro del polígono representa el 10% del total del año, mientras que el mayor porcentaje está a la izquierda de la zona de confort, lo que determina que la mayor demanda será de calefacción. La herramienta "Climate Consult" permite combinar estrategias pasivas para poder evaluar el aporte de cada una y evaluar la incidencia en la nube de puntos. Lo que no se pueda cubrir con estrategias pasivas, el programa propone como complemento el uso de un sistema activo tanto para refrigeración como calefacción.

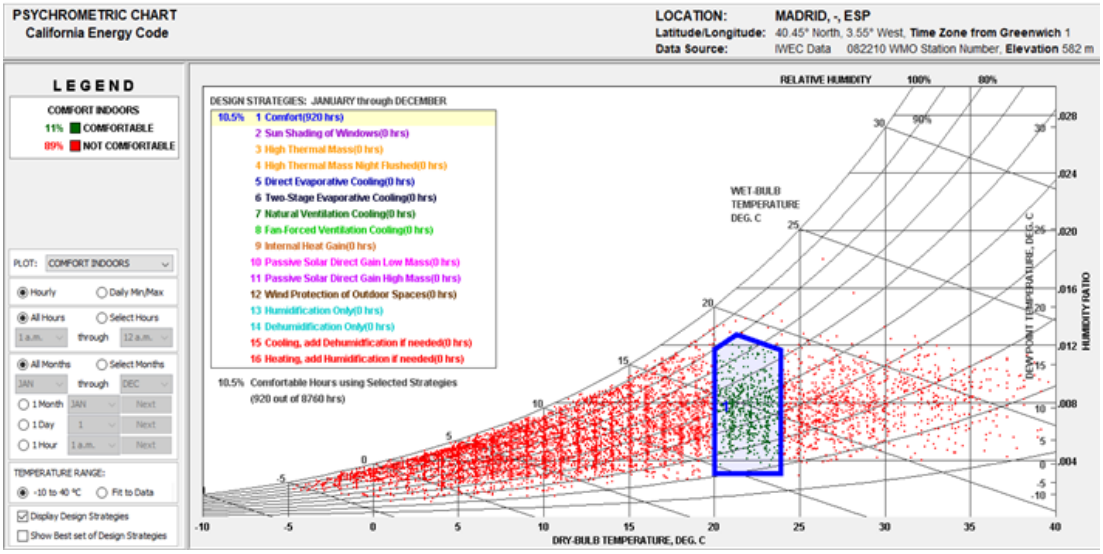


Fig. 2: Diagrama psicrométrico, en azul se señala la zona de confort para un caso puntual. Fuente: Climat Consultant

En la siguiente imagen se muestra a modo de ejemplo, que considerando la masa térmica y las ganancias internas de calor, se amplía la zona confortable en un 48% del total del año para el clima sintético elegido.

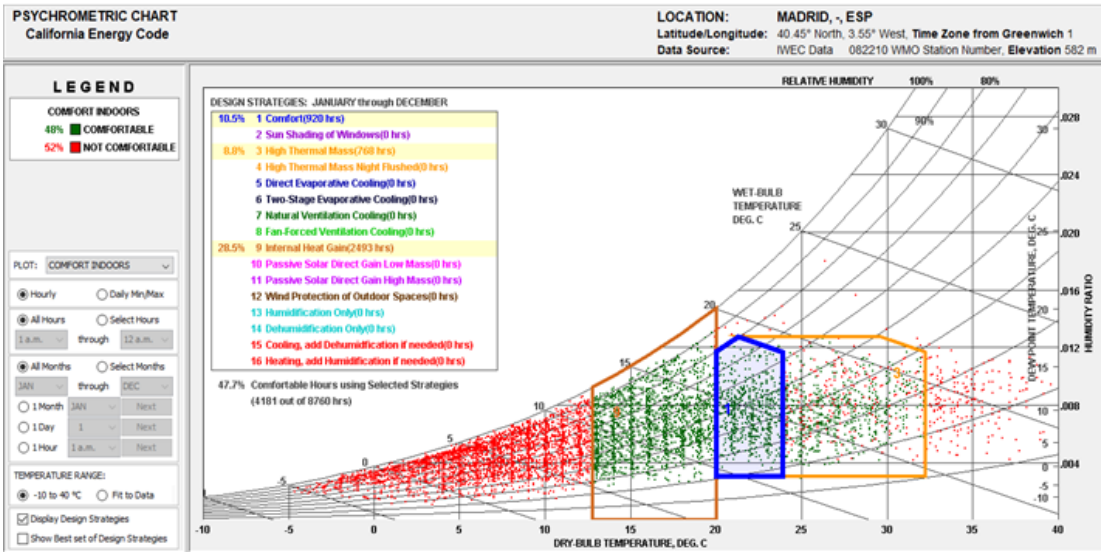


Fig. 3: Integración de estrategias pasivas en diagrama psicrométrico.

1.3. EDIFICIO APOLONIO MORALES N°29

El edificio está ubicado en la Comunidad de Madrid en la calle Apolonio Morales N°29, en la zona norte de la ciudad próximo al paseo de la Habana, rodeado de edificios residenciales de media altura, siendo su uso actual de oficinas y dependencias.

Es un edificio que se ha construido a inicios del año 90 y en el año 2008 se plantea una rehabilitación total, dando soluciones a varias problemáticas del edificio, tanto funcionales como ambientales y de eficiencia energética. Su envolvente es el gran instrumento de gestión que en combinación de estrategias pasivas y activas lo han convertido en un edificio ejemplar y destacado.

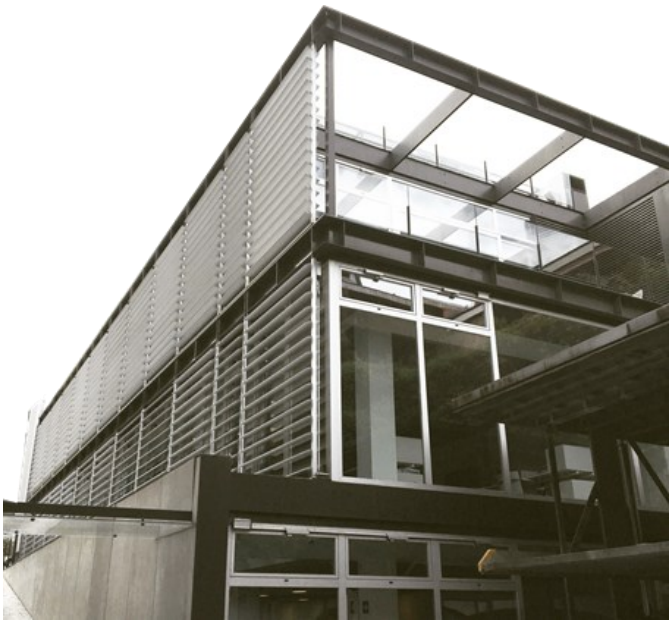


Fig. 4: Edificio Apolonio Morales N° 29. Fuente: Autores.

Las estrategias identificadas edificio APOLONIO MORALES son las siguientes:

- Cámara de aire inferior bajo el último forjado
- Reducción de isla de calor a través de una cubierta verde ajardinada
- Captación y acumulación de aguas de lluvia
- Chimenea de ventilación a través del ascensor
- Elementos de regulación de la protección solar automatizados
- Precalentamiento del aire exterior por medio de paneles termodinámicos
- Aporte de energía y luz natural utilizando tubos solares
- Ventilación directa nocturna
- **Forjado termoactivado a través de calentamiento geotérmico**
- **Estores reflectivos**

1.4. FORJADO TERMOACTIVADO A TRAVÉS DE CALENTAMIENTO GEOTÉRMICO

Se integra en el edificio un sistema termoactivado mediante la incorporación de circuitos de agua en una nueva capa de compresión del forjado aumentando además su masa inercial, mejorando su comportamiento energético.

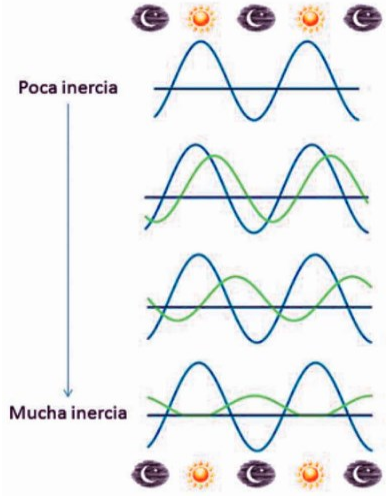


Fig.5. Comportamiento de la inercia térmica en un edificio.

La siguiente imagen muestra la variación del comportamiento térmico de una edificación en función de la más inercial, siendo la línea verde la respuesta del sistema y la azul es el estímulo. Queda en evidencia, el retardo de la respuesta y la atenuación de los valores límites, achicando el rango de amplitud térmica [7].

La energía para el calentamiento o enfriamiento dependiendo la estación del año, del agua de los circuitos proviene del mismo terreno del edificio. La integración del intercambio geotérmico y los sistemas de climatización termoactivos, contribuyen de manera a incrementar la eficiencia integral y proyectada en el tiempo [8].

Joaquim Romaní et al. [9] demuestra que el TABS es una tecnología auspiciosa para reducir el uso de energía en el sector de la construcción donde demuestra que las estrategias de control para TABS afectan directamente las condiciones de confort y el potencial de ahorro de energía. Las estrategias simples pueden obtener buenas condiciones de confort, pero para reducir la demanda de energía y explotar al máximo las energías renovables se requieren controles más avanzados que usan curvas de calentamiento como la base de su monitoreo para calcular posteriormente la energía que se debe suministrar y los períodos de activación. El efecto de la carga térmica según los diferentes tipos de envolventes del edificio se revela al estimar el confort térmico y el consumo de energía del sistema aplicado en cada edificio revela Sang HoonPark et al [10]. El edificio tiene la particularidad de tener un forjado heterogéneo, formado por distintos materiales y por ende distintas transmitancias y densidades lo que lo convierte en un caso peculiar.

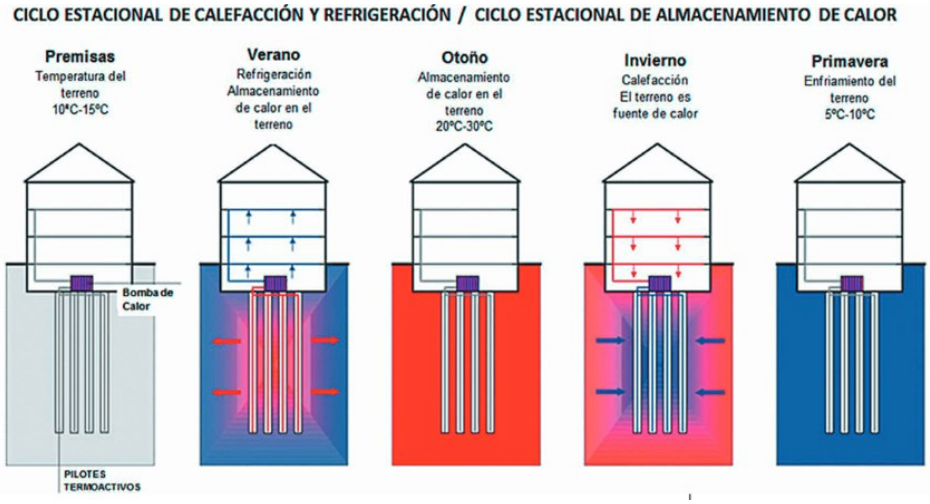


Fig.6. Sistema Geotérmico en edificación.

1.5. ESTORES REFLECTIVOS

Se integran a las superficies acristaladas telas reflectivas denominadas "Estores", es un sistema de cortinas que permite impedir que la energía ganada por inercia térmica y ganancias internas de un edificio se pierdan por ventanas, siendo un complemento de los vidrios de baja emisividad y dispositivos como lamas móviles de control pasivo que regulan la incidencia solar sobre las superficies vidriadas, logrando una compleja envolvente multicapa.

Uno de los retos más importantes en edificación ha sido la gestión de superficies transparentes para el ahorro energético, por lo que, la envolvente acristalada juega un papel importante en el intercambio de energía entre el entorno y el edificio [11]. A pesar de ello, hace medio siglo que ya se utiliza nuevas configuraciones de vidrio para disminuir la pérdida de energía térmica [5], más por el contrario, los estores actúan como barreras térmicas anti-reflectivas en el interior de edificios y que suponen una alternativa para aprovechar los recursos naturales disponibles del medio y para reducir el consumo energético.

Fig.7. Estores reflectivos en el interior de edificios. Fuente: Autores.

1.6. IMPORTANCIA E INNOVACIÓN

La mejora tecnológica del edificio a través de estrategias pasivas y de diseño, sistemas de monitorización y sensores, sistemas constructivos, sostenibilidad y finalmente, el cumplimiento a los códigos técnicos de edificación son puntos importantes que deben analizarse para lograr un cambio de modelo: Nuevas fuentes de energía, reducción de demanda y reducción de CO^2 (Directiva 2012/27UE).

Desde esta perspectiva es necesario analizar edificios que han sido rehabilitados y acondicionados para optimizar su comportamiento medioambiental, así como nuestro caso de estudio. Este trabajo dará alcance a los siguientes objetivos con enfoque al edificio Apolonio Morales No. 29 de la ciudad de Madrid:

- Análisis de la influencia térmica de estores reflectivos para evitar pérdidas por radiación en la fachada de un edificio de oficina.
- Análisis del comportamiento térmico de un forjado termo-activado de sección heterogénea de un edificio de oficina.

El desarrollo de nuevas tecnologías e innovación obliga a las edificaciones a evolucionar y plantear nuevos retos. Las estrategias simples pueden obtener buenas condiciones de confort, pero para reducir la demanda de energía y emplear renovables, se requieren controles más avanzados y sistemas complejos. La envolvente del edificio debe tener la capacidad de generar, gestionar y dirigir el flujo entre el exterior y el interior, es el gran instrumento de gestión con extensión llena de intercambios, información automática y no automática. El concepto de eficiencia en función de la flexibilidad se medirá con el grado de actualización tecnológica y de nuevos conceptos capaces de abordar el edificio.

Por lo antes expuesto, se pretende analizar un edificio para entender y caracterizar su comportamiento energético.

Esta investigación pretende demostrar que en la actualidad el uso de forjados termoactivados y estores reflectivos en el interior de edificios supone una solución económicamente viable para reducir la demanda y pérdida de energía térmica

por radiación, siendo una alternativa innovadora en edificación.

2. METODOLOGÍA

La metodología estará enfocada en tres cuestiones: el clima de Madrid, experimentación de los forjados termoactivados y los estores reflectivos:

2.1. CLIMA DE MADRID

Nuestro estudio se concentra en el periodo de primavera, entre los meses de abril y mayo. Las distintas franjas de homogeneidad térmica marcan la variación del clima de Madrid.

Los periodos de MAY + JUN y el de SEP + OCT tienen rangos similares, con temperaturas máximas y mínimas del mismo orden, pero la variación de sus temperaturas va en distintos sentidos, es decir, MAY + JUN con incremento de temperatura viniendo de un período frío como lo es MAR + ABR y en cambio SEP + OCT tiene su temperatura un sentido descendente, viniendo del período más caliente el año y acercándose en su desarrollo al inicio del invierno. Las franjas de homogeneidad térmica en las que está encuadrada nuestra fase experimental son la de marzo-abril y la de mayo-junio.

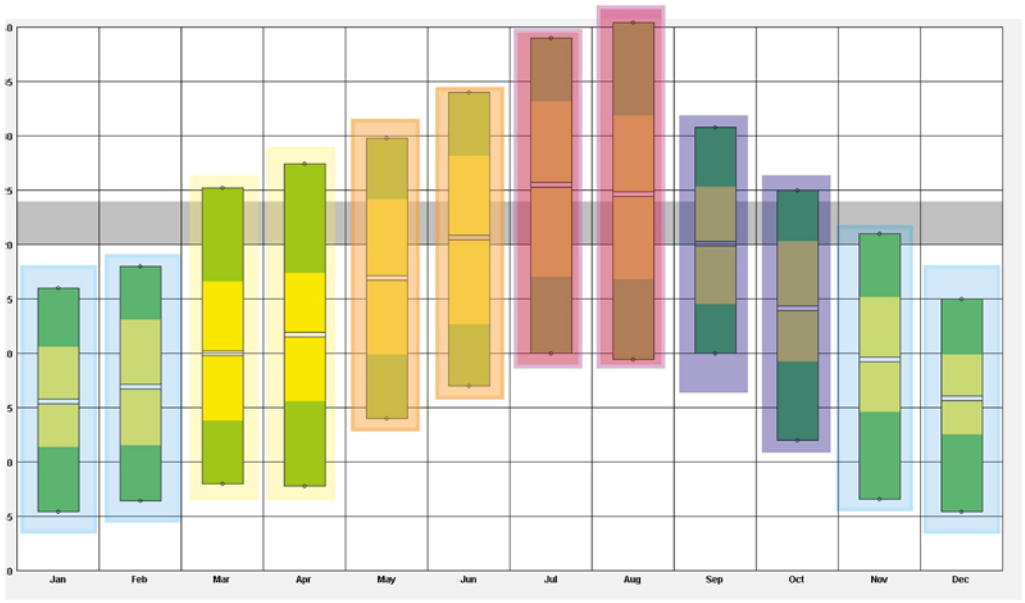


Fig. 8. Franjas de Homogeneidad térmica del clima de Madrid.

2.2. EXPERIMENTACIÓN FORJADO TERMOACTIVADO

Respecto al estudio del forjado termoactivado de sección heterogénea, el plan de trabajo para evaluar el comportamiento térmico en una semana completa de abril se basa en analizar las variaciones de temperatura del forjado tanto en su cara superior como la inferior, en su bovedilla y en su doble vigueta; en contraste con la temperatura interior y exterior de la semana de monitorización.

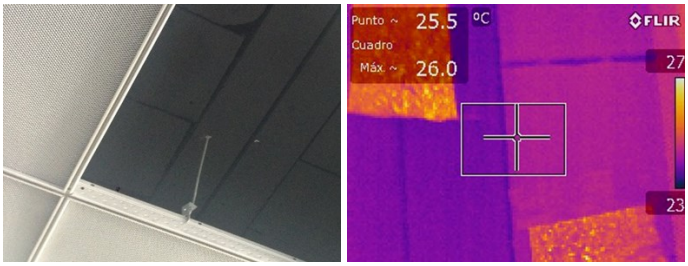


Fig. 9. Toma de imágenes termográficas en la cara inferior de forjado.

Al ser un edificio de oficinas, tiene momentos de uso bien diferenciados lo que marcará distintas ganancias de calor y de recarga energética del circuito. En función de los datos obtenidos a través de tomas termográficas, dispositivos de medición in-situ y la información producto de la monitorización propia del edificio, se desprenderán conclusiones para evaluar el proceso de integración de este modelo heterogéneo.

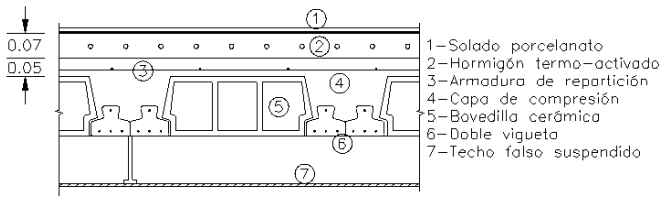


Fig. 10. Caracterización del forjado de sección heterogénea.

Mediante la cámara termográfica se han obtenido durante la semana de medición, temperaturas de las superficies:

- Solado porcelanato (Cámara 1)
- Doble vigueta (Cámara 2)
- Bovedilla cerámica (Cámara 3)

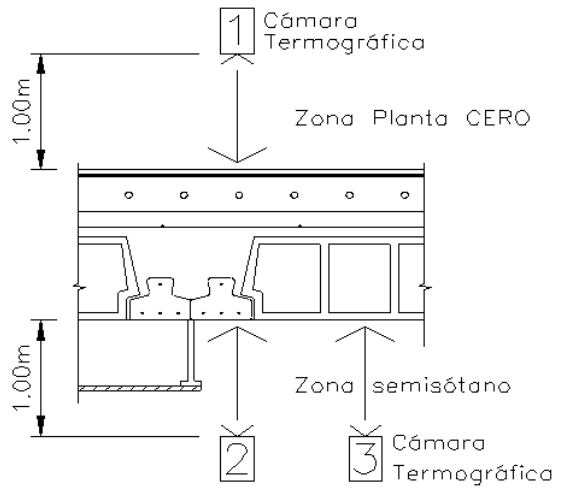


Fig.11. Posición de tomas termográficas.

Mediante el sistema de monitorización se han obtenido las siguientes temperaturas:

- Temperatura interior (para este estudio, planta semisótano y planta cero)
- Temperatura exterior
- Humedad relativa exterior
- Temperatura de retorno del fluido del forjado termoactivado
- Temperatura superficial del forjado termoactivado (para este estudio, planta semisótano y planta cero)

Se hace un seguimiento de una semana a los componentes fundamentales de la cara inferior del forjado, las viguetas y las bovedillas sobre el semisótano y al solado de la cara superior del forjado, correspondiente a la planta cero. Con los datos recabados, se realizan una serie de tablas donde se estructuran las mediciones de los distintos estados del edificio en función de los días y horarios de la medición, a fin de poder establecer una línea de comportamiento térmico.

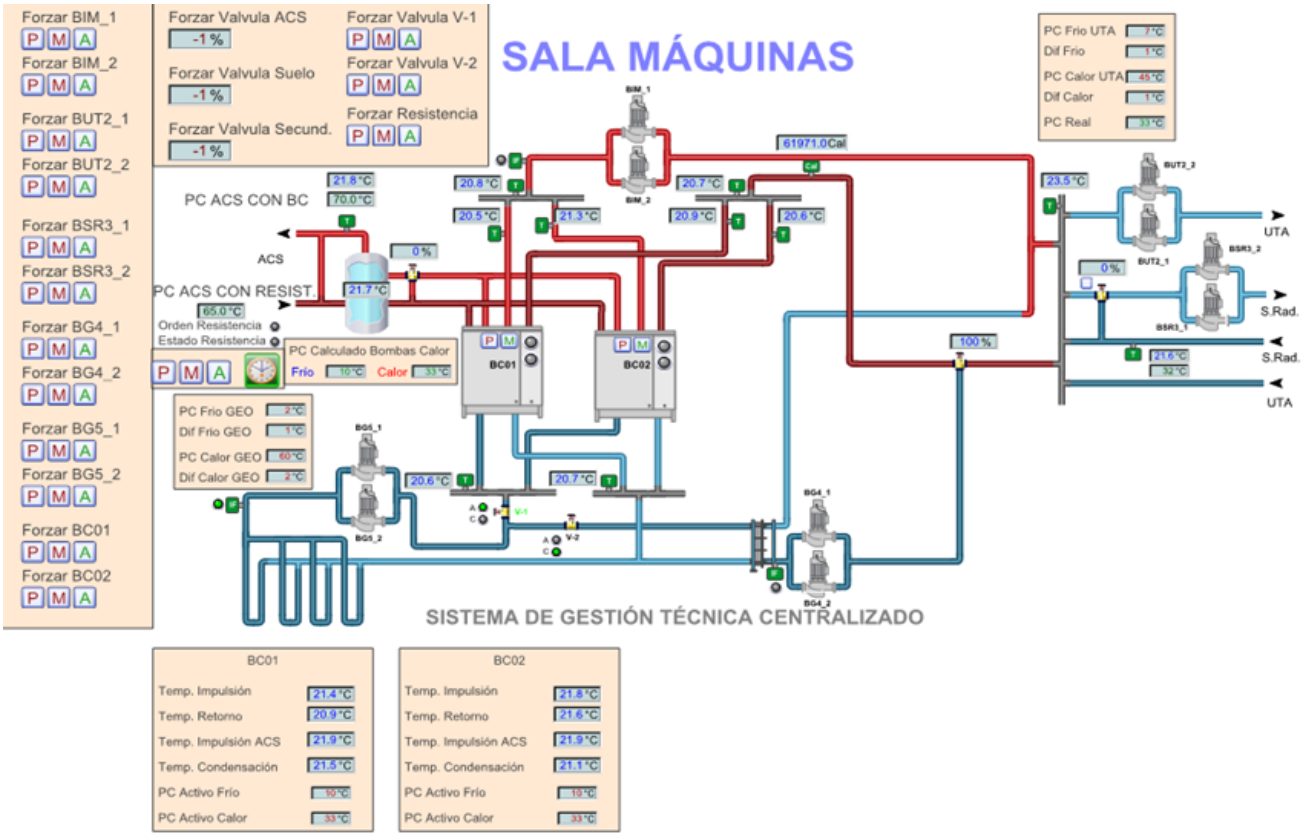


Fig. 12: Esquema Sistema de monitorización del edificio Apolonio Morales Nº29

2.3. EXPERIMENTACIÓN ESTORES REFLECTIVOS

Este proyecto de investigación se enfoca en analizar la cara Este del edificio, fachada formada por grandes ventanales de vidrio, y protegidos a su vez por lamas móviles horizontales que regulan la entrada de sol. Para determinar la influencia de los estores reflectivos como estrategia de eficiencia energética, se la realizará en dos fases experimentales: *toma*

de datos "in situ" y experimentación de laboratorio.

La toma de datos "in situ" pretende realizar un proceso experimental a través de sensores y equipos de medición térmica para la medición de los siguientes parámetros: temperatura interior, temperatura exterior, temperatura intersticial vidrio-estor, temperatura interior próxima al estor.

El edificio Apolonio Morales N°29 es una edificación que posee zonas diáfanas y muy difíciles de controlar, para ello, se identifica las múltiples zonas con las variables de temperaturas que dependiendo de su ubicación hacia el forjado o hacia el techo varía debido a la radiación por masa térmica, así mismo hacia las paredes posteriores y hacia la fachada se presentan variaciones significativas de temperaturas (Fig. 13).

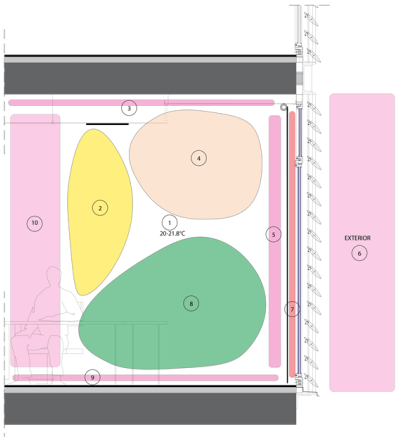


Fig. 13: Esquema de las diferentes temperaturas en un ambiente tipo. Fuente: Autores.

Los estores ubicados junto a la fachada acristalada Este, genera una barrera térmica, la misma que permite que la energía ganada por radiación solar y por ganancias internas puedan reflectarse al interior del edificio, de esta manera la en la figura 14, se puede observar os flujos de temperatura que se genera en una cámara abierta donde el estor es el principal elemento de amortiguamiento. El edificio posee lamas exteriores que permiten regular la incidencia del sol durante el día, por lo que no se tomará como análisis dichos elementos, siendo lo estores una estrategia de invierno, y utilizada durante la noche.

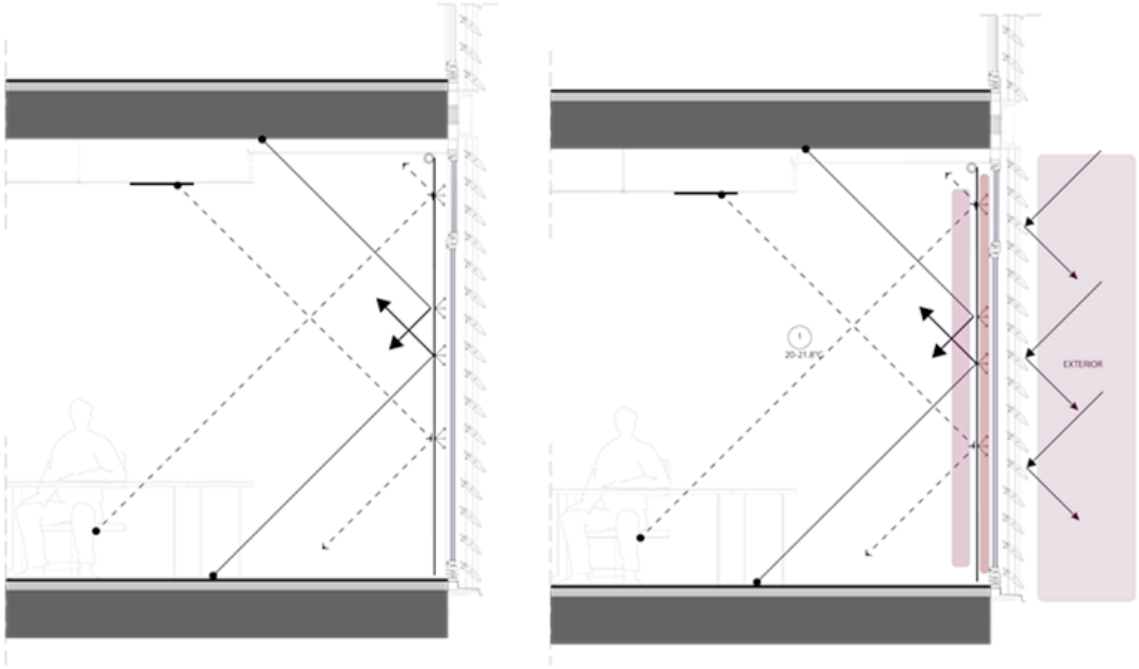


Fig. 14: Energía reflejada por radiación por masa térmica y ganancias internas. La imagen de la derecha representa la zona de influencia del estor reflectivo.. Fuente: Autores.

En la segunda fase de experimentación se ha realizado un proceso de prototipado en el laboratorio de eficiencia energética y medio ambiente, con diferentes escenarios: Primero, escenario planteado con una sola lámina de vidrio con papel adhesivo en la cara exterior, segundo, una sola lámina de vidrio y las pegatinas hacia el lado interno del prototipo, tercero, dos láminas de vidrio y adhesivos en la capa interna entre los dos vidrios, cuarto, una lámina de vidrio más la colocación de estores reflectivos de poco coste, y finalmente, quinto, una lámina de vidrio más una lámina diferente de estor.

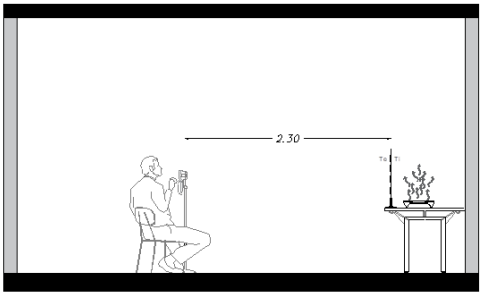


Fig.15. Esquema general de la experimentación de estoras en laboratorio.

El vidrio traslucido posee una particularidad muy distinta a todas a otros materiales y su complejidad de análisis es muy alta, debido a que sus temperaturas varían de acuerdo a cada una de las zonas que lo conforman, esto supone un trabajo más riguroso en el cálculo de las temperaturas que se intercambian por este. La tecnología termográfica permite detectar las temperaturas de un material tomando en cuenta muchos factores, entre ellos la emisividad del material, la humedad, la temperatura y la distancia entre la cámara termográfica y el material a medir. La emisividad del material está ampliamente analizada por múltiples autores, sin embargo, su correcto uso e identificación ha sido causa para que los trabajos realizados tengan un cierto grado de desconfianza, ya que en una imagen existen un número determinado de materiales que lo componen. Esto obliga a que el investigador o profesional dedicado a este campo debe caracterizar cada uno de los materiales y tomar como base emisividades conocidas para detectar materiales difíciles de identificar, tal es el caso del vidrio. En nuestro prototipo se posee un vidrio de dimensiones de 0.8 x 1.1 metros y un espesor de 6mm, a este se le han colocado dos láminas de papel aluminio pegadas con cinta aislante blanca quedando expuesta hacia la toma de la cámara termográfica, seguido a esto se ha colocado estratégicamente adhesivos de papel ubicados en tres filas y tres columnas, esto permite a que el vidrio pueda ser caracterizado en varios puntos de toda su superficie. (Fig. 16).

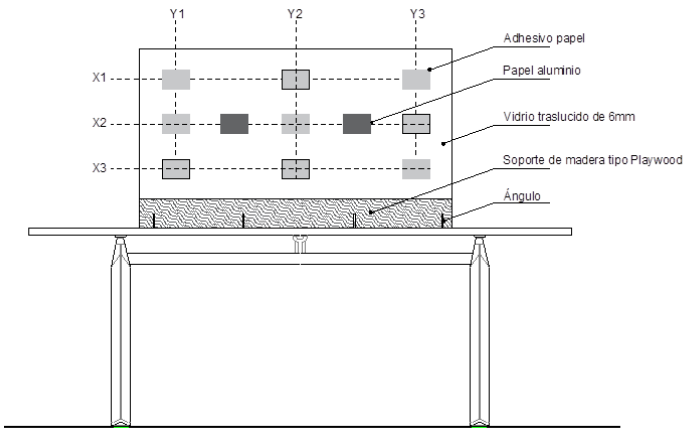


Fig. 16: Esquema de mediciones superficiales en el vidrio. Fuente: Autores.

En las figura 17, se puede observar la experimentación del primer escenario donde se proyecta una fuente de calor en un lado del vidrio y posterior a ello, se miden mediante tecnología termográfica las temperaturas superficiales. Para la medición se tienen en cuenta la temperatura ambiente al interior y al exterior del vidrio, la distancia de toma de la fotogrametría, la humedad relativa.

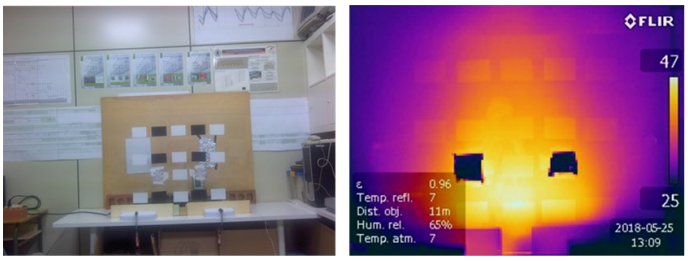
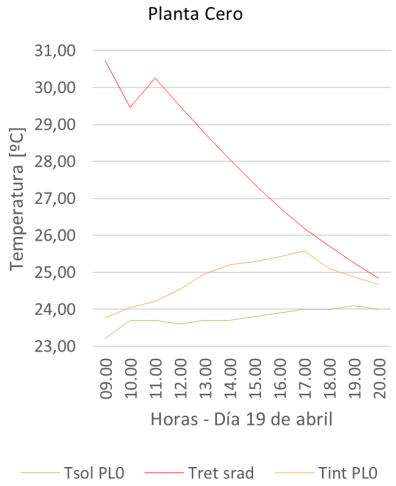


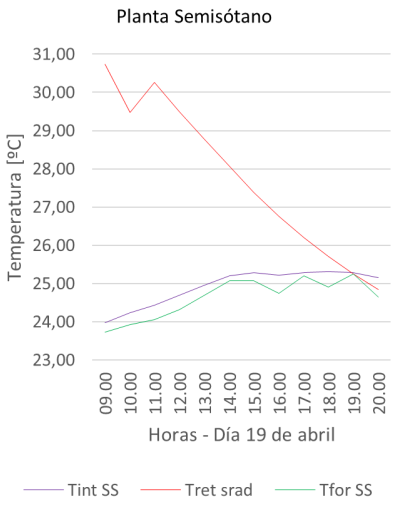
Fig. 17: Ensayo en laboratorio de la influencia de estores. Fuente: Autores.

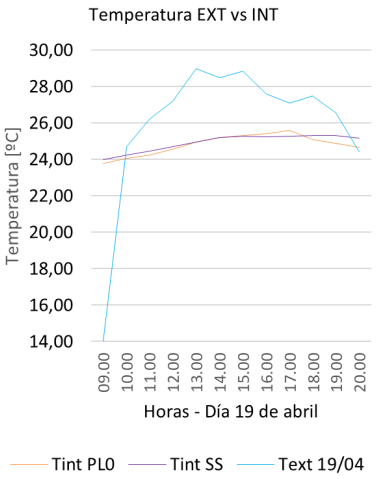
Para la toma de la temperatura de la cara interna del vidrio se plantea una nueva medición que se la conoce como escenario 2, el mismo trata de simular la temperatura superficial en tres ejes horizontales y tres ejes verticales. Al ser un ensayo a cámara abierta es preciso mencionar que se toma datos cada 6 tomas de datos cada 10 minutos.

3. RESULTADO

3.1. FORJADOS TERMOACTIVADOS







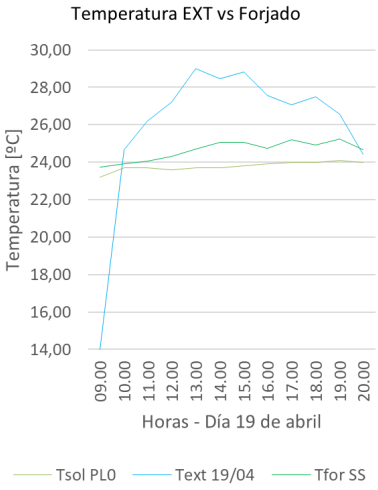


Fig. 18: Comportamiento del forjado, día 19 de abril de 2018

Los dos primeros gráficos, relacionan la temperatura de retorno del fluido que circula por los forjados versus las temperaturas medidas in-situ Tsol PL0 y Tint SS con una cámara termográfica y las arrojadas por el sistema de monitorización del edificio, las Tint PL0 y tint SS.

La Tfor SS surge de la ponderación en función del área de influencia, de la temperatura medida en la vigueta y la bovedilla.

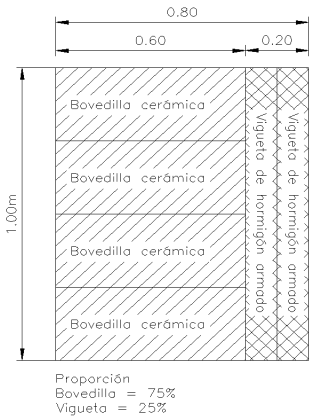


Fig. 19. Proporción geométrica entre bovedilla y vigueta.

Se puede observar como a lo largo del día disminuye la temperatura de retorno del fluido (Tret srad), entregándole calor al forjado. Esta transferencia de calor se traduce en el aumento de temperatura de este (Tsol PL0 y Tfor SS) y por ende del ambiente (Tint PL0 y Tint SS). Las distintas pendientes de las curvas, marcan el comportamiento térmico de los diferentes materiales.

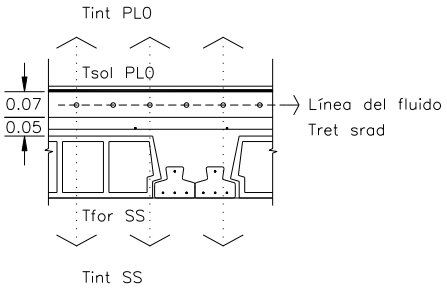


Fig.20. Temperaturas del forjado.

La mayor pendiente de Tfor SS en comparación de Tsol PL0, refleja una respuesta más lenta del circuito hacia el ambiente inferior, el semisótano. Esto se explica con el sentido ascendente de un flujo de elevada temperatura.

Los dos gráficos inferiores de la figura 21, relacionan la variación a lo largo del día de la temperatura exterior en relación con la temperatura interior y del forjado en estudio. Queda en evidencia la lenta respuesta del edificio en relación a la variación exterior de la temperatura, provocando el amortiguamiento térmico.

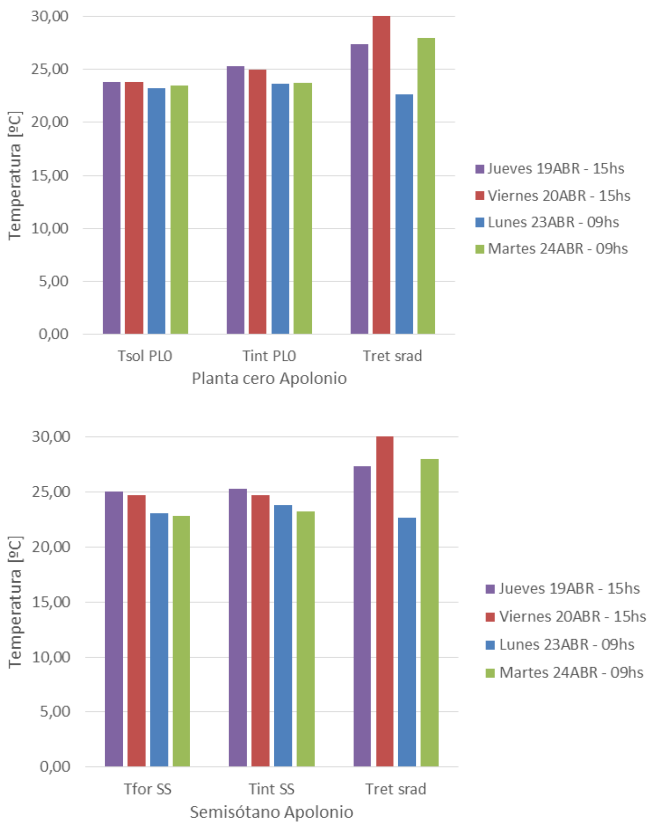


Fig. 21. Temperaturas del forjado vs. Temperaturas del fluido

Los gráficos de la figura 21, corresponden al comportamiento térmico del semisótano y de la planta cero del edificio durante cuatro días: jueves, viernes, lunes y martes, sin considerar sábado y domingo donde la actividad del edificio es interrumpida.

Tsol PL0 se mantiene constante, prácticamente no perdió temperatura. Similar es el caso de Tfor SS, con una leve variación, del orden de 1-2 grados.

Las Tint SS y PL0 también tienen una variación mínima, lo que respalda lo dicho anteriormente, respecto a la inercia del edificio y su lenta respuesta.

La lectura más significativa es para Tret srad, donde el fluido alcanza su temperatura máxima el viernes y el lunes siguiente comienza la semana con una temperatura sensiblemente menor, lo que se traduce en una descarga del sistema durante el fin de semana. Para el martes, el sistema ya se recarga alcanzando valores de la semana anterior.

3.2. PROCESO DE ESTORES REFLECTIVOS

El proceso experimental se lo ha cumplimentado de acuerdo con una planificación estratégica, de la cual se ha obtenido diferentes resultados dependiendo del escenario planteado:

El **escenario experimentación en laboratorio** es un proceso que se lo ha llevado a través de estrategias rigurosas. En las gráficas siguientes se muestran los resultados de la temperatura en los diferentes puntos y ejes del vidrio (descritos en la fig.16) se puede observar en la primera gráfica la temperatura ambiente interna y externa, lo que dependiendo la ubicación de la fuente de calor la temperatura varía. Las temperaturas en el primer escenario actúan de acuerdo a la distancia de la fuente de energía radiante.

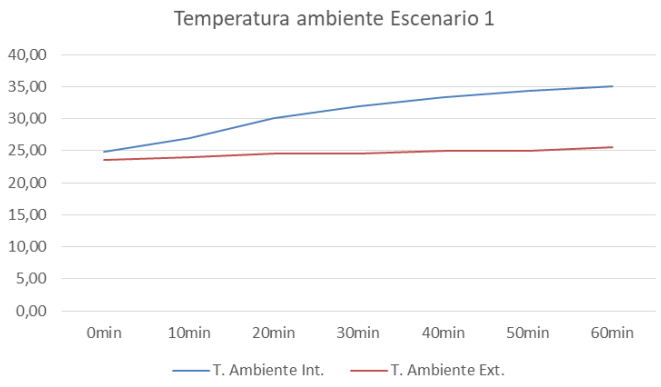


Fig. 22. Gráficas que representan las mediciones de temperaturas superficiales del vidrio.

En la gráfica siguiente evidencia que la medición a los 10 minutos registra la temperatura más baja en el eje inferior, mientras que la serie medida a los 60 min., es la que mayor temperatura alcanza, al igual que el escenario 1, la temperatura ambiente es sensible de acuerdo a la fuente de energía radiante colocada para os ensayos, y debido a que las cámaras son de diferente dimensión.

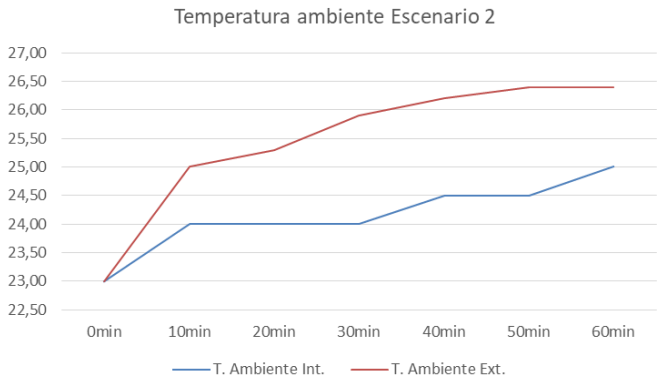


Fig. 23. Gráficas que representan las mediciones de temperaturas superficiales del vidrio.

En la Figura 24 se reflejan los resultados de las temperaturas medidas en los diferentes puntos del vidrio, los valores de los extremos son más bajos debido a que a fuente de energía es central y emite energía radiante que se propaga en el vidrio de manera radial. Las temperaturas internas son las consideradas donde esta la fuente de calor, para el primer caso se ensayo en un espacio interno con una separación de menos de 1 metro, y para medir las temperaturas superficiales internas se ensayo con un espacio mucho más amplio, ello ocasiona que la temperatura se propague a un espacio más amplio generando una temperatura superficial del vidrio más baja que la externa.

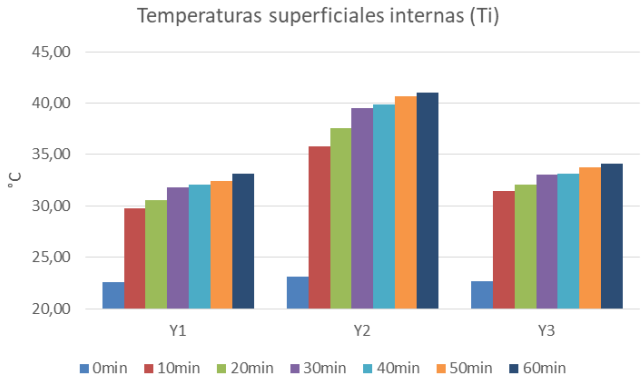


Fig. 24. Temperaturas promedio según rango de medición de temperaturas superficial internas de vidrio.

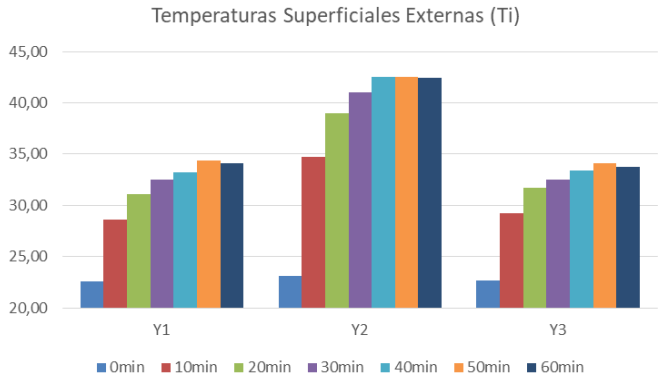


Fig. 25. Temperaturas promedio según rango de medición de temperaturas superficial externas de vidrio.

Al comparar el promedio general de la temperatura superficial interior y la temperatura superficial exterior se puede observar que existe un cambio más pronunciado en los primeros minutos de medición, así mismo la temperatura exterior supone mayor temperatura debido a que la cámara de análisis es de menores dimensiones que la interna.

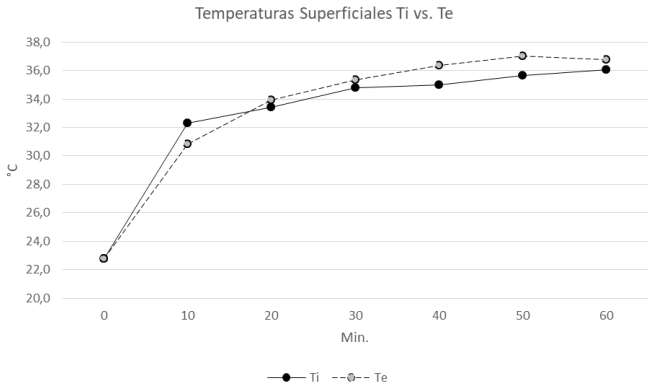


Fig. 26. Compendio final de temperaturas superficiales Ti y Te.

4. CONCLUSIONES

- El edificio Apolonio Morales N°29 al ser un edificio que mantiene estrategias óptimas de gestión energética, aún es necesario implementar nuevos sistemas que permitan potencializar su eficiencia energética pudiendo gestionar de mejor manera las ganancias internas y la masa térmica interior, sin tener que influir en contra del confort del ser humano.
- Los estores reflectivos a cámara abierta en el edificio de estudio suponen una mejora sustancial como estrategia de invierno para evitar la pérdida de energía ganada por radiación, lo que permite que el edificio mantenga una temperatura de confort reduciendo el consumo de calefacción.
- Después de haber realizado ensayos de en laboratorio, se puede demostrar que en la actualidad el uso de barreras térmicas anti-reflectivas en el interior de edificios supone una solución económicamente viable para reducir la pérdida de energía térmica por radiación en el edificio Apolonio Morales N°29.
- La estabilidad térmica de la estructura termo-activada en actuación conjunta con la envolvente del edificio, evitan vaivenes de temperatura, logrando mantener los estándares exigidos de confort.
- Las condiciones térmicas del interior del edificio en relación con las variaciones de temperatura del fluido que circula por el forjado, no se vieron afectadas ante un pequeño periodo de descarga del sistema.
- Con la utilización de un forjado termo-activado como estrategia de climatización de un edificio, se logra un intercambio energético que estará condicionado por la respuesta inercial y las características térmicas de cada material que compone el elemento radiante.

5. FIGURAS Y TABLAS

TEMPERATURA SUPERFICIAL INTERNA					
N° de Ensayo	Hora	Ejes	Y1	Y2	Y3
0	0min	X1,X2,X3	22.60	23.07	22.63
1	10min	X1,X2,X3	29.73	35.77	31.43
2	20min	X1,X2,X3	30.60	37.60	32.10
3	30min	X1,X2,X3	31.77	39.50	33.07
4	40min	X1,X2,X3	32.03	39.83	33.13
5	50min	X1,X2,X3	32.43	40.70	33.77
6	60min	X1,X2,X3	33.13	41.00	34.10

Tabla 1 . Valores promedio en la temperatura superficial interna.

TEMPERATURA SUPERFICIAL EXTERNA					
N° de Ensayo	Hora	Ejes	Y1	Y2	Y3
0	0min	X1,X2,X3	22.60	23.07	22.63
1	10min	X1,X2,X3	28.57	34.70	29.23
2	20min	X1,X2,X3	31.07	39.00	31.67
3	30min	X1,X2,X3	32.50	41.00	32.53
4	40min	X1,X2,X3	33.20	42.50	33.37
5	50min	X1,X2,X3	34.33	42.53	34.13
6	60min	X1,X2,X3	34.07	42.43	33.77

Tabla 2. Valores promedio de la temperatura superficial externa.

6. REFERENCIAS

[1] G. JIFAN. The Next Energy Revolution is Here. , 2017 Available from:https://www.weforum.org/agenda/2017/09/next-energy-revolution-already-here/.

[2] Cálculo de parámetros característicos de la envolve nte. Da Db-He / 1.

[3] China just Switched on the World's Largest Floating Solar Power Plant. [viewed Apr 11, 2018]. Available from:https://www.weforum.org/agenda/2017/06/china-worlds-largest-floating-solar-power/.

[4] RODRIGUEZ-UBINAS, E., et al. Passive Design Strategies and Performance of Net Energy Plus Houses. , 2014 Available from: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778814003430 ISBN 0378-7788. DOI //doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.03.074.

[5] PUERTOLAS, R. Influencia De Las Estrategias Pasivas De La Envolvente En El Confort Térmico De Un Edificio Bioclimático. Universidad Politécnica de Madrid, 2017.

[6] D. Sánchez, C. Sánchez-Guevara and C. Rubio. El Enfoque Adaptativo Del Confort Térmico En Sevilla = the Adaptive Approach to Thermal Comfort in Seville. Anales De Edificación, Apr 1, 2016, vol. 2, no. 1. pp. 38-48. Available from: https://doaj.org/article/ca71d3c99d08496fbe2c3e711e647c6a ISSN 2444-1309. DOI 10.20868/ade.2016.3197.

[7] VILLANUEVA, A. Guía Sobre Estructuras Termoactivas Y Sistemas Inerciales En La Climatización De Edificios . , Madrid, 2014.

[8] PEREDA, L. Integración De Sistemas Termoactivos Para Eficiencia. Principios Y Caos. Guía Sobre Estructuras Termoactivas Y Sistemas Inerciales En La Climatización Del Edificio., Madrid, 2014. pp. 162.

[9] ROMANÍ, J., DE GRACIA, A. and CABEZA, L.F. Simulation and Control of Thermally Activated Building Systems (TABS). , 2016 Available from: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778816304261 ISBN 0378-7788. DOI //doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.05.057.

[10] PARK, S.H., CHUNG, W.J., YEO, M.S. and KIM, K.W. Evaluation of the Thermal Performance of a Thermally Activated Building System (TABS) According to the Thermal Load in a Residential Building. , 2014 Available from: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778814000310 ISBN 0378-7788. DOI //doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.01.008.

[11] GIMÉNEZ MOLINA, C. Alternativas Para La Mejora De La Eficiencia Energética De Los Acristalamientos: Los Vidrios Dinámicos. Madrid: Fac. de filos. y letras, 2011.

WHAT DO YOU THINK?

To discuss this paper, please submit up to 500 words to the editor at bm.edificacion@upm.es. Your contribution will be forwarded to the author(s) for a reply and, if considered appropriate by the editorial panel, will be published as a discussion in a future issue of the journal.