

Study about Apolonio Morales 29 office building. Horizontal slats shading system

Estudio sobre el edificio de oficinas Apolonio Morales 29. Sistema de sombreado de lamas horizontales

FERNANDO VALVERDE VILLAR

Universidad Politécnica de Madrid.
fernando.valverde.villar@alumnos.upm.es

SILVIA SBISÁ

Universidad de Bari.
s.sbisá@alumnos.upm.es

RICARDO TENDERO CABALLERO

E.T.S. Edificación. Universidad Politécnica de Madrid.
ricardo.tintero@upm.es

The study of the parameters that affect the optimal building energetic use and solar gaining is crucial for a correct building design. A key factor is to manage the direct daylighting to handle the heating and cooling loads needed to keep in the comfort temperatures.

This article's objective is to study the horizontal slats system installed on the east façade of the Eneres enterprise building, located in Apolonio Morales st. 29, Madrid. The purpose is to set up a control system to control the slats' position based on climate parameters to handle the incident daylighting.

The study starts with the Design Builder model carried out by R. Laera. It is leveraged to make the programme simulations that it'll be used to test the building performance.

The results will be given by the comparison of the programme simulations results about the chosen configurations. They will be: the slats configured in manual mode, as they are actually in the building, the slats' angle programmed according to the sun azimuth, and the building without slats. All of them simulated in the week that R. Laera studied and in a week of July.

In summary, there is not many variation among the manual slats and the programmed, but there is an acceptable difference between the building without the slats and the others

Thermal envelope, Slats, Thermal comfort, Programming

El estudio de los parámetros que afectan a la óptima utilización de la energía y la captación solar de los edificios es crucial para un correcto diseño del edificio. Un factor clave es gestionar la incidencia solar directa para controlar las cargas de calefacción y refrigeración necesarias para mantener la temperatura de confort.

El objetivo de este trabajo es el estudio del sistema de lamas horizontales que encontramos en la fachada este del edificio de la empresa Eneres, situado en la calle Apolonio Morales 29, Madrid. El fin es establecer un sistema de control de su posición en función de los parámetros climáticos para gestionar la luz solar incidente.

El estudio parte del modelo en Design Builder que realizó R. Laera del edificio en cuestión, y se aprovecha para realizar las simulaciones en las que comprobaremos el comportamiento del edificio.

El resultado del estudio vendrá dado por la comparación de los resultados obtenidos en dichas simulaciones con las configuraciones elegidas, que serán: lamas en modo manual, lamas en modo programado con orientación solar y el edificio sin lamas. Todas ellas en la semana de invierno desarrollada por R. Laera y una semana elegida de julio.

Como resultado obtenemos que hay muy poca diferencia entre el edificio con lamas de manera manual, como se encuentra actualmente, y sistema de lamas programado. Pero sí existe variación entre el edificio sin lamas y las otras dos variantes.

Envoltente térmica, Lamas, Confort térmico, Programación

1. INTRODUCTION

Debido a que Madrid se encuentra a una altura de 650 metros sobre el nivel del mar, esta ciudad experimenta

temperaturas muy diferentes en el verano y el invierno. El clima en Madrid es mediterráneo-continental por lo que es predominantemente seco, lloviendo en mayor medida en los meses de invierno.[1].

Además, el clima más cálido y agradable se disfruta entre mayo y mediados de julio, cuando las temperaturas promedio están entre los 20 y los 32 grados Celsius (68°F - 90°F). En la temporada del verano, entre los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre.

Desde junio hasta finales de julio y durante todo agosto, puede hacer mucho calor con temperaturas que a veces llegan a los 40 grados Celsius (100°F), mientras que las temperaturas nocturnas permanecen alrededor de los 18 grados Celsius (64°F). No obstante, el clima de Madrid es muy poco húmedo, lo que hace que las altas temperaturas sean más fáciles de tolerar.

Septiembre es un mes agradable, con temperaturas que vuelven a bajar alrededor de los 25 grados Celsius (77°F). Octubre es todavía bastante cálido, con una temperatura diurna promedio de 20 grados Celsius (68°F), por lo que sigue siendo una época agradable para visitar Madrid [2].

Sin duda el factor que mayor influencia tiene a la hora de que se produzcan estas temperaturas es la incidencia de la luz solar. Es la mayor fuente de energía procedente del exterior del edificio que podemos encontrar, y su presencia es un aspecto positivo en momentos en los que necesitamos aporte de energía al interior para conservar las condiciones de confort, pero también es un factor negativo cuando lo que necesitamos es expulsar ese exceso de energía en el interior del edificio.

Para lograr un equilibrio entre estas dos necesidades se han ideado los sistemas de sombra. Sistemas, generalmente pasivos, pero que cada vez más cuentan con capacidad de movimiento y adaptación al momento y a los parámetros que encontremos, y que ayudan sobre todo a frenar ese exceso de entrada de luz solar que provoca el aumento de la temperatura en el interior del edificio.

Esto supone una atenuación de las cargas de calefacción del edificio, un aspecto muy positivo. Pero también supone que las cargas de refrigeración aumentan al aumentar la energía que incide en el interior además de tener una temperatura exterior elevada.

2. ESTADO DEL ARTE

Los edificios ocupan el 40% de la energía que se consume en todo el mundo. Es por esto que reintroducir y conducir la luz solar puede ser un principio importante para implantar nuevos diseños sostenibles y más eficientes.

Para ello debemos tener en cuenta las necesidades de luz, las cargas provocadas por la ganancia solar, las preferencias visuales de los usuarios y los reflejos de la propia luz. [3].

El estudio de los parámetros que afectan a la óptima utilización de la energía y la captación solar de los edificios es crucial para un correcto diseño del edificio [4]. Un sistema de

gestión de la luz solar debe incluir aspectos como las aberturas o huecos en la fachada, el esmaltado de los elementos y los elementos de sombra. Todos los que afectan a la ganancia solar, a la transmisión de calor y la infiltración. En este trabajo nos centraremos en los dispositivos de sombra.

El factor clave en el diseño de los dispositivos de sombra es controlar la incidencia solar directa, para así disminuir la carga de enfriamiento necesaria para mantener las condiciones de confort y, al mismo tiempo, obtener la suficiente luz dentro del edificio.

La principal discusión sobre estos dispositivos es si se deben colocar en el interior o en el exterior de la fachada. Si se encuentran en el exterior, son más efectivos para bloquear la radiación solar, ya que esta no llega a traspasar la envolvente del edificio a través del acristalamiento.

Cuando se encuentran en el interior, la radiación infrarroja irradiada de las caras interiores no puede escapar a través del acristalamiento lo que genera un sobrecalentamiento en épocas de altas temperaturas y gran radiación solar. En el local estudiado, sin un dispositivo de sombra, las cargas de refrigeración son de 5,7 MW/h y el ahorro de energía es máximo con un ángulo de lamas de 0°.

Entre los varios sistemas de sombra estudiados, en "Comparative advantage of an exterior shading device in thermal performance for residential buildings" por Kim et al. se demuestra que el sistema más eficiente es el sistema de lamas: con un ángulo de 0° se ahorra un 70% con una carga de refrigeración de 1,7MW/h, mientras que con un ángulo de 60° es de 5,0MW/h. Incluso, el máximo valor de la carga con cualquiera de los sistemas estudiados, es menor que el menor de los valores obtenidos con el sistema de persianas convencional [3].

En *The Impact of Shading Type and Azimuth*, Kyung Sun Lee et al. realizan un estudio con lamas horizontales en el cual los resultados arrojan que los valores medios de autonomía de luz solar son mayores al sur (76,6%) y los valores descienden según nos acercamos al norte. La diferencia entre el mínimo y el máximo es muy apreciable, lo que nos indica que las lamas tienen un efecto muy significativo en cuanto al paso de la luz solar se refiere. [4].

3. ESTADO ACTUAL DEL EDIFICIO

El caso de estudio es el resultado de una reforma realizada a manos del arquitecto Luis de Pereda, sobre un edificio de oficinas de los años noventa, situado en la calle Apolonio Morales 29, cerca del paseo de la Habana, en la ciudad de Madrid. Actualmente, es la sede de una empresa de construcción, Eneres, la misma que llevó a cabo dicha actuación. Se puede decir que es un ejemplo de edificio sostenible en Madrid. La parcela en el que se ubica el edificio de oficinas tiene forma de trapecio regular, con una superficie de 507 m².



Fig. 1. Edificio en la calle Apolonio Morales, 29.

El edificio de oficinas existente es un prisma rectangular, parcialmente escalonado, al retranquearse la planta superior en el lado norte, que consta de tres plantas diáfanas destinadas al uso de oficinas, dos sobre la rasante de la calle y una en el sótano. En la planta sótano, en la cota -4,90 m, el espacio situado debajo de la rampa se usa como comedor de empleados, cocina y archivo pesado. La planta baja, a cota -1,50 m, es totalmente diáfana y la planta alta, a cota +1,90 m, cuenta además con un aseo y un oficio-cocina.

La estructura está resuelta con pilares y vigas de hormigón, forjados reticulares de hormigón en la cubierta y las plantas superiores y forjado sanitario de vigueta en la planta sótano. La cimentación, según el proyecto original, con pilotes y el muro del patio trasero, con hormigón.

Las partes ciegas de la fachada están revestidas con un aplacado de mármol travertino y prácticamente toda es acristalada y resuelta con una carpintería sencilla de tubo de aluminio anodizado en color rojizo, y rematada, a lo largo de toda la parte superior, con una pieza semicilíndrica en forma de bóveda corrida de chapa de aluminio anodizado.

La cubierta está resuelta con una solución invertida y transitable. La zona de acceso está cubierta con una pérgola de estructura tubular y placas curvadas de policarbonato celular. El resto de la cubierta está ocupada por la maquinaria de climatización del edificio y el cajón de paneles acústicos que la aísla del exterior.

La distribución interior del edificio está resuelta con tabiquería convencional de fábrica, enlucida, tendida de yeso y pintada, y con mamparas desmontables.

Los falsos techos son de escayola y los pavimentos de tarima de madera, originalmente barnizada y hoy pintada. Los sistemas de instalaciones originales están fuera de las prescripciones de las normativas actuales, son muy poco eficientes y han de ser renovados por completo.

Un edificio que sufrió una rehabilitación para transformarlo

en un excelente ejemplo de gestión energética inteligente, resolviendo tres aspectos fundamentales:

- ◊ Reducir la demanda energética al mínimo posible mediante un diseño con criterios bioclimáticos que potencia las medidas pasivas. Las lamas orientables permiten el control de la aportación solar y la iluminación natural. Los estores interiores ayudan a reducir las pérdidas por radiación.
- ◊ Resolver la cobertura energética con el mínimo consumo, utilizando técnicas de transmisión energética de muy baja temperatura y fuentes de energía renovables. El edificio aprovecha el pilotaje del nuevo aparcamiento automatizado para instalar un sistema de geotermia interconectado con forjados termo-activos, que calientan los espacios en invierno y los enfrían en verano. Además, incorpora en la cubierta un sistema de captación solar que permite atemperar el aire de renovación.
- ◊ Implementar un sistema de gestión operativa y de mantenimiento para cumplir con los objetivos de eficiencia: el edificio cuenta con sistemas de gestión y control que permiten la verificación de los ahorros obtenidos. Además, se desarrolla un plan de gestión operativa y de mantenimiento para adecuar el comportamiento de cada zona del edificio a las condiciones ambientales específicas para cada época del año. El conocimiento adquirido se utiliza para mejorar la eficiencia de los sistemas y reducir el consumo energético del edificio a lo largo de su vida útil.
- ◊ La reducción del consumo energético del edificio, respecto a la situación original, se cifra en un 86 % (de 210 Kwh/ m² año a 30 Kwh/m² año) y la reducción de los costes de mantenimiento es de un 63 %. Además, el proyecto ha supuesto la recuperación de un 15% de superficie, 120 m², infrutilizada y ocupada por instalaciones eliminadas [4].

4. OBJETIVO

El objeto de la investigación está en el estudio de las envolventes del edificio, en particular, del sistema de lamas horizontales situado en la fachada este del mismo, para encontrar posibles soluciones y/o estrategias de uso en función de la temporada, con el fin de establecer un sistema de control de su posición con respecto a los parámetros climáticos estudiados y así poder aprovechar la luz solar indirectamente, evitando la incidencia directa de la radiación.

5. METODOLOGÍA

Este estudio parte del trabajo de investigación realizado por Rossana Laera en el que analizaba exhaustivamente la composición y el comportamiento del edificio. El primer pa-

so es observar sus componentes en general y del sistema de sombra conformado por lamas horizontales, en particular.

En segundo lugar se analizará cómo trabaja el edificio con su configuración actual y por último, se creará en Design Builder un modelo de programación de las lamas innovadora por medio de un plan de motorización.

5.1. MATERIALES: LAMAS

Los componentes para proporcionar sombra en ventanas se pueden seleccionar para el acristalamiento exterior, interior y de cubierta. En este caso se tienen en consideración solo los componentes exteriores. Los sistemas de sombra de las ventanas se encuentran en la fachada este del edificio y se pueden definir como persianas de tabillas, que toman en el programa empleado, *design builder*, el nombre de *AM29_ID_O_S_L_AluminiumSlats_v*.

Las láminas presentes en la fachada este están dispuestas según un sistema comúnmente llamado *briselei*, con orientación horizontal y una distancia de 12 cm entre el vidrio y la lámina.

El material empleado para las láminas es aluminio galvanizado con forma curva y un espesor de 0,025 m, un ancho de 0,22 m y una separación entre ellas de 0,2 m. Se dividen en módulos del mismo tamaño de la carpintería de aluminio, como 1,20 x 2,40 metros. Además existe la posibilidad de variar las inclinaciones, según diferentes opciones de funcionamiento: manual y mecanizado.

5.2. MATERIALES: CARPINTERÍA Y VIDRIO

Existen varias distribuciones de acristalamiento en el edificio. En la fachada este, el acristalamiento es continuo horizontal fijo, que genera en función de una banda horizontal continua, definida por la altura del alféizar y el % ventanamiento. Los vidrios empleados en esta fachada toman en el programa el nombre de *AM29_ID_O_Low-EGlass*. Estos vidrios están dispuestos en una carpintería de aluminio con un ancho de marco de 0,15 metros y compuestos por tres capas: la primera capa, *Generic Pyr b clear*, es un vidrio de 3 mm de espesor con una transmitancia 0,9 W/m²-K, la segunda capa es una cámara de aire de 13 mm y la tercera capa, el mismo vidrio con una transmitancia total de 2,000 W/m²-K.

5.3. UTILIZACIÓN ACTUAL DE LA LAMAS

Actualmente en el edificio, las lamas de la fachada este se utilizan en modo manual y la disposición de las persianas tiene una inclinación de 90 grados. Previos estudios han monitorizado el edificio durante una semana específica: desde el 27 de noviembre hasta el 3 de diciembre. En la

tabla 1 se muestra cómo las lamas se abren a las 8:30 y se cierran a las 21:00 en esa semana.

INVIERNO	
DÍAS	INCLINACIÓN ACTUAL (modalidad manual)
27	90°
28	90°
29	90°
30	90°
31	90°

Tabla 1. Tabla resumen semana estudiada.

5.4. POSIBLE ACTUACIÓN DE LAS LAMAS

El posible empleo de las lamas es establecer un sistema programado previamente, que funcione según los datos climáticos estudiados con el Climate Consultant 6.0. y desde la estación meteorológica ICOMUNID363. La inclinación de las lamas se programa según previos estudios sobre la posición solar, en particular la posición del azimut solar para poder ver si el factor solar está relacionado y establecer la inclinación adecuada. Luego se analiza, por medio de la simulación, la temperatura interna, fig. 4, y la ganancia solar, fig. 5, debida a la radiación solar de la semana específica con la posible motorización del ángulo de incidencia solar.

6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN EN LA TEMPORADA DE INVIERNO

Las análisis estudiadas en la parte de metodología se introducen en el programa Design Builder para ver cómo los parámetros elegidos intervienen en los datos que proporciona el edificio. Luego, el objetivo es comparar la simulación de la misma semana con la modalidad mecánica y con la motorización.

6.1. SIMULACIÓN DE LAS LAMAS: MANUAL

En la fig. 2 se analiza la temperatura interna del aire (de color azul) del edificio, previa simulación, por medio del programa *Design Builder*.

La gráfica muestra la temperatura interna del aire, la radiante, la operante y la temperatura a bulbo seco. Se nota en la fig. 2 tiene picos debidos a las ganancias internas, fig.3, insertadas en el programa. Los datos de ganancias internas (equipos, iluminación, ocupación ..etc.) son datos reales, que se han grabado durante la semana de referencia a través de una actividad de monitorización y la observación directa in situ. Por lo tanto, se estudia la gestión manual se ha insertado un parámetro de control del ángulo de inclinación de tipo programado.

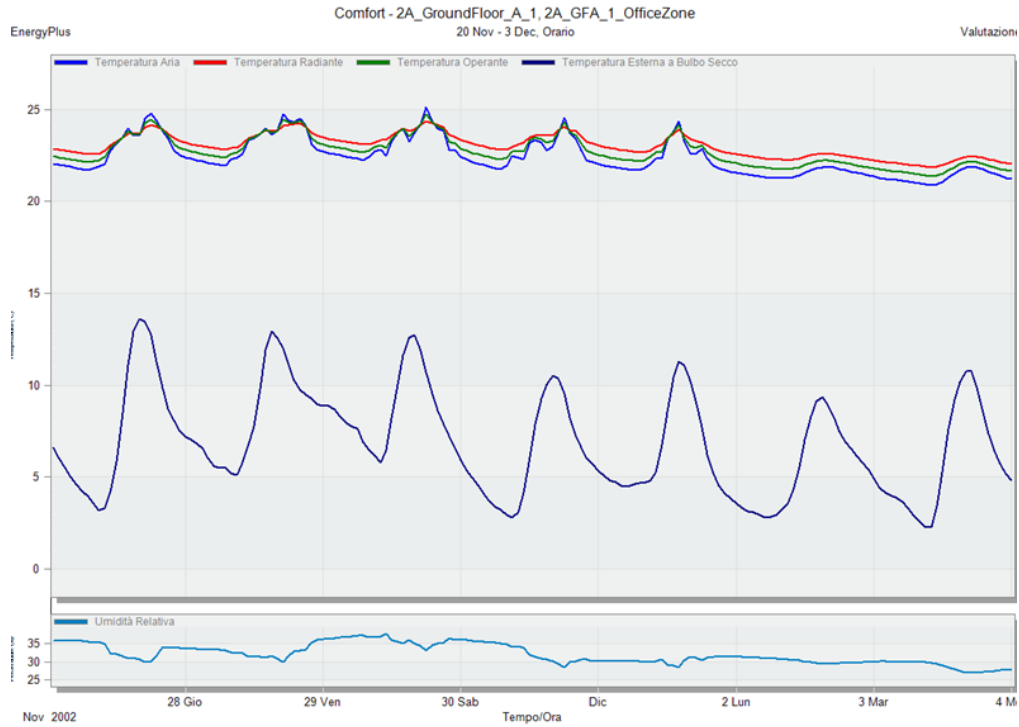


Fig. 2. Simulación del programa Design Builder de la temperatura interna.

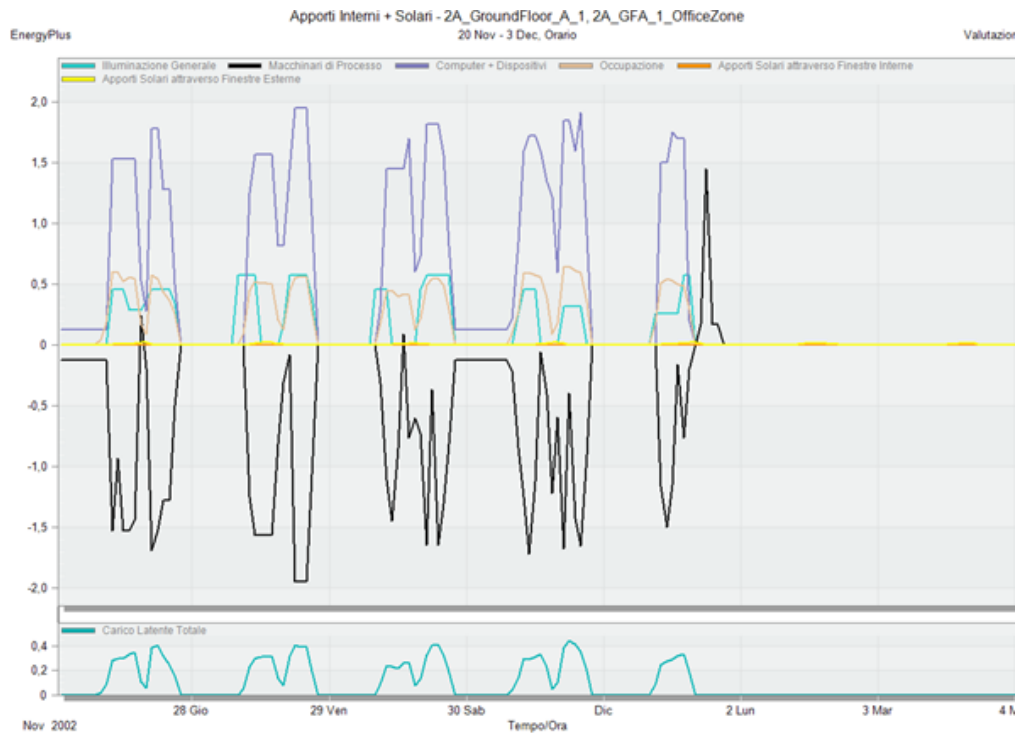


Fig. 3. Simulación del programa Design Builder de la ganancia solar debida a la radiación solar.

6.2. SIMULACIÓN DE LAS LAMAS: AUTOMATIZADA

En esta investigación parece que, analizando la tendencia de las temperaturas internas, el empleo de las lamas automatizadas no afecta de manera significativa sobre la ten-

dencia de las temperaturas y ganancias internas debidas a la incidencia solar. Para la gestión automatizada, el control del ángulo de inclinación se ha puesta sobre: "Bloquear radiación solar directa".

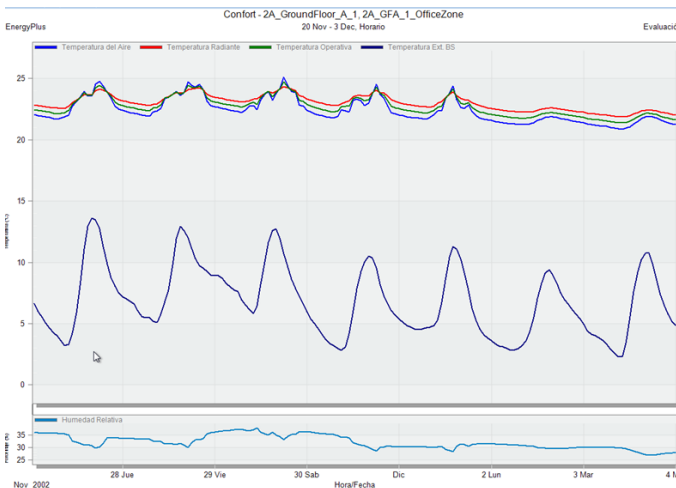


Fig. 4. Simulación del programa Design Builder de la temperatura interna.

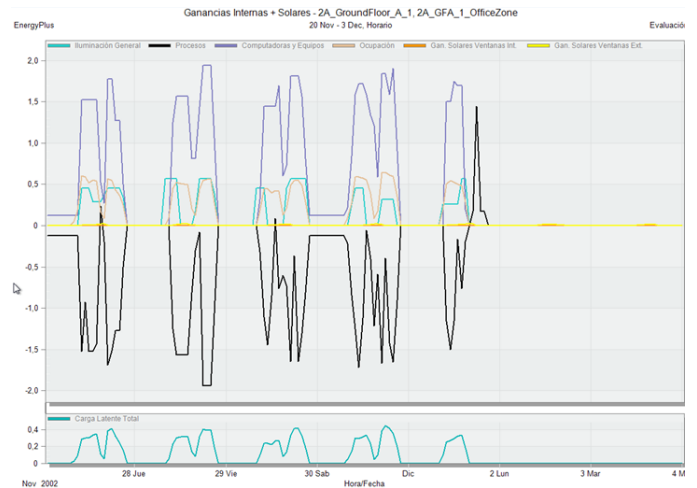


Fig. 5. Simulación del programa Design Builder de la ganancia solar debida a la radiación solar.

7. COMPARACIÓN ENTRE LOS DIFERENTES ESCENARIOS

7.1. COMPARACIÓN DE LA TEMPERATURAS DEL AIRE

Como se puede observar en la fig. 6, se han representado las temperaturas del aire en las tres soluciones: lamas manuales, lamas automatizadas y ausencia de lamas. Se distingue cómo durante la noche y el fin de semana hay una diferencia de temperatura con o sin el empleo de las lamas. De hecho la presencia y el cierre de las lamas por parte de los usuarios al final del día laboral contribuyen a la reducción de la dispersión de calor durante la noche y el fin de semana a través del envoltente.

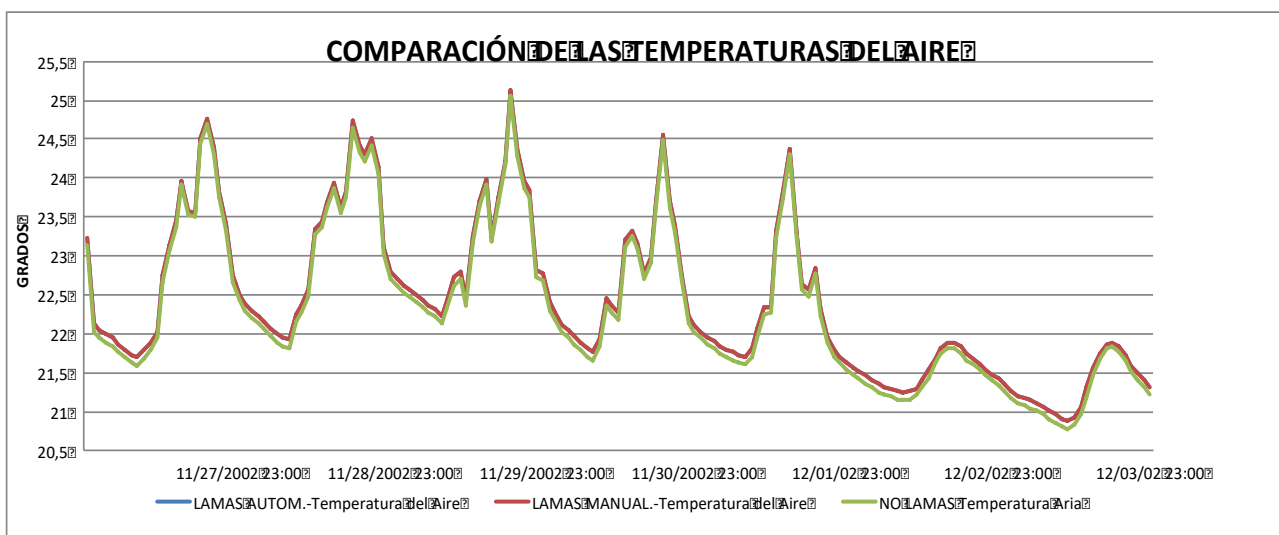


Fig. 6. Resultados de las temperaturas del aire de los diferentes escenarios.

7.2. COMPARACIÓN DE LAS GANCIAS SOLARES

En la figura 7, están representadas las ganancias solares internas en las tres soluciones: lamas manuales, automatizada y en su ausencia. Está claro, que el empleo de las lamas reduce de manera significativa las ganancias solares inter-

nas, que sin embargo, en la temporada de invierno, pueden contribuir a la reducción de consumos energéticos para la calefacción. Tampoco a través del control automatizado se consigue aprovechar las ganancias solares, de hecho las dos gráficas relativas al control manual y automatizado se solapan.

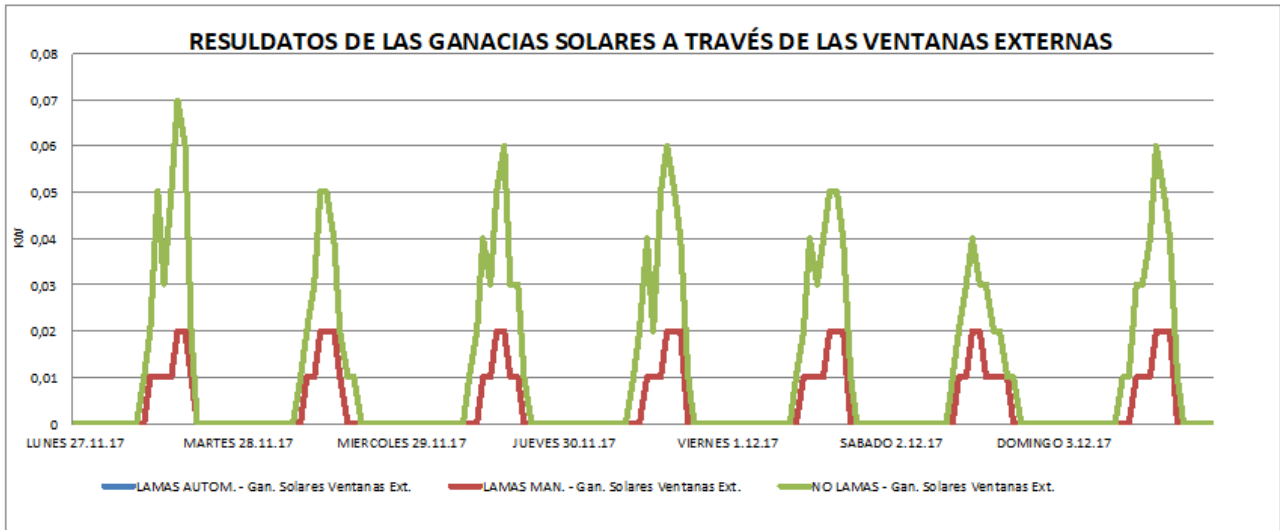


Fig. 7. Resultados de las ganancias solares debida a la radiación solar de los diferentes escenarios.

8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN EN LA TEMPORADA DE VERANO

8.1. SIMULACIÓN DE LAS LAMAS MANUAL

En la fig. 8 se analiza la temperatura interna de aire (de color azul) del edificio, previa simulación, por medio del programa *Design Builder*.

La gráfica muestra la temperatura interna del aire, la radiante, la operante y la temperatura a bulbo seco. Los picos en la fig. 8 son debidos a las ganancias internas, fig.9, insertadas en el programa. Los datos de ganancias internas (equipos, iluminación, ocupación ..etc.) son datos reales, que se han grabado durante la semana de referencia del verano desde el 24 de julio hasta el 31 de julio.

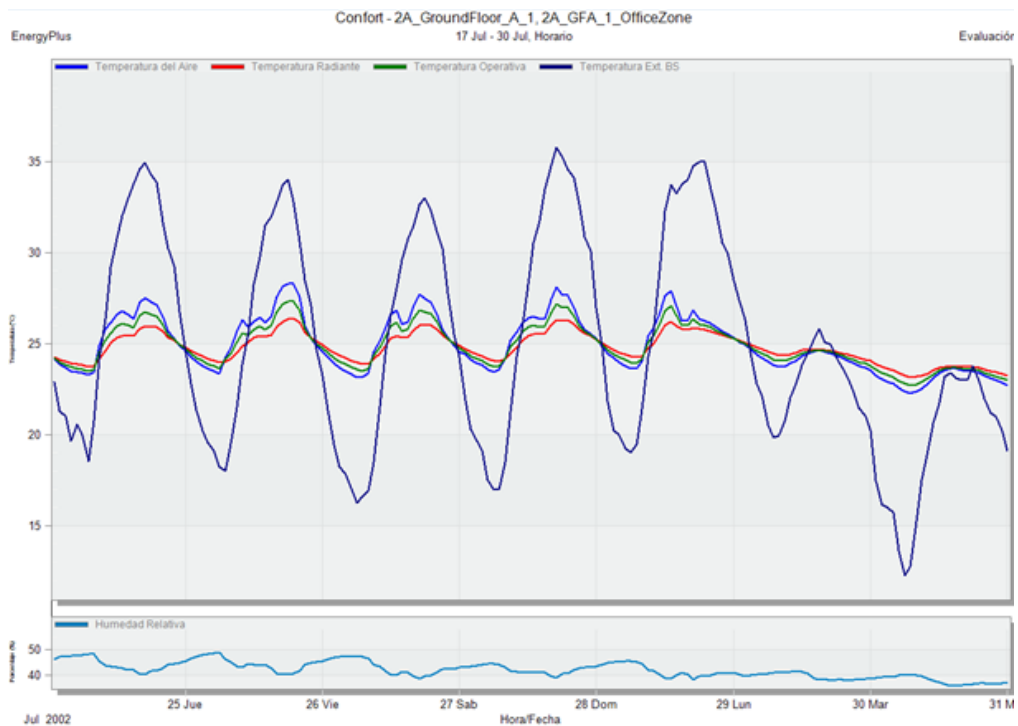


Fig. 8. Simulación del programa Design Builder de la temperatura interna en verano.

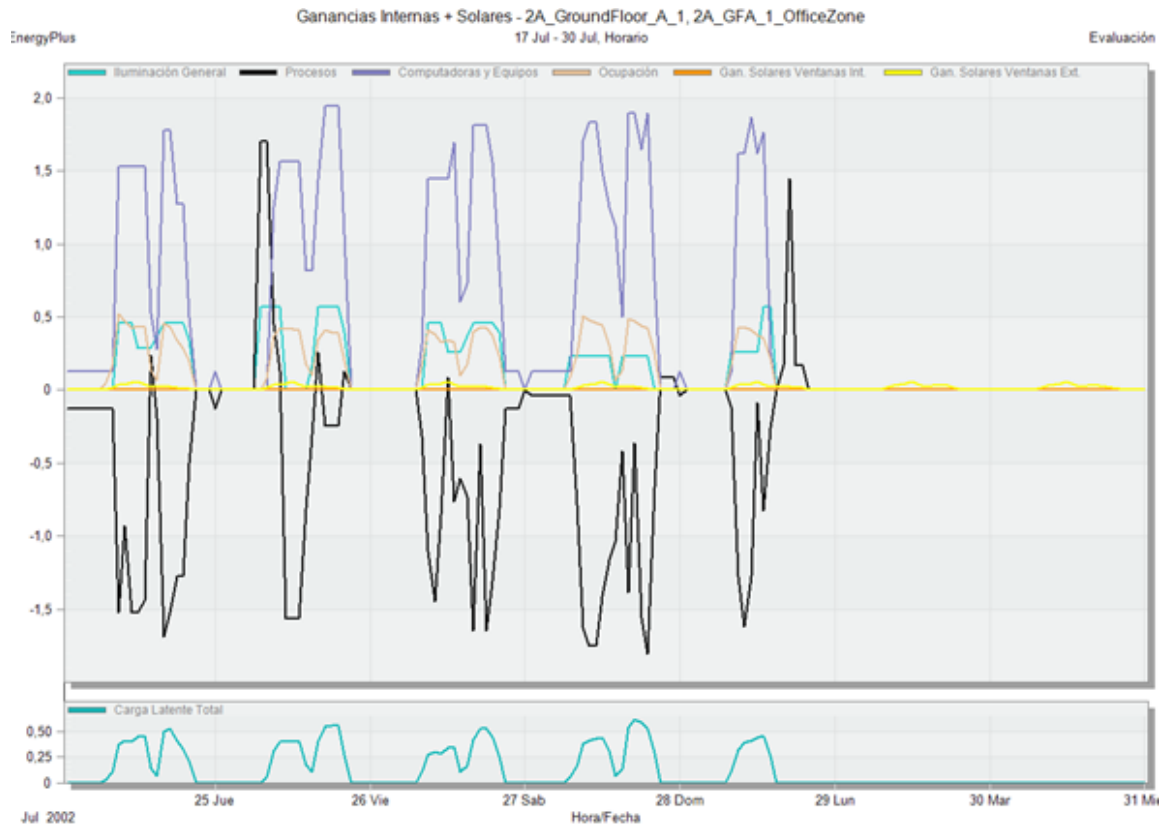


Fig. 9. Simulación del programa Design Builder de las ganancias solares en verano.

8.2. SIMULACIÓN DE LAS LAMAS: AUTOMATIZADA

En esta investigación parece que, analizando la tendencia de las temperaturas internas con el empleo de las lamas automatizadas, hay una afección de manera significativa sobre la tendencia de las temperaturas internas y de las ganancias internas debidas a la incidencia solar. Fig.10 y fig.11.

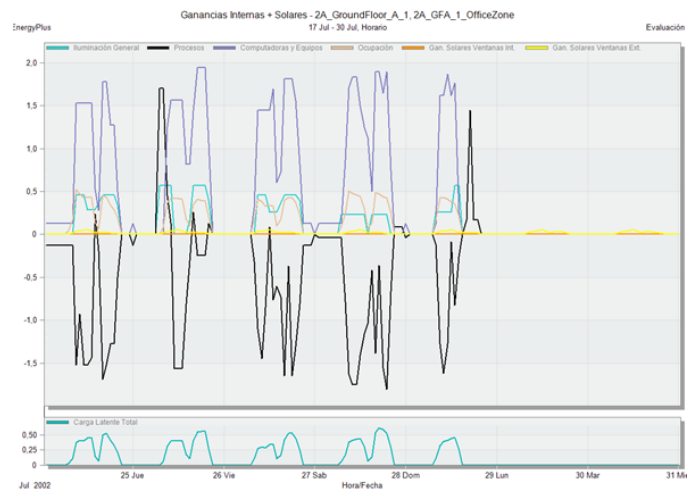


Fig. 11. Simulación del programa Design Builder de las ganancias solares en verano.

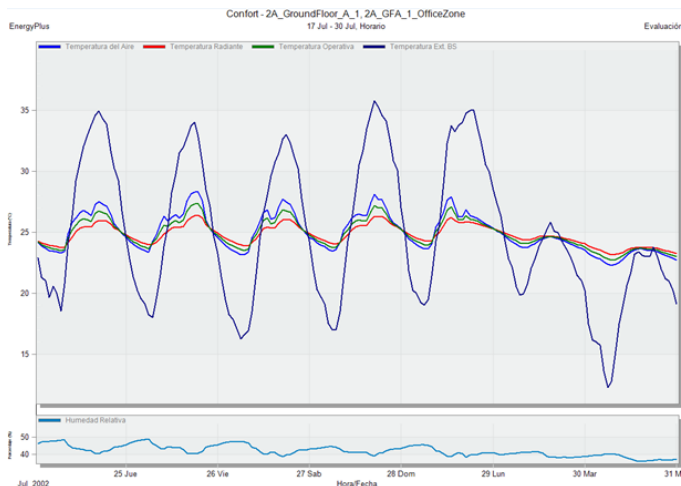


Fig. 10. Simulación del programa Design Builder de la temperatura interna en verano.

8. CONCLUSIONES

La línea de investigación adoptada evidencia que entre las lamas manuales y la automatizada no hay diferencias, desde el punto de vista de la temperatura interna del aire y de la ganancia solar. Entonces, parece que la gestión de tipo automatizada no aporta ayudas significativas. Pero se ha comprobado la diferencia entre el empleo de las lamas y la ausencia de estas en el edificio; obteniéndose así una significativas diferencias entre temperaturas internas, sobre todo durante la noche y el fin de semana.

Por lo tanto se ha llevado a cabo otro estudio con una línea de programación motorizada en la temporada del verano sobre el edificio, con la posibilidad de poder aprovechar el ambiente externo y las lamas. Pero sobre la base de estos resultados, no parece haber ninguna diferencia entre los datos proporcionados por el programa y los dos escenarios de gestión de lamas. Por lo tanto, se supone que una gestión manual pueda cumplir a las exigencias de control solar, sin costes adicionales.

Sin embargo, podría ser útil en una futura investigación estudiar eventuales ajustes del programa *Design Builder* sobre el funcionamiento de las lamas para comprobar si se pueden aportar variaciones en los resultados.

9. REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Fomento, CTE, “Código Técnico de la Edificación de España”, Gobierno de España, 2015;
- [2] Ministerio de Fomento, DB-HE, “Documento Básico de Ahorro de Energía”, Gobierno de España, 2016;
- [3] G. Kim, H. Soo Lim, T. Sub Li, L. Schaefer, J. Tai Kim, “Comparative advantage of an exterior shading device in thermal performance for residential buildings”, *Energy and Buildings* 46, 2012, p.p. 105-111;
- [4] K. Sun Lee, K. Jun Han, J. Wook Lee, “The Impact of Shading Type and Azimuth Orientation on the Daylighting in a Classroom—Focusing on Effectiveness of Façade Shading, Comparing the Results of DA and UDI”, Academic editors: H. Yang, J. Peng, D. Karamanis, revistas: *Energy*, 2017;
- [5] A. Andriamamonjy; D. Saelens; R. Klein; “Automated IFC-based workflow for building energy performancesimulation with Modelica”, *Automation in Construction* 91, p.p. 166-181, 2018;
- [6] G. Vox; I. Blanco; E. Schettini; “Green façades to control Wall Surface temperatura in buildings”, *Building and Environment* 129, p.p. 154-166, 2018;
- [7] G. Datta; “Effect of fixed horizontal louver shading devices on thermal performance of building by TRNSYS simulation”, *Renewable Energy* 23, p.p. 497-507, 2001;
- [8] R. Singh, R.L. Sawhney, I.J. Lazarus, V.V.N Kishore; “Recent advancements in earth air tunnel heat exchanger (EATHE) system for indoor thermal comfort application: A review”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82, p.p. 2162-2185, 2018;
- [9] 3M, “Láminas 3M™ Control Solar”, empresa Innovadora, 2016;
- [10] <https://www.madrid-tourist-guide.com/es/clima/clima-madrid.html>;
- [11] https://energyplus.net/weather-location/europe_wmo_region_6/ESP//ESP_Madrid.082210_IWEC;
- [12] utilización del programa *Climate 6.0*
- [13] http://www.geshab.es/articulos-semana-mundial-edificacion_sostenible-ejemplos.php;

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.