

BUILDING & MANAGEMENT

E-JOURNAL. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE EDIFICACIÓN. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

May
August
2020



GESTION EN EDIFICACION

B&M

BUILDING & MANAGEMENT

BUILDING & MANAGEMENT
MAY - AUGUST 2020
ISSN 2530-8157



BUILDING & MANAGEMENT

VOLUME 4 ISSUE 2

BUILDING & MANAGEMENT

SCIENTIFIC e-JOURNAL

VOLUME 4 ISSUE 2

MAY - AUGUST 2020



Escuela Técnica Superior de Edificación
Universidad Politécnica de Madrid

ISSN: 2530-8157

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE EDIFICACIÓN. ETSEM

Avenida de Juan de Herrera, 6, 28040 Madrid
Phone: 910675491
www.edificacion.upm.es
e-mail: bm.edificacion@upm.es

DIGITAL EDITION
www.polired.upm.es

FRONT AND BACK COVERS IMAGES

Office building
Calle Apolonio Morales 29. Madrid
Property development and Construction Builder
Fernández Molina Obras y Servicios
Architects
IEI - Instituto Europeo de Innovación y Desarrollo Tecnológico
MM Arquitectura de bajo impacto

BUILDING & MANAGEMENT is an open access scientific e-journal published every four months that accepts original, high quality and not published manuscripts. The journal scope covers all the phases of the building: project, construction, in-use, maintenance and end-of-life, and comprises a wide range of activities associated with the management of building processes where various agents in the sectors of architecture, engineering and construction participate.

GESTIÓN EN EDIFICACIÓN es una publicación científica cuatrimestral en la que se incluyen trabajos originales, de alta calidad, que no hayan sido publicados en otras revistas. Su ámbito abarca todas las fases de proyecto, ejecución, operación, mantenimiento y fin de vida del edificio y comprende un amplio abanico de actividades asociadas a la gestión de los procesos del edificio en las que participan diversos agentes de los sectores de la arquitectura, la ingeniería y la construcción.

The criteria and opinions expressed in this publication are the sole responsibility of the authors. Copyright and intellectual property rights of published documents belong to their authors, who are responsible of the published material copyright.

Los criterios y opiniones expuestos son responsabilidad exclusiva de los autores. Los derechos de autor y la propiedad intelectual del material publicado pertenecen, así mismo, a sus autores, quienes son responsables de los permisos sobre derechos del material publicado.

EDITOR - IN - CHIEF / DIRECCIÓN DE REDACCIÓN

Imaculada Martínez Pérez Universidad Politécnica de Madrid

MANAGING EDITOR / SECRETARÍA DE REDACCIÓN

Sonsoles González Rodrigo Universidad Politécnica de Madrid

ASSOCIATE EDITORS / COMITÉ EDITORIAL

Patricia Aguilera Benito Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Francisco de Borja Chávarri Caro Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Gregorio García López de la Osa Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Julián García Muñoz Universidad Politécnica de Madrid, Spain
María de las Nieves González García Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Carolina Piña Ramírez Universidad Politécnica de Madrid, Spain
María Isabel Prieto Barrio Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Mercedes Valiente López Universidad Politécnica de Madrid, Spain

EDITORIAL ADVISORY BOARD / COMITÉ CIENTÍFICO

Antonio Baño Nieva Universidad de Alcalá, Spain
Roberto Barrios Corpa Intemac, Spain
Xavier Brioso Universidad Católica Pontificia de Perú, Lima, Perú
Daniela Brizuela Valenzuela Universidad Central de Chile, Santiago, Chile
Álvaro Cerezo Ibarrondo Escuela Vasca EVETU del IVAP, Bizkaia, Spain
Alfonso Cobo Escamilla Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Miguel de Diego Elvira IDOM, Spain
Luis de Pereda Fernández Eneres / Instituto Europeo de Innovación, Spain
Emmanuel Dufresnes Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Strasbourg / Ministère de la Culture et de la Communication, France

Jesús Esteban Gabriel Grupo SGS, Madrid, Spain
Ignacio Fernández Solla ARUP, Spain
José Antonio Ferrer Tevar CIEMAT, Spain
George Govaere Vicarioli Universidad Costa Rica, Costa Rica
Helena Granados Menéndez Consejo Arquitectos / Comisión Europea
Louis Gunnigan Dublin Institute of Technology, Ireland
Sara Gutiérrez González Universidad de Burgos, Spain
Héctor Hernández López Universidad Central de Chile, Santiago, Chile
Marta Kosior-Kazberuk Bialystok University of Technology, Poland
Sandra Llorente Monleón Conspace. Vía Célere, Spain
Oscar López Zaldívar Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Fernando Machado Martín UNE. Asociación Española de Normalización, Spain
Fernando Martín Consuegra Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja
M^a Dolores Martínez Aires Universidad de Granada, Spain
Francisco J. Martínez Montesinos Universidad Católica de Murcia, Spain
Juan Manuel Medina Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia
M^a del Pilar Mercader Moyano Universidad de Sevilla, Spain
Trevor Mole Property Tectonics/Salford University, Manchester, UK
Fernando Moral Andrés Universidad Nebrija, Madrid, Spain
M^a Isabel Pérez Millán Universidad Católica de Murcia, Spain
Rudy Piedra Mena Universidad Costa Rica, Costa Rica
Carlos J. Pampliega Project Management Institute Madrid, Spain
Mara Rodríguez Hermida Instituto Tecnológico de Galicia / BREAM, Spain
Ángel Rodríguez Saiz Universidad de Burgos, Spain
María Segarra Cañamares Universidad de Castilla la Mancha, Spain
Begoña Serrano Lanzarote Instituto Valenciano de Edificación / Universidad Politécnica de Valencia, Spain

Acerta, Madrid, Spain
Patricia del Solar Serrano Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Ricardo Tondero Caballero Universidad de Castilla la Mancha, Spain
Nelia Valverde Gascueña Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Amparo Verdú Vázquez

SUMMARY

EDITORIAL: APOLONIO MORALES 29, AN INTERVENTION MODEL FOR ENERGY EFFICIENCY AND BUILDING SUSTAINABILITY APOLONIO MORALES 29, MODELO DE INTERVENCIÓN PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y LA SOSTENIBILIDAD DE LOS EDIFICIOS Rossana Laera & Luis de Pereda Fernández	4
---	----------

ARTICLES

THE GREEN ARCHITECTURE AS A CONTRIBUTION FOR ENVIRONMENTAL IMPROVEMENT IN MADRID LA ARQUITECTURA VERDE COMO SOLUCIÓN DE MEJORA MEDIOAMBIENTAL EN MADRID Jesús Giovanni Murcia, María Alejandra Gómez & Ricardo Tendero Caballero	11
INVESTIGATION OF THE USE OF SOLAR CELLS OF THIN FILM IN THE COVER OF AN OFFICE BUILDING INVESTIGACIÓN DEL USO DE CELDAS SOLARES DE PELÍCULA DELGADA EN LA CUBIERTA DE UN EDIFICIO DE OFICINAS Doris Guerrero, Cristina Pavón & Ricardo Tendero Caballero	27
STUDY ABOUT APOLONIO MORALES 29 OFFICE BUILDING. HORIZONTAL SLATS SHADING SYSTEM ESTUDIO SOBRE EL EDIFICIO DE OFICINAS APOLONIO MORALES 29. SISTEMA DE SOMBREAMIENTO DE LAMAS HORIZONTALES Fernando Valverde Villar, Silvia Sbisá & Ricardo Tendero Caballero	36
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, Marcos Rubiolo & Ricardo Tendero Caballero	45
GREEN FACADE PROPOSAL FOR THE REFURBISHMENT OF AN OFFICE BUILDING PROPUESTA DE FACHADA VERDE PARA LA REHABILITACIÓN DE UN EDIFICIO DE OFICINAS Francesca Conti, Angelo Pasquale D'Angelo & Ricardo Tendero Caballero	58

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

76

DIGITAL EDITION

A digital version of this issue is available to readers, accessible and downloadable at <http://polired.upm.es/index.php/bm/issue/archive> of the journal.

Existe a disposición de los lectores una versión digital del presente número, accesible y descargable en: <http://polired.upm.es/index.php/bm/issue/archive> of the journal.

EDITORIAL

BUILDING & MANAGEMENT

MAY - AUGUST 2020

<http://dx.doi.org/10.20868/bma.2020.2.4690>

ROSSANA LAERA & LUIS DE PEREDA FERNÁNDEZ

BUILDING & MANAGEMENT

APOLONIO MORALES 29, MODELO DE INTERVENCIÓN PARA
LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y LA SOSTENIBILIDAD DE LOS
EDIFICIOS

APOLONIO MORALES 29, AN INTERVENTION MODEL FOR
ENERGY EFFICIENCY AND BUILDING SUSTAINABILITY

EL DESAFÍO EUROPEO PARA LA EDIFICACIÓN SOSTENIBLE

Vinculados a un esfuerzo sin precedentes para la recuperación económica, social y ambiental de España reconocemos el marco excepcional de oportunidad que para nuestro país supone el esfuerzo europeo para la transformación, la recuperación y la resiliencia. No se trata solo de inversiones económicas y financieras, sino también de una inyección metodológica que, si somos capaces de aprovechar, puede elevar nuestros niveles de eficiencia y alinearnos con nuestros vecinos europeos. Durante los próximos años se prevé un esfuerzo colectivo muy importante para desarrollar este ámbito de oportunidad.

Building&Management trae a las páginas de este número un proyecto multidimensional, desarrollado a lo largo de la última década, y que puede ser uno de los nuevos modelos de actuación, en la eficiencia energética de los edificios, que nos sirva como referencia para abordar este desafío.

"Eficiencia energética" y "sostenibilidad" son conceptos que se van integrando cada vez más en cualquier proceso de producción y de transformación. En relación con el sector de la construcción y la gestión ciclo de vida, la rehabilitación energética de edificios existentes se considera una de las estrategias más eficaces en materia de ahorro energético y reducción de las emisiones. Recuperar, rehabilitar, renovar y reutilizar son prácticas más sostenibles que demoler edificios existentes o realizar edificios de nueva construcción.

THE EUROPEAN CHALLENGE FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTION

The exceptional framework of opportunity that the European effort for the transformation, recovery and resilience represents for our country is linked to an unprecedented effort for the economic, social and environmental recovery of Spain.

It is not only a matter of economic and financial investment, but also of a methodological injection which, if we are able to take advantage of, could raise the efficiency framework in our country along the lines of our European neighbors. A paramount collective effort is expected to develop this area of opportunity in the coming years.

In this issue, Building&Management proposes and illustrates a multidimensional project, developed over the last decade, that constitutes a new model of action for the building energy efficiency and serves as a reference to address this efficiency challenge.

Concepts like "Energy efficiency" and "sustainability" are increasingly being integrated in any production and transformation process. Regarding the construction sector and life cycle management, the energy retrofitting of existing buildings is regarded as one of the most effective strategies in terms of energy savings and emission reduction.

Recovering, retrofitting, renovating and reusing are more sustainable practices than demolishing existing buildings or starting new constructions.

Las directivas europeas y los planes de acción nacionales en el sector de la eficiencia energética están financiando cada vez más con contundencia y constancia esta línea de acción, al tiempo que impulsan el uso de energías renovables.

Para completar este cuadro, hoy en día existen varios sistemas de certificación de edificios, utilizados para impulsar el cumplimiento con criterios cada vez más exigentes de sostenibilidad y bienestar. Entre los aspectos más significativos: uso racional de los recursos, reducción del consumo de energía, uso de fuentes de energías renovables, uso de materiales locales y confort de los usuarios. Entre los sistemas de certificación, nacionales e internacionales, que premian la sostenibilidad de los edificios, WELL, LEED, BREEAM y VERDE son los sellos de más amplia aplicación en el territorio nacional. Estos sistemas son aplicables, en sus diferentes variantes, a cualquier estadio del proceso edificatorio. Es a lo largo de este proceso, que va del diseño a la gestión y al mantenimiento de los edificios, en el que la necesidad de eficiencia y sostenibilidad orienta la acción hacia principios fundamentales de integración, uso y operación, que se reflejan en el marco de la interacción humana con el medio ambiente a través de la arquitectura y de los sistemas energéticos. La envolvente de los edificios, junto con su contexto ambiental, la ocupación y las instalaciones, forman parte de un sistema energético integrado y complejo.

EDIFICIO DE OFICINAS EN APOLONIO MORALES 29, MODELO DE INTERVENCIÓN PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y LA SOSTENIBILIDAD

Apolonio Morales 29 es un modelo de intervención para la rehabilitación energética de un edificio de oficinas de 800 m², ubicado en una zona de uso mixto, residencial y de oficinas en Madrid. El edificio original, construido en 1989, mostraba una obsolescencia total en su distribución espacial y sistemas de climatización. También era deficiente en su relación con el medio ambiente: no estaba diseñado para lograr un uso pasivo de la energía, carecía de un aislamiento adecuado, tenía unos bajos niveles de estanqueidad y no recuperaba energía en sus sistemas de ventilación.

El edificio fue totalmente rehabilitado en su envolvente y sus sistemas energéticos entre el 2007 y 2009, en el marco de un proyecto arquitectónico de rehabilitación integral, realizado por el Instituto Europeo de Innovación, y promovido y ejecutado por su propietario, la empresa constructora Fernández Molina Obras y Servicios S.A., que también tiene su sede en el edificio desde esa fecha. La reforma se centró en la optimización energética del edificio concebido para un bajo consumo y alta eficiencia.

La renovación integral del edificio de oficinas Apolonio Morales 29 se centró en la innovación tecnológica y en el bioclimatismo. La envolvente del edificio fue concebida con una gran capacidad de interacción energética con el entorno. El objetivo era reducir la demanda potencial de energía del edificio, gracias a la aplicación de soluciones bioclimáticas, luego cubrir esa demanda con energía renovable e implementar estrategias operativas orientadas a una eficiencia dinámica.

European Directives and National Energy Efficiency Action Plans are vigorously and consistently funding this line of work, while pushing for the use of renewable energy.

To complete this framework, there are currently several sustainable building rating systems, used to express the degree of compliance of a building with increasingly demanding criteria of sustainability and well-being. Among the most significant aspects: rational use of resources, reduction of energy consumption, use of renewable energy sources, use of local materials, user comfort.

Among the national and international certification systems that reward the sustainability of buildings, WELL, LEED, BREEAM and VERDE are the most widely applied certification systems in the national territory.

These rating systems are applicable, in their different versions, to any stage of the building process. Throughout this process, from design to building management and maintenance, the need for efficiency and sustainability orients action towards fundamental principles of integration, which are reflected in the framework of human interaction with the environment through architecture and energy systems.

The building envelope, together with its environmental context, its occupation and facilities, are part of an integrated and complex energy system.

APOLONIO MORALES 29, AN INTERVENTION MODEL FOR ENERGY EFFICIENCY AND BUILDING SUSTAINABILITY

Apolonio Morales 29 is an intervention model for the energy retrofitting of an 800 m² office building located in a mixed-use, residential and business area in Madrid. The original building was built in 1989, it showed total obsolescence in its spatial distribution and air conditioning systems. It was also deficient in its relationship to the environment: it was not designed to achieve a passive use of energy, it lacked adequate insulation, had low levels of tightness, and did not recover energy in its ventilation systems.

Between 2007 and 2009, the building was integrally renovated in its envelope and energy systems as part of a comprehensive architectural and rehabilitation project, developed by the Instituto Europeo de Innovación, and promoted and executed by its owner, the construction company Fernández Molina Obras y Servicios S.A., which has had its headquarters in the building since that date. The reform action focused on the energy optimization of the building conceived for low consumption and high efficiency.

The integral renovation of Apolonio Morales 29 office building focused on technological innovation and bioclimatism. The envelope of the building was conceived with a great capacity of energetic interaction with the environment.

The goal was to reduce the potential energy demand of the building, thanks to the application of bioclimatic solutions, then meet that demand with renewable energy and implement operational strategies for dynamic efficiency.

Tras la rehabilitación, el edificio se ha llenado de espacios diseñados para el flujo de la luz natural: patios en los que la luz se baña en los tonos verdes de la vegetación y lucernarios verticales que cruzan las tres plantas. El edificio está atravesado por la vista y la luz, la fachada y la escalera se han transformado en fuentes de luz continuas y matizadas, que dan a cada espacio su carácter peculiar. La fachada se trata como un medio de intercambio de luz, de radiación solar, de aire y de vistas.

La energía solar también se utiliza para precalentar el aire que se introduce en el edificio en invierno. Por otra parte, la propia estructura del edificio actúa como un intercambiador de energía. La construcción de un aparcamiento mecánico de 14 plazas bajo el patio trasero del edificio dio pie a la necesidad de excavar un espacio de 6 metros de profundidad, con pilotes de 10 metros, 23 de los cuales se activaron como intercambiadores de calor geotérmicos, para producir aproximadamente el 25% de la energía requerida por el edificio. El 75% adicional de la energía se obtiene mediante seis sondas geotérmicas de 100 metros de profundidad.

En el proceso de rehabilitación, el 95% de la estructura se conservó ya que tenía un claro potencial termoactivo. Se mejoró la capacidad termodinámica de la masa del edificio contenida en la estructura y en los forjados existentes, convirtiéndola en un excelente sistema de almacenamiento de energía térmica para la climatización.

La energía del terreno se introduce en el edificio mediante dos bombas de calor geotérmicas, y se distribuye en toda su estructura a muy baja temperatura. La termoactivación de los forjados originales permitió el uso de la masa inercial para transferir la demanda de electricidad de las horas pico a las horas fuera de pico, según la curva de la demanda de energía eléctrica nacional. Esta operación aprovecha un plan tarifario eléctrico con una tarifa nocturna baja, de tal manera que la energía térmica se produce durante la noche, cuando los costos son inferiores, y se almacena dentro de la estructura, para luego disipar esta energía a lo largo del día. Esta estrategia contribuye a la transferencia de los picos de carga, la reducción del consumo de energía y de los costes, además de contribuir a equilibrar y aumentar la fiabilidad de la red.

LA CERTIFICACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN LA FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La rehabilitación energética de Apolonio Morales fue el detonante para que sus diseñadores y su constructor crearan la marca ENERES, Servicios Energéticos Sostenibles, en el 2009.

Desde entonces, ENERES ha desempeñado un papel importante en España en la consultoría energética de edificios, construcción de edificios emblemáticos e infraestructuras para la eficiencia, divulgación y formación en temas de rehabilitación energética, bioclimatismo, geotermia, geoestructuras y estructuras termoactivas, utilización de recursos energéticos recuperados de las infraestructuras urbanas subterráneas y otros campos de innovación en foros académicos, congresos, publicaciones nacionales e internacionales.

After the renovation, the building was filled with spaces designed for the flow of natural light: courtyards in which light is bathed in the green tones of the vegetation and vertical skylights that cross the three floors. The building is traversed by view and light, the façade and staircase have been transformed into continuous and nuanced light sources, which give each space its peculiar character. The façade is treated as a means for the exchange of sunlight solar radiation, air and view.

Solar energy is also used to pre-heat the air entering the building in winter. On the other hand, the building's own structure acts as an energy exchanger.

The construction of a 14-seater mechanical car parking under the back yard of the building gave rise to the need to excavate a 6-meter-deep space, with 10-meter piles, 23 of which were activated as geothermal heat exchangers, to produce approximately 25% of the energy required by the building. An additional 75% of the energy is provided by six 100-meter-deep borehole exchangers.

In the retrofitting process, 95% of the structure was preserved as it had clear thermoactive potential. The thermodynamic capacity of the building mass contained in the existing structure and slabs was improved, making it an excellent thermal energy storage system for climatization.

Geothermal energy is introduced into the building by two geothermal heat pumps and distributed throughout its structure at very low temperature.

The thermo-activation of the original slabs enabled the use of the inertial mass to transfer the demand for electricity from peak hours to off-peak hours, according to the curve of the national electricity demand.

This operation takes advantage of the electricity tariff plan with low night rates, in such a way that thermal energy is produced during the night, when the costs are lower, storing it within the structure, to then dissipate this energy throughout the day. This strategy contributes to the transfer of load peaks, the reduction of energy consumption and costs, as well as helping to balance and increase the grid reliability.

CERTIFICATION OF SUSTAINABILITY IN THE OPERATION AND MAINTENANCE PHASE

The energy retrofitting of Apolonio Morales 29 was the trigger for its designers and its builder to create the brand ENERES, Sustainable Energy Systems, in 2009.

Since then, ENERES has played an important role in Spain in building energy consultancy, construction of emblematic buildings and infrastructure systems for efficiency, dissemination of knowledge and outreach on energy retrofitting, bioclimatism, geothermal, geostructures and thermoactive structures, use of energy resources recovered from underground urban infrastructures and other fields of innovation in academic forums, congresses, national and international publications.

La concepción arquitectónica de eficiencia y sostenibilidad de Apolonio Morales 29 se inspiró a estándares de excelencia ya existentes en otros países europeos, pero aún no en España. Trece años después de su concepción arquitectónica y energética, Apolonio Morales 29 convergió con un nuevo marco de certificación, LEED Existing Buildings: Operation + Maintenance v4.1 (LEED EB:O+M v4.1), que hoy en día reconoce factores y rendimientos que en el 2009 aún no se consideraban en muchos campos de la certificación y sistemas de calificación de la sostenibilidad.

Hoy en día, gracias a su diseño integrado, al seguimiento continuo y al compromiso del propietario para mantener un edificio eficiente, Apolonio Morales 29 ha obtenido la calificación LEED Platinum con la puntuación más alta de España en su sistema de calificación (89/100 puntos) y el primer LEED EB:O+M v4.1 Platinum en Europa.

La certificación fue promovida en 2020 por Fernández Molina Obras y Servicios S.A. y se verificó en enero de 2021 bajo la consultoría del Ingeniero Antonio Marotta con el equipo de Savills Aguirre Newman, y con la asistencia y tutela de la Responsable Técnica de ENERES, la Arquitecta Rossana Laera.

Desarrollado por el U.S. Green Building Council (USGBC), LEED incluye un conjunto de sistemas de calificación para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de edificios sostenibles, con el objetivo de evaluar las estrategias que optimizan la relación entre los edificios y su entorno, ayudar a los propietarios y usuarios de edificios a ser responsables con el medio ambiente y a utilizar los recursos de manera eficiente. Dentro de los varios sistemas de certificación LEED, el Existing Buildings: Operation + Maintenance (LEED EB:O+M) es un conjunto de estándares para certificar el desempeño, las operaciones y el mantenimiento de los edificios existentes de todos los tamaños, tanto públicos como privados. El objetivo es promover un alto rendimiento, calidad y durabilidad en los edificios existentes. El proceso de certificación se estructura en siete categorías organizadas en prerrequisitos y créditos, y en la asignación de puntos por cada categoría, mediante el uso de prácticas específicas, materiales, métodos de construcción, estrategias de control para medir el rendimiento global en términos de confort térmico de los ocupantes, de consumos y eficiencia. La versión 4.1 de LEED EB:O+M representa una evolución en este tipo de certificación, dando mayor peso al rendimiento real de un edificio en términos de emisiones e impacto ambiental, a la monitorización continua, ensayos y encuestas vinculadas con aspectos relativos a transportes, uso de la energía, residuos, agua, así como a la percepción y el confort de los usuarios.

En Apolonio Morales, todas las estrategias forman parte de un conjunto integrado de escenarios. La integración adecuada de elementos bioclimáticos y activos, bajo el control "inteligente" de un Building Management System (BMS), proporciona un alto grado de adaptación del funcionamiento del edificio y varios niveles de interactividad dinámica con los usuarios. Esto garantiza altos niveles de confort y eficiencia energética durante todo el ciclo de vida del edificio. El BMS adquiere datos sobre el entorno, la ocupación y los efectos que generan los sistemas en su interacción con el entorno. Luego utiliza esta

The architectural conception for efficiency and sustainability of Apolonio Morales 29 was inspired by standards of excellence already in place in other European countries, but not yet in Spain. Thirteen years after its architectural and energetic conception, Apolonio Morales 29 matched with a new certification framework, LEED for Existing Buildings: Operation + Maintenance v4.1 (LEED EB:O+M v4.1), which today recognizes factors and performances that, looking back to 2009, were not yet taken into account in many fields of certification and sustainability rating systems.

Today, thanks to its integrated design, a constant follow-up, and the commitment of the owner to maintain the building efficient, Apolonio Morales 29 has obtained a LEED Platinum rating with the highest score in Spain in its Rating System (89/100 points) and the first LEED EB:O+M v4.1 Platinum in Europe.

The certification was promoted in 2020 by Fernández Molina Obras y Servicios S.A. and was verified in January 2021 under the consultancy of the Engineer Antonio Marotta with the team of Savills Aguirre Newman, and under the assistance of the Technical Responsible of ENERES, the Architect Rossana Laera.

Developed by the U.S. Green Building Council (USGBC), LEED includes a set of rating systems for the design, construction, operation, and maintenance of sustainable buildings aiming to assess the strategies that optimize the relationship between buildings and their surrounding environment, while helping building owners and operators be environmentally responsible and use resources efficiently. Within its various "Rating Systems", the LEED for Existing Buildings: Operations & Maintenance (LEED EB:O+M) is a set of performance standards for certifying the operations and maintenance of existing buildings of all sizes, both public and private. The aim is to promote high performance, health, and durability in existing buildings. It breaks the certification process into seven sections organized in prerequisites and credits.

LEED certification process is based on the allocation of points in each category, by using specific practices, materials, construction methods, and control strategies to measure overall performance in terms of occupant thermal comfort and energy efficiency. Version 4.1 of LEED EB:O+M represents an evolution in this type of certification, giving greater weight to the actual performance of a building in terms of emissions and environmental impact, to continuous monitoring, tests and surveys related to aspects that include transport, energy, waste, or water, as well as user perception.

In Apolonio Morales, all strategies are part of an integrated set of scenarios. The appropriate integration of bioclimatic and active energy elements under the "smart" control of a Building Management System (BMS), provides a high degree of adaptation of the building's operation and various levels of dynamic interactivity with the users. This ensures high levels of comfort and energy efficiency throughout the life cycle of the building.

The BMS acquires data on the environment, occupancy and on the effects that the systems generate in their interaction with

información para integrar sus procesos de autorregulación, ajuste, mantenimiento y operación y estratégica, y elevarlos a escenarios de alta eficiencia.

Tras su diseño y su construcción, durante once años, ENERES ha supervisado continuamente el rendimiento del edificio, así como los efectos de sus transformaciones y de la implementación de nuevos sistemas y estrategias. Durante su ciclo de vida, Apolonio Morales 29 ha sido un campo de mejoras permanentes que han conducido, a través de diferentes fases, a reajustes, tanto en la modelización y simulación para verificar aspectos, como en la monitorización para verificar las condiciones ambientales, así como en las tecnologías que se vayan implementando. Por ejemplo, en el 2020 se introdujo un sistema de intercambio de energía con las aguas residuales para la climatización del edificio, dando lugar a un sistema híbrido altamente eficiente y sostenible, que también incluye la recuperación de las aguas del subsuelo para riego e inodoros. El mismo año, también se instalaron estaciones de carga para vehículos eléctricos para satisfacer la demanda de los empleados, y con el objetivo de promover modelos de transporte sostenibles.

La apertura y la versatilidad del BMS permite la monitorización de los parámetros operativos y la gestión de temperaturas de consigna a través de su interfaz de control. Un conjunto de analizadores de energía mide el consumo en tiempo real, la producción de energía y la evolución de la potencia. Los técnicos de ENERES recopilan y analizan esta información para evaluar la eficiencia de las estrategias operativas aplicadas, e identificar picos anómalos o desperdicios de energía.

El consumo eléctrico anual de Apolonio Morales 29 se cifra actualmente en menos de 20 kWh/(m²·año) para calefacción, 10 kWh/(m²·año) para refrigeración y 7 kWh/(m²·año) para iluminación, lo que implica una reducción radical respecto a los consumos del edificio en su situación original, y una mejora continua que se verifica con periodicidad anual.

La colaboración entre ENERES, como consultor de sostenibilidad y gestor energético, y Fernández Molina, en calidad de promotor y propietario del edificio, ha sido fundamental para mantener niveles altos de rendimiento, a través de un proceso continuo de seguimiento y mejora. En esta relación e interés recíproco está el valor añadido que ha llevado a lograr una calificación LEED EB:O+M v4.1 Platinum con un resultado excelente, abarcando incluso aspectos vinculados con la innovación y la divulgación de los resultados conseguidos.

APOLONIO MORALES 29 COMO HERRAMIENTA DIDÁCTICA Y LABORATORIO DE IDEAS

Apolonio Morales 29 se ha convertido, en los últimos años, en una herramienta didáctica útil para fomentar el intercambio de conocimiento e ideas. En plena actividad, el edificio se configura como un laboratorio para experimentar soluciones y proporcionar educación pública centrada en estrategias bioclimáticas, eficiencia energética y construcción sostenible.

the environment. Then, it uses that information to integrate their processes of self-regulation, strategic operation, and adjustment process into high-efficiency scenarios.

After its design and construction, for eleven years ENERES has continued to monitor the performance of the building, as well as the effects of its transformations and the implementation of new systems and strategies.

During its life cycle, Apolonio Morales 29 has been a field of continuous improvements and upgrades that have led, through different phases, to readjustments, both in modeling and simulation to verify aspects, and in monitoring to verify the environmental conditions, as well as the technologies to be implemented.

For example, in 2020 a system that exchanges energy with wastewater for climatization was introduced, resulting in a highly efficient and sustainable hybrid system, which also includes the recovery of groundwater for irrigation and WC. The same year, charging stations for electric vehicles were also installed to meet employee demand and to promote sustainable transport models.

The openness and versatility of the BMS allows the monitoring of the operational parameters and the management of setpoints via its control interface. A set of energy analyzers measures real-time consumption, energy production and power evolution.

ENERES technicians collect and analyze this information to assess the efficiency of the operational strategies applied and to identify abnormal peaks or waste of energy.

The annual electricity consumption of Apolonio Morales 29 is currently less than 20 kWh/(m²·year) for heating, 10 kWh/(m²·year) for cooling and 7 kWh/(m²·year) for lighting, which implies a huge reduction in the consumption of the building in its original situation, and continuous improvement that is verified on an annual basis.

The partnership between ENERES, as sustainability consultant and energy manager, and Fernández Molina, as the promoter, owner, and user of the building, has been critical to maintain high levels of performance, through a continuous process of monitoring and improvement.

In this relationship and reciprocal interest there is the added value that has led to achieving a LEED EB:O+M v4.1 Platinum rating with an excellent outcome, also covering aspects related to innovation and dissemination of the results achieved.

APOLONIO MORALES 29 AS A DIDACTIC TOOL AND LABORATORY OF IDEAS

In recent years, Apolonio Morales 29 has become a useful didactic tool to promote the exchange of knowledge, ideas, and solutions. In full activity, the building is used as a laboratory to experiment solutions and to provide public education focused on bioclimatic strategies, energy efficiency and sustainable construction.

Por ello, ENERES ha elaborado un programa de divulgación educativa en el marco de varios acuerdos con instituciones públicas y privadas, universidades nacionales e internacionales y grupos de investigación, todos centrados en cuestiones relacionadas con la sostenibilidad y la eficiencia energética. El edificio se pone a disposición para la realización de prácticas y visitas guiadas, debido a sus características innovadoras y a la disponibilidad de una gran cantidad de datos vinculados con su funcionamiento “inteligente” y operación dinámica. Es caso de estudio en varios Trabajos de Fin de Master, Tesis Doctorales, publicaciones y participaciones a congresos y jornadas divulgativas, vinculados con el estudio de su desempeño energético asociado a los sistemas bioclimáticos, geotérmicos e inerciales. También es campo de aprendizaje y experimentación en el marco de varios proyectos de Investigación y Desarrollo (I+D) vinculados con la monitorización y la validación de sus sistemas asociados al posible aprovechamiento de la energía de las aguas residuales urbanas y del subsuelo.



Este número de B&M ilustra como Apolonio Morales 29 se utiliza como campo de estudios para el planteamiento de actividades orientadas a la didáctica en el marco de un convenio con la Universidad Politécnica de Madrid.

Se presentan cinco artículos realizados por los estudiantes del Master en Innovación Tecnológica en Edificación (MITE) de la Escuela Técnica Superior de Edificación de Madrid (ETSEM), desarrollados en cinco áreas tecnológicas distintas.

El edificio se plantea como caso de estudio para el desarrollo de ejercicios prácticos enfocados en la modelización y simulación energética, convirtiéndose así en una herramienta útil para ensayar, monitorizar, recopilar y analizar datos sobre su funcionamiento, al tiempo que fomenta el intercambio de ideas y soluciones enfocadas en la mejora del confort térmico, en la sostenibilidad y eficiencia energética.

Thus, ENERES has come to develop an educational outreach programme within the framework of several agreements with public and private institutions, national and international universities and research groups, all of which focused on sustainability and energy efficiency issues.

The building is available for internships and guided tours, due to its innovative features and the availability of a large amount of data linked to its smart and dynamic operation. It is a case study in several Master's and Doctoral Theses, publications and participations in congresses and informative conferences, linked to the study of its innovative character and its energy performance associated with bioclimatic, geothermal and inertial systems.

The building is also a field of learning and experimentation in the framework of several Research and Development (R&D) projects. These are linked to the monitoring and validation of its systems associated with the possible use of energy from urban wastewater and subsoil.



This issue of B&M illustrates how Apolonio Morales 29 is used as a field of studies for the approach of activities oriented to didactics within the framework of an agreement with the Polytechnic University of Madrid.

There are five papers realized by the students of the Master in Technological Innovation in Buildings (MITE) at the Escuela Técnica Superior de Edificación de Madrid (ETSEM).

These papers are developed in five different technological areas, in which the building is used as a case study for the development of practical exercises focused on modelling and energy simulation. Hence, the building becomes a useful tool for testing, monitoring, collecting, and analysing data on its operation, while encouraging the exchange of ideas and solutions focused on the improvement of thermal comfort, sustainability and energy efficiency.

EXPERIENCIA Y APRENDIZAJE CONTINUO

La trayectoria de Apolonio Morales, junto al proceso de certificación LEED enseña que muchos conceptos de edificios eficientes y de baja exergía deben ir acompañados de otros importantes conceptos de gestión interna, donde el usuario tiene un papel importante, ya que se configura como el centro de los mecanismos de interacción entre el edificio y su entorno. Entre estos aspectos podemos mencionar la gestión de residuos, el uso de productos sostenibles, la reducción de la contaminación en transportes.

El posicionamiento de Apolonio Morales dentro del marco LEED EB:O+M en términos de eficiencia, ha destacado los aspectos que deben desarrollarse y mejorarse para complementar este escenario multidimensional de máxima eficiencia y sostenibilidad.

ONGOING LEARNING OPPORTUNITIES

The trajectory of Apolonio Morales, together with the LEED certification process, teaches that many concepts of efficient and low exergy buildings must be matched by other important concepts of internal management, where the users have an important role, since they are at the core of the mechanisms of interaction between the building and its environment. These include waste management, the use of sustainable products and the reduction of pollution in transport.

The positioning of Apolonio Morales within the framework LEED EB:O+M in terms of efficiency, has highlighted the aspects that need to be developed and enhanced to complement this multidimensional scenario of maximum efficiency and sustainability.



The Green architecture as a contribution for environmental improvement in Madrid

La arquitectura verde como solución de mejora medioambiental en Madrid

JESÚS GIOVANNI MURCIA

Arquitecto.
triptoarc@gmail.com

M^a ALEJANDRA GÓMEZ

Ingeniería civil.
alejagoa@gmail.com

RICARDO TENDERO CABALLERO

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

The objective of this article is to compare the behavior of a green roof solution versus a traditional roof and its influence on the thermal comfort conditions in an office building located at 29 Apolonio Morales Street in the city of Madrid. After analyzing its behavior in a winter climate period and in turn, from an architectural vision, projecting new uses of the building's roof, different scenarios are proposed to understand if green spaces can change or improve the building's energy performance and influence the mood of users of the office building. By simulating the construction conditions closest to the reality of the building and the modification proposal involving the green architecture, simulations are carried out and the results are compared through the Design Builder software to know its energetic behavior. On the other hand, some parameters are proposed for the project to modify the use of the roof, seeking to generate synergies between the elements that currently make up the building and which, according to the initial visit, have been known to work very well and generate large contributions to the operation and performance of the building.

Ambiental management; Green architecture; Green roof; Urban agriculture.

El presente artículo tiene como objetivo comparar el comportamiento de una solución de cubierta verde frente a una cubierta tradicional y su influencia en las condiciones de confort térmico, en un edificio de oficinas ubicado en la calle Apolonio Morales 29 de la ciudad de Madrid. Tras analizar su comportamiento en una franja climática invernal y a su vez, desde una visión arquitectónica, proyectar nuevos usos de la cubierta del edificio, se plantean diferentes escenarios para entender si los espacios verdes pueden cambiar o mejorar el comportamiento energético del edificio e influir en el estado anímico de los usuarios del edificio de oficinas. Mediante la simulación de las condiciones constructivas del edificio y la propuesta de modificación que involucra la arquitectura verde, se realizan simulaciones y se comparan los resultados a través del software Design Builder para conocer su comportamiento energético. Por otra parte, se proponen algunos parámetros para el proyecto de modificación de uso de la cubierta buscando generar sinergias entre los elementos que conforman actualmente el edificio y que de acuerdo a las visitas iniciales se ha conocido que funcionan muy bien y generan grandes aportes al funcionamiento y desempeño de la edificación.

Gestión Ambiental, Arquitectura Vegetal, Cubierta Verde, Agricultura Urbana.

1. INTRODUCCIÓN

Hasta ahora, la industria de la construcción, ha sido identificada en todo el mundo como una de las áreas prioritarias a afrontar para lograr los objetivos internacionales de sostenibilidad, desarrollo, construcción inteligente y uso eficiente de los recursos, teniendo en cuenta que los edificios son responsables del 30% del consumo mundial de energía, debido principalmente a su baja eficiencia energética, y asimismo de un tercio de las emisiones directas e indirectas de CO₂ [1].

Es por tanto imprescindible reducir los impactos negativos y crear impactos positivos en el entorno climático y natural de

los edificios, desde el diseño hasta la construcción y **operación**. Los edificios verdes (Green Buildings) preservan los recursos naturales y mejoran la calidad de vida, por lo que resultan una buena alternativa por parte del sector de la construcción a la problemática medioambiental actual. Estos edificios contemplan el uso eficiente de la energía, agua y otros recursos, implementando energías renovables, medidas de reducción de contaminación y desperdicio, tratamientos para mejorar la calidad del aire interior, así como el empleo consciente de materiales no tóxicos, éticos y sostenibles. Adicionalmente los edificios deben adaptarse a las condiciones climáticas distintivas, culturales y tradiciones únicas de cada lugar y región [2].

Para empresas del sector, como la consultora de ingeniería internacional Grupo Arup, la integración de vegetación mediante la envolvente de los edificios a través de cubiertas verdes o fachadas vegetales (Fig. 1), puede ayudar a reducir el calentamiento urbano (efectos de isla de calor), filtrar el polvo fino en las calles y reducir los niveles de ruido, aprovechando el momento actual como una oportunidad de las ciudades para mejorar la infraestructura ecológica y ayudar a reducir el consumo de energía, mejorando la calidad del aire y el bienestar de las personas [3].



Fig. 1. Enfoques de diseño de las soluciones vegetales en la ciudad. Fuente: Cities Alive, Arup, 2017.

De la misma manera, la Asociación de Techos Verdes para Ciudades Sanas obtiene beneficios a través del aprovechamiento de los espacios de cubierta, para el aumento de la biodiversidad, ayudando a sostener una gran variedad de plantas e invertebrados y proporcionando un hábitat para distintas especies de aves. Esto genera beneficios sobre el ecosistema, aumentando la productividad durante periodos de variación ambiental, y económicos, pudiendo convertirse en proveedores de bienes ecológicos y de servicios.

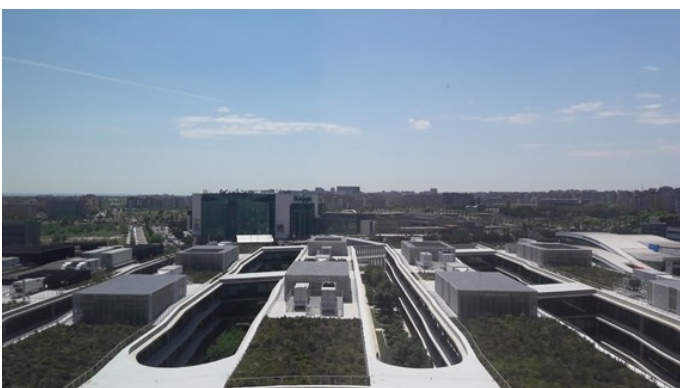


Fig. 2. Cubierta verde, Edificio de oficinas La Vela, Ciudad BBVA, Madrid. Fuente: Propia del autor.

Ejemplos como la cubierta verde de la Ciudad BBVA son cada vez más frecuentes. En el ámbito social, la diversidad visual y ambiental pueden tener un impacto positivo en la comunidad

y el bienestar psicológico (Fig. 2), contribuyendo directamente al bienestar de los usuarios a través de la reducción de la contaminación y del aumento de la calidad de agua. Los techos verdes pueden servir además, como centros comunitarios, incrementando la cohesión social, el sentido de comunidad y la seguridad pública [4].

Por otra parte, según la División de Población del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, (Fig. 3) para el año 2050 el mundo habrá alcanzado 9.800 millones de habitantes y un 66 por ciento de ellos estará viviendo en áreas urbanas [5]. Para entonces, la escasez de recursos, el cambio climático y el incremento de costos energéticos harán cambiar la forma en que vivimos y construimos. Con estos parámetros, la concepción de los edificios se debe adaptar a un futuro inmediato con miras a conseguir resultados acordes con el avance tecnológico, a través de sistemas integrados donde la información fluya en tiempo real y se encuentre interconectada, y de edificios que respondan a las necesidades climáticas del medio y del propio usuario de manera inmediata, de acuerdo a principios medioambientales sostenibles.

Crecimiento de la población mundial: alcanzando 7 mil millones

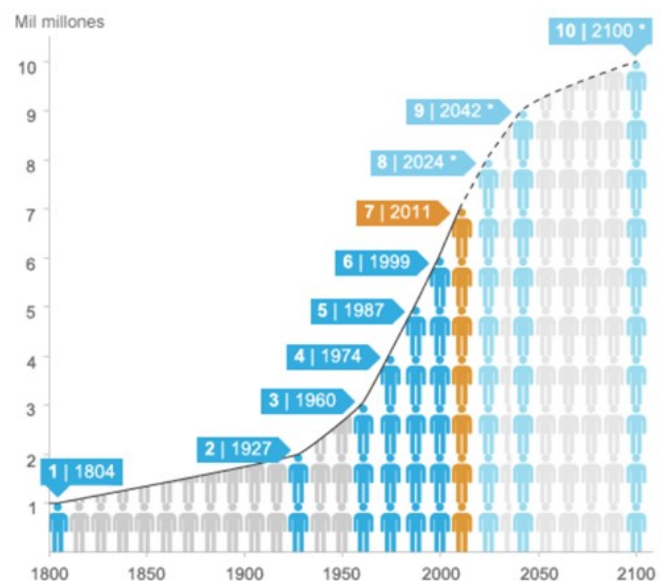


Fig. 3. Cifras poblacionales futuras de acuerdo a las predicciones de la ONU. Fuente: Fondo de población de la ONU.

En este sentido, el Grupo Arup propone a nivel teórico un hipotético edificio del futuro con los aspectos más importantes que este debe integrar para poder actuar más eficientemente a este número creciente de la población urbana. Ya se habla aquí de la capacidad de respuesta que debe adquirir la fachada ante estímulos externos gracias a elementos dinámicos que responden de manera inmediata.

Otro factor que cobra relevancia es la creación de espacios de los que se haga un uso sostenible y que puedan responder

a las necesidades de los propios usuarios por medio de un uso eficiente de los recursos, como las granjas verticales. Con todo ello, se forja la idea de edificio como organismo vivo que debe adaptarse a los requerimientos de sus ocupantes [6].

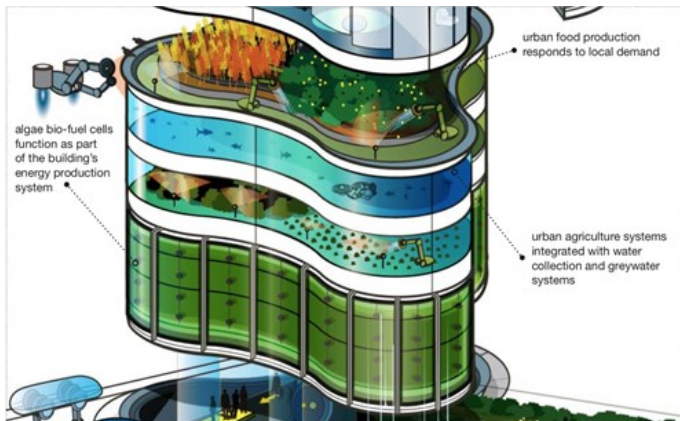


Fig. 4: Visión futurista de los edificios en 2050. Fuente: It's alive, Can you imagine the urban building?, ARUP

Otro beneficio muy importante del uso de los techos verdes como espacio ideal para proyectos de agricultura urbana, es que ayuda a mitigar la huella urbana de una comunidad a través de la creación de un sistema de producción de alimentos locales que pueden servir como fuente de unión de la comunidad, como mejora de los niveles de nutrición y avance en la autosuficiencia. Es preciso explorar los beneficios de los sistemas de agricultura urbana, los cuales cada vez tienen más reconocimiento, sin embargo se requiere explorar las bondades de una aplicación sistemática de este tipo de soluciones. De esta forma, junto con la edificación, las estrategias verdes podrían manifestar los avances positivos y adaptarse con éxito al futuro, como parte de las soluciones sostenibles, incorporándose en una red mucho más amplia de ecosistemas naturales.

Mediante este tipo de propuestas y a medida que las ciudades avanzan hacia un futuro altamente urbanizado, existe la necesidad de preparar a las localidades para adoptar nuevas dinámicas y ofrecer soluciones potenciales a los problemas que enfrentarán como resultado de su propio crecimiento. Algunas de ellas han tenido éxito en la comprensión de los desafíos y los están abordando, pero claramente no existe una aplicación masiva o consistente de la política ambiental. Es útil comprender estos fenómenos e investigar las lecciones que se pueden extraer de estrategias y enfoques exitosos.

Proyectos que cambian el juego como el High Line en Nueva York (Fig. 5), han superado espectacularmente los obstáculos anteriores, demostrando que la agricultura vertical, con el uso de sistemas de acuicultura integrados, representa una solución viable a la cuestión crítica de alimentar a una población en crecimiento dentro del contexto de la ciudad. El concepto es contener la producción de alimentos, la recolección de ener-

gía verde y un sistema de alimentación cerrado en un edificio, con requisitos de transporte y distribución limitados. Una densa concentración de actividad agrícola está contenida dentro de una huella urbana y de carbono mínima, fusionándose perfectamente con la estructura urbana existente [7].



Fig. 5: The High Line New York: Utilización de cubiertas industriales y renovación con espacios verdes administrados por la comunidad. Fuente: Cities



Fig. 6: The Urban Farm, Pasona HQ Tokio: Desarrollo de sistema de agricultura urbana dentro de su edificio de oficinas.

Es así que surgen proyectos verdes, donde su enfoque principal no está ligado a las compensaciones de consumo o eficiencia energética, sino en crear edificaciones realmente ecológicas que puedan cambiar la forma en que la gente vive su cotidianidad e incluso su propia carrera profesional.

Pasona HQ, una compañía japonesa busca a través de la rehabilitación de su edificio de oficinas en Tokio, proveer mejores lugares de trabajo a sus empleados y extender los beneficios a la comunidad. Además de crear un mejor ambiente de trabajo, esta firma también busca promover los proyectos de agricultura urbana y tradicional con fin de asegurar una producción sostenible de alimentos en el futuro, generando impacto en el bienestar y la salud de sus empleados, pero

también en la comunidad en la cual desarrolla su labor, demostrando que la influencia de las soluciones de arquitectura verde puede ir más allá del edificio donde se generan [8].

Es por esto, que con objeto de resaltar los beneficios en los aspectos medioambientales dentro de la relación edificio-usuario, se analiza el desempeño de una **propuesta verde** en la cubierta de construcciones y su prolongación hacia el interior de las mismas, desde la hipótesis de que los edificios verdes preservan los recursos naturales y mejoran la calidad de vida (Fig. 7).

En base a lo citado anteriormente, el objetivo del presente estudio es comparar el comportamiento de una solución de cubierta verde frente a una cubierta tradicional y su influencia en las condiciones de confort térmico en un edificio de oficinas ubicado en la calle Apolonio Morales 29 de la ciudad de Madrid, construido en los años noventa y rehabilitado bioclimáticamente en el año 2009 por el IEI - Instituto Europeo de Investigación / MM Arquitectura de bajo impacto; siguiendo parámetros de eficiencia energética y arquitectura sostenible, donde se ha logrado hacer un uso racional de los recursos naturales disponibles, así como involucrar el edificio en su entorno urbano.



Fig. 7: Techo verde, huerto urbano e invernadero. Zoku Roof, Amsterdam. Fuente: Green-roofs.com

Partiendo de la premisa de que la interacción entre los edificios construidos y sus usuarios va más allá de la respuesta a los parámetros de eficiencia energética, de su funcionalidad ligada al propósito de uso y de los sistemas de control y gestión del comportamiento de la edificación, la propuesta del presente estudio valora la influencia de integrar una solución verde en la cubierta del edificio desde tres perspectivas diferentes:

- ◆ Cuantificación del beneficio en cuanto al **confort térmico** gracias a evitar el sobrecalentamiento de la cubierta en verano y la pérdida de calor en invierno.

- ◆ Generación de nuevos usos dentro de la cubierta del edificio que faciliten la **integración de la comunidad** y se adapte a los requerimientos de los mismos.
- ◆ Estudio del **bienestar** generado por la incorporación de sistemas vegetales dentro del ámbito laboral en el estado anímico de los usuarios.

2. MARCO TEÓRICO

A medida que crece la densidad de población en las ciudades, y los espacios habitables se reducen, empieza a cobrar relevancia la infraestructura urbana verde. Las cubiertas son un espacio generalmente al que no se da un uso efectivo, sin embargo son espacios con un gran potencial de desarrollo dentro de las ciudades. Una solución que se presenta muy atractiva para combatir la densificación de las edificaciones son las cubiertas ajardinadas. Con este tipo de intervención el paisaje urbano podría cambiar de manera sustancial.

Estos sistemas se caracterizan por la presencia de plantas trepadoras o plantas de suelo, que crecen convirtiéndose en estructuras de soporte diseñadas específicamente para el lugar donde están ubicadas. Están generalmente enraizadas en capas de suelo a la base de la estructura, en macetas elevadas en niveles intermedios o directamente en las cubiertas de la edificación. Tras aprovechar los espacios urbanos para plantar vegetación nuevamente, aparecen los beneficios que hacen que ocurran los efectos de enfriamiento natural, permitiendo reducir las consecuencias de la llamada isla de calor; así como el aumento de los flujos de aire y su enfriamiento. La consecuencia es la mitigación de los niveles de contaminación del aire mediante la reducción de las temperaturas y en su proceso natural, la captación de material particulado y captura de gases. El aislamiento térmico que producen repercute directamente en menores demandas de energía, menor utilización de los procesos de hvac, liberando a su vez menos subproductos contaminantes al aire, mejora de la calidad del aire interior y reducción de ruido. El sistema convierte las edificaciones en ventajas competitivas dentro del mercado ecológico e impacta favorablemente la cantidad de espacio verde en los centros urbanos

Dentro de esta alternativa aparecen un sinfín de intervenciones posibles y entre ellas, la agricultura urbana. No solo mejora el comercio de alimentos dentro de la propia urbe sino que además genera beneficios relacionados con la reducción del estrés y con la mejora de la productividad en el trabajo. Además, para mantener parte de los usos establecidos en el proyecto original, se incluyen los colectores solares creando sinergias vitales en el espacio urbano.

Otros estudios destacan los beneficios ambientales y sociales relacionados con los espacios verdes para mitigar los efectos ambientales inducidos por la urbanización y aumentar la calidad de vida de los ciudadanos. En la investigación de Breuste

et Al, 2013, el espacio verde urbano se define como una variedad de parques, árboles de calle, agricultura urbana, jardines residenciales y jardines de techos [9] con ventajas como la generación de ambientes más frescos gracias a la provisión de sombra y humedad que generan como la realizada por Laforteza et Al. En esta investigación se empleó una evaluación de psicología ambiental para conocer si existe una relación entre el uso de espacios verdes y los beneficios físicos y psicológicos, y el bienestar percibido por los usuarios cuando es más probable que ocurran episodios de estrés por calor [10].

Por otra parte, el estudio liderado por Will Valley y Hannah Wittman de la Universidad de British Columbia en Canadá, explora las políticas alimentarias y de sostenibilidad de Vancouver, comparándolas con la política alimentaria ejemplar de Milán para "Alimentar el planeta, Energía para la vida." El artículo habla sobre la importancia del funcionamiento de los esquemas de agricultura urbana en Vancouver e invita a buscar medios de apoyo para los mecanismos de agricultura urbana como ayuda a resolver problemas de producción alimentaria urbana, demostrando la importancia mayor que adquiere este tema en las políticas urbanas [11].

Adicionalmente es importante resaltar cómo las principales organizaciones mundiales, es este caso las Naciones Unidas, resaltan los proyectos que buscan contribuir a la solución de problemas de medio ambiente y sostenibilidad. Un gran ejemplo es el premio otorgado recientemente a Adam Dixon como Campeón Joven de la Tierra por el desarrollo de su tecnología hidropónica que apoya el crecimiento de las plantas que usan 10 veces menos de tierra y agua que la horticultura tradicional. El objetivo inmediato de Dixon es diseñar soluciones hidropónicas para invernaderos, las cuales son compatibles con los desarrollos en agricultura urbana y continuar con su visión de usar tan solo un 10% de la tierra para la agricultura en el año 2050, pero seguir obteniendo productos frescos y acordes a las necesidades de alimentación mundial [12].

Asimismo dentro del presente estudio hemos considerado la investigación realizada por Julia Ayuso, quien desde su investigación acerca de arquitectura que mejora el bienestar y la productividad de las personas, mediante el uso de estrategias de diseño centradas en las personas y a su vez, mediante la realización de evaluaciones para medir el estado anímico de los trabajadores en estudios en España, Japón y Australia, concluye que los espacios que conectan a las personas con la naturaleza a través de un diseño integrador, aumentan el bienestar, productividad y salud de las personas, demostrando que en los espacios de trabajo con vegetación las personas manifestaron sentirse más despiertas con un 15,5% más de beneficio físico. Igualmente al combinar la vegetación con la luz natural, la sensación de carga de trabajo disminuye hasta en un 11,9%. Entre otras conclusiones, Ayuso logra demostrar de una forma científica e integral, los beneficios sobre

las personas que trabajan en ambientes laborales con vegetación [13].

3. MÉTODO

3.1 CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROYECTO

El edificio a intervenir se localiza en la calle Apolonio Morales N°29, en un área residencial de la zona norte de Madrid. Se trata de un edificio de oficinas construido en los años 90 y rehabilitado bajo los principios de sostenibilidad en el año 2009.

Para la consecución de los objetivos aquí planteados se cuenta con la información actualizada del estado del edificio y suministrada por parte del Arquitecto Luis de Pereda encargado del proyecto de rehabilitación del edificio. En concreto, se facilitaron los siguientes documentos:

- ◆ Memoria descriptiva del proyecto de ejecución de rehabilitación.
- ◆ Planos arquitectónicos en formato PDF.
- ◆ Simulación energética del edificio en estado actual llevada a cabo mediante el software Design Builder.



Fig. 8. Localización del proyecto. Fuente: Google Earth.

Un primer acercamiento a las instalaciones del edificio permitió entender el concepto que habían seguido sus diseñadores durante el proceso de rehabilitación, donde buscaban un cambio respecto a la idea inicial con que se concibió el edificio. Se propone un diseño arquitectónico de alto rendimiento donde se involucra el comportamiento bioclimático de los sistemas, el aprovechamiento de los recursos naturales y se potencian los intercambios termodinámicos; todo ello para obtener un mayor confort interior a la vez que se reduce la demanda energética. Las estrategias que se siguieron pretendían satisfacer tres principios fundamentales:

- ♦ Edificio natural. Debe mantener una relación ecológica con su entorno.
- ♦ Edificio complejo. Se convierte en un tejido complejo de intercambio de información y recursos en constante evolución que debe ser gestionada de manera resolutive.
- ♦ Edificio reactivo. Con el avance a paso firme de la tecnología se requiere una gran flexibilidad en el edificio que permita adaptarse a los cambios y avanzar en la consecución de los objetivos planteados.

3.2 SUSTENTACIÓN DEL EDIFICIO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

El edificio caso de estudio cuenta con una cubierta invertida transitable donde se ubica la maquinaria de climatización y el cajón de paneles acústicos. Es un espacio que cuenta con un área resuelta con forjado reticular de hormigón. Se trata de un espacio que a pesar de encontrarse en uso actualmente, puede incrementar sus prestaciones y generar un beneficio mayor tanto energéticamente como en el confort de los usuarios a través de su intervención mediante una arquitectura vegetal.

Tras un análisis inicial de las condiciones climáticas donde se ubica el edificio a intervenir, la solución de arquitectura vegetal se estima viable. Como se ha explicado anteriormente, la amplitud térmica que se alcanza en la ciudad de Madrid es bastante grande tanto de una estación a otra como a lo largo de un mismo día. Esto hace que se generen picos de potencia en los sistemas de climatización.

Según los cálculos presentados en la memoria del proyecto, se estima una demanda de potencia del edificio de:

Pcalefacción: 45,7 kW

Prefrigeración: 48,9 kW

Para su producción, el edificio cuenta con un sistema primario en base a bombas de calor de intercambio geotérmico que aprovecha la estabilidad del calor del terreno sobre el que se encuentra edificado. Mediante este sistema logran una potencia aproximada de 25 kW para satisfacer las demandas requeridas por el edificio.

Además, cuenta con un sistema auxiliar que alivia las cargas requeridas a través de una bomba de calor aire-agua que aporta una potencia de hasta 35,1 kW.

Ambos son sistemas activos que proveen grandes prestaciones al edificio. Sin embargo, si el edificio contara con una envolvente vegetal estos rendimientos se podrían incrementar, de tal manera que no fuera necesario el empleo tan frecuente de sistemas auxiliares.

Con la solución vegetal, ya sea en fachada o cubierta se otorga una segunda piel a la envolvente logrando un comportamiento más estable de la temperatura y la humedad a lo lar-

go del día, cumpliendo un papel aislante y estabilizador de la temperatura interior, mejorando el confort térmico y disminuyendo la necesidad de generar grandes aportes de energía en el uso de calefacción o refrigeración.

3.3 ESTUDIO CLIMATOLÓGICO

El estudio del régimen climático en la realización de este tipo de proyectos, asegura que las estrategias seleccionadas para dar solución al diseño sean las adecuadas y que durante la puesta en servicio del mismo, el edificio funcione otorgando el máximo rendimiento y beneficio al usuario final. Se convierte por tanto, en la base para realizar una intervención satisfactoria.

El clima de la ciudad de Madrid dentro de la escala de Köppen-Geiger es CSA, es decir, continental Mediterráneo, caracterizado por inviernos fríos y veranos cálidos. Se dice que se trata de un clima continental por los grandes rangos de temperatura que existen (la amplitud térmica alcanza los 20°C). Los veranos son secos y cálidos. Las precipitaciones medias anuales en Madrid se encuentran alrededor de los 400 mm y se registran entre otoño y primavera. Es habitual que los días presenten cielos despejados y soleados.

De acuerdo a las consultas realizadas en el software Climate Consultant 6.0, y teniendo en cuenta los parámetros de la ASHRAE Standard 55-2004, se observa en la gráfica el desempeño del clima de Madrid a lo largo del año y como durante gran parte del mismo, las temperaturas medias permanecen por debajo de la zona de confort térmico y por el contrario, durante los meses de Junio a Agosto permanecen muy por encima de ella (Fig. 9).

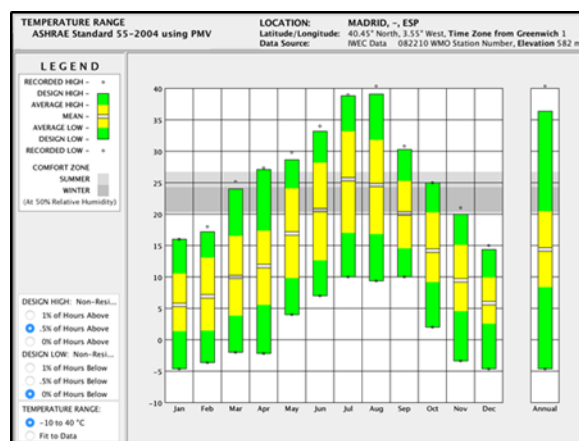


Fig. 9. Rangos de temperatura anual de la ciudad de Madrid. Fuente: climate consultant 6.0.

Para un análisis completo del comportamiento del edificio a lo largo de un periodo anual se deben seleccionar franjas de homogeneidad térmica que permitan caracterizar las estrategias a partir de las condiciones climáticas. Aunque inicialmente se siguió este procedimiento, para este proyecto el estudio se centra en el mismo periodo elegido por parte de la empresa a fin de poder generar datos comparables. En este caso el

análisis se realiza para el periodo comprendido entre el día 20 de noviembre y el 3 de diciembre. A continuación, en la Fig. 10 se muestra la carta psicrométrica obtenida del software Climate Consultant 6.0 correspondiente a ese periodo. A través de este análisis inicial se realiza una valoración de las posibles soluciones para la intervención a realizar y corroborar si la solución es viable o no.

A su vez, se representa la variación térmica de la zona para evaluar posibles consecuencias de periodos continuados de calor y planificar correctamente posibles intervenciones para minimizar los efectos de la isla de calor. Actualmente la edificación se encuentra en una zona de impacto moderado.

3.4 PROPUESTA

La presente investigación se orienta a la realización de un análisis comparativo entre la respuesta ambiental del edificio en sus condiciones actuales reales, presentando unos niveles bastante buenos de eficiencia energética, y el edificio en el caso de incluir en su cubierta un sistema vegetal. Se tiene conocimiento, gracias a las labores de monitorización y gestión, del comportamiento a lo largo de los últimos once años, lo que permite cruzar estos datos con los generados a través del modelo vegetal propuesto y caracterizado en el software de simulación Design Builder. Con todo ello, se pretende identificar las posibles variaciones y oportunidades de mejora al realizar modificaciones en la composición de su envolvente con los elementos vegetales. Por otra parte, se diseña y caracteriza el modelo de envolvente vegetal de forma que se puedan aprovechar espacios exteriores del edificio que hoy, debido a su configuración, no están siendo aprovechados para extender la vida del edificio y su uso hacia el exterior, sino que tan solo están sirviendo como espacios de apoyo a las instalaciones técnicas y de eficiencia de la edificación.

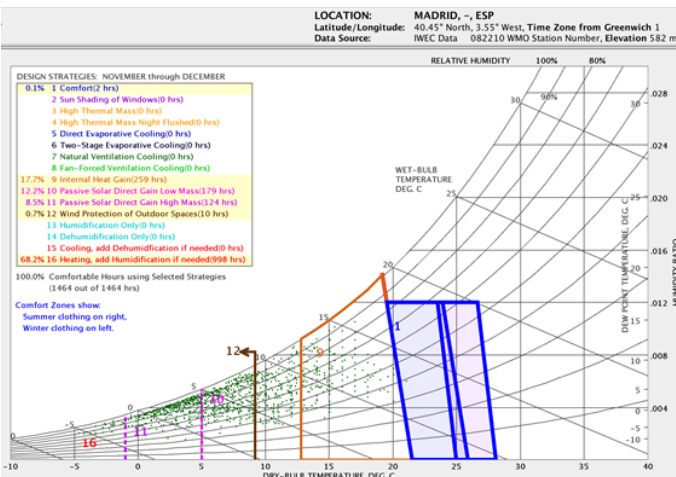


Fig. 10. Estrategias de diseño pasivas sugeridas por el software climático en el periodo de estudio. Fuente: Climate Consultant 6.0

Se trata de un periodo otoñal caracterizado por temperaturas bajas y humedad elevada. El motivo son las precipitaciones propias de estos meses. Será por tanto la ganancia solar y de cargas térmicas internas estrategias que acompañarán estos meses. En el caso de una cubierta vegetal, ayudaría la utilización de aislamiento necesario para evitar las pérdidas de calor.

El efecto isla calor es otro factor a tener en cuenta durante el proceso de selección de estrategias. La Fig. 11 muestra la distribución del uso del suelo del barrio Hispanoamérica del Ayuntamiento de Madrid en función de su tipología, y se puede apreciar que el edificio se encuentra en una área urbana.

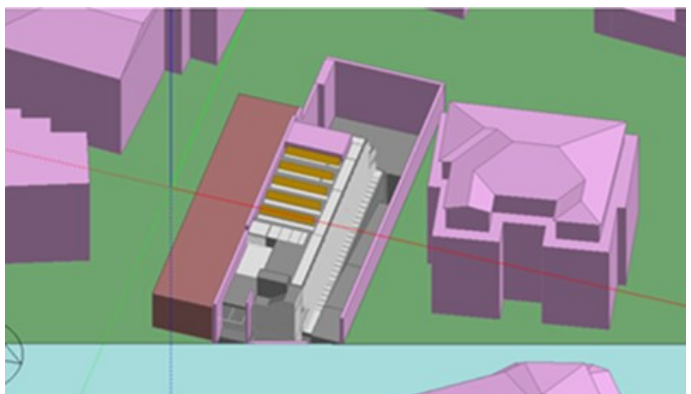


Fig. 12. Modelo del edificio en Design Builder. Fuente: Modelo facilitado por la empresa.

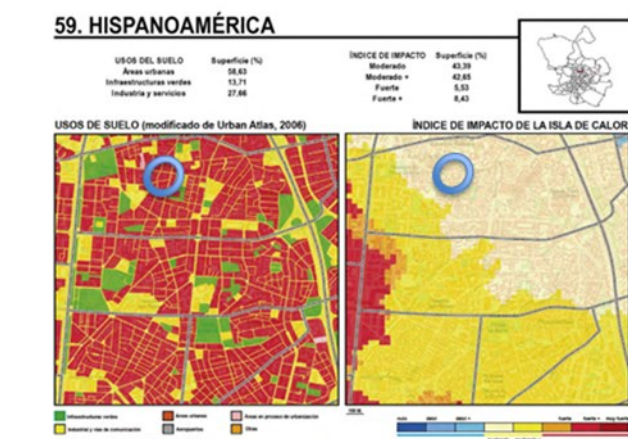


Fig. 11. Índice de impacto de isla de calor zona Hispanoamérica. Estudio de detalle del clima urbano de Madrid, área de gobierno de medio ambiente y movilidad, Ayuntamiento de Madrid, 2016.

Simulación

A fin de comprobar el comportamiento y posibles mejoras que se derivan del empleo de sistemas de cubiertas que incluyen un acabado vegetal, se va a establecer un primer caso de estudio en el cual se realiza la comparación entre el estado actual de la cubierta y la misma solución en la que se incorpore una cobertura vegetal. Para ello, se emplea el software Design Builder que ya se ha venido usando por parte de la propia compañía para realizar las simulaciones del comportamiento energético actual del edificio. Se ha de tener en cuenta que la información proporcionada por parte de la empresa

sa centra las estrategias para una semana concreta de otoño correspondiente al periodo comprendido entre el 20 de Noviembre y el 3 de Diciembre. Por este motivo, y para generar una comparación consecuente a estos datos, las simulaciones que se van a realizar se desarrollan en el mismo periodo, quedando los resultados sujetos a un comportamiento concreto marcado por la climatología propia del momento.

Otro factor a tener en cuenta es que a fin de comprobar la respuesta bioclimática del edificio ante las condiciones externas y entender cuál de todas las estrategias instauradas es la que presenta mayor efectividad., todos los sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación mecánica se encuentran desactivados, exceptuando la ventilación natural.

Para el **segundo caso de estudio** se analizan las ventajas que conlleva la inclusión de un sistema de cubierta vegetal en una cubierta plana tradicional, como podría ser la que presentaba el proyecto previo a la rehabilitación del año 2009. Además se compara de igual manera con la solución actual de cubierta.

Todos los datos analizados se centrarán en la respuesta que tiene la primera planta del edificio de oficinas, pues es la directamente influenciada por el cambio de cubierta. La distribución de esta planta es como la que se muestra en la Fig. 13.

Superficie exterior	
50,00mm	Arena y grava [1700 < d < 2200]
3,00mm	Resina poliéster no saturado [UP] [no está a escala]
30,00mm	Hormigón con áridos ligeros 1600 < d < 1800
3,00mm	Cloruro de polivinilo [PVC] [no está a escala]
3,00mm	Resina poliéster no saturado [UP] [no está a escala]
3,00mm	Aluminio [no está a escala]
50,00mm	PUR Plancha con HFC o Pentano y rev. impermeable
50,00mm	PUR Plancha con HFC o Pentano y rev. impermeable
300,00mm FR Entrevigado de hormigón -Canto 300 mm	
Superficie interior	

Fig. 14. Cubierta en estudio. Tipo R1-a. Fuente: Design Builder

Superficie exterior	
20,00mm	Mortero de cemento o cal para albanilería y para revoc
30,00mm	XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034]
3,00mm	Resina poliéster no saturado [UP] [no está a escala]
30,00mm	Hormigón con áridos ligeros 1600 < d < 1800
3,00mm	Cloruro de polivinilo [PVC] [no está a escala]
3,00mm	Resina poliéster no saturado [UP] [no está a escala]
3,00mm	Aluminio [no está a escala]
50,00mm	PUR Plancha con HFC o Pentano y rev. impermeable
50,00mm	PUR Plancha con HFC o Pentano y rev. impermeable
300,00mm FR Entrevigado de hormigón -Canto 300 mm	
Superficie interior	

Fig.15 Cubierta en estudio. Tipo R1-b. Fuente: Design Builder.

Superficie exterior	
20,00mm	Mortero de cemento o cal para albanilería y para revoc
30,00mm	XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 [0.034]
3,00mm	Resina poliéster no saturado [UP] [no está a escala]
30,00mm	Hormigón con áridos ligeros 1600 < d < 1800
3,00mm	Cloruro de polivinilo [PVC] [no está a escala]
3,00mm	Resina poliéster no saturado [UP] [no está a escala]
50,00mm	PUR Plancha con HFC o Pentano y rev. impermeable
50,00mm	PUR Plancha con HFC o Pentano y rev. impermeable
100,00mm Hormigón armado 2300 < d < 2500	
3,00mm	Acero [no está a escala]
Superficie interior	

Fig. 16. Cubierta en estudio. Tipo R2-b. Fuente: Design Builder.

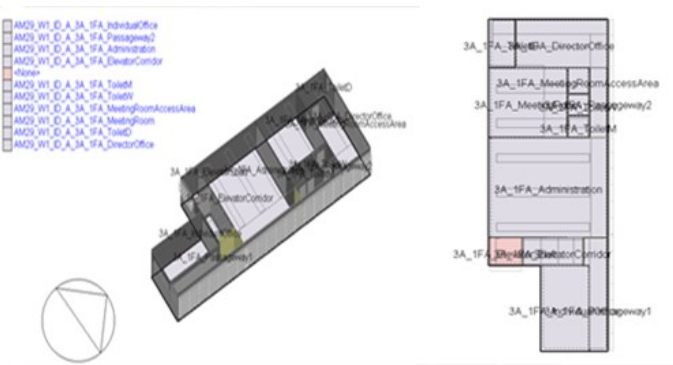


Fig. 13. Modelo en Design Builder de la primera planta. Fuente: Modelo facilitado por la empresa.

CASO DE ESTUDIO 1

◊ Simulación Base (SB):

Se realiza la simulación de la cubierta con los componentes estructurales actuales. En el modelo que se facilitó por parte de la empresa se realizó la diferenciación en las terminaciones de la cubierta, por lo que finalmente se obtuvieron tres tipos de soluciones constructivas que se visualizan en las figuras 14-15-16 y que se introdujeron en el modelo como Subcapas.

◊ Simulación 1 (CE1-S1): Cubierta vegetal

Partiendo de la composición estructural actual del edificio de oficinas, se genera una terminación diferente a la planteada a partir de una cobertura vegetal. Se seleccionó para este fin, un sistema de cubierta extensiva como la representada en la Fig.17 con un espesor de sustrato de 20 cm.

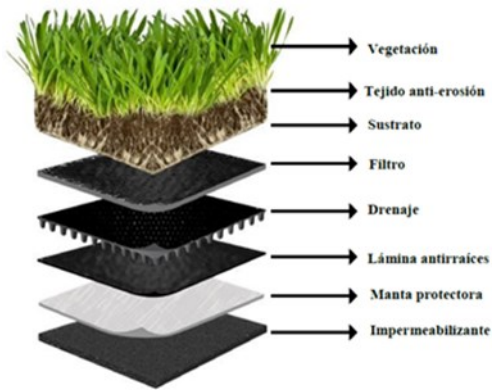


Fig. 17. Cubierta vegetal tipo extensiva.

El modelo de Design Builder tiene la posibilidad de modelar las cubiertas vegetales generando una capa adicional en la que se especifican las características propias del sustrato a emplear con su correspondiente espesor y, adicional a esto, se facilita la opción de incluir las características de la vegetación que se pretende simular, aportando datos como el índice de hojas, la densidad, etc. Con ello, la configuración final es como la de las Fig. 18-19-20.



Fig. 20. Cubierta en estudio. Tipo GR-R2-b. Fuente: Design Builder.

CASO DE ESTUDIO 2

Con intención de ampliar el rango de estudio del comportamiento de las cubiertas vegetales, el caso de estudio 2 se realiza con un enfoque en el comportamiento de la cubierta vegetal a partir de una solución de cubierta plana tradicional como podría ser la que presentaba la edificación antes de la rehabilitación del año 2009.

En este caso, se hará una comparación entre el sistema que presenta el edificio anteriormente nombrado como SB, con una solución de cubierta vegetal.

La primera es la misma solución de cubierta en la cual no se hubiera contemplado un aislamiento que cumpliera con los valores de eficiencia energética, es decir, la misma cubierta que se tenía antes de la rehabilitación del 2009, que se nombrará CE2-S1 (Fig. 21-22-23).



Fig. 18. Cubierta en estudio. Tipo GR-R1-a. Fuente: Design Builder.



Fig. 19. Cubierta en estudio. Tipo GR-R1-b. Fuente: Design Builder.



Fig. 21. Cubierta en estudio. Tipo Cp-R1-a. Fuente: Design Builder

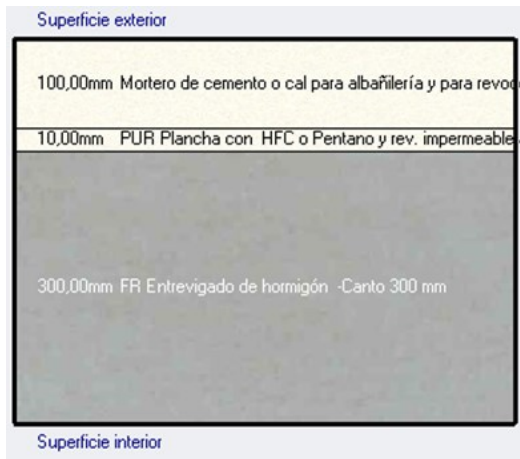


Fig. 22. Cubierta en estudio. Tipo Cp-R1-b. Fuente: Design Builder.



Fig. 25. Cubierta en estudio. Tipo GR- Cp-R1-b. Fuente: Design Builder.

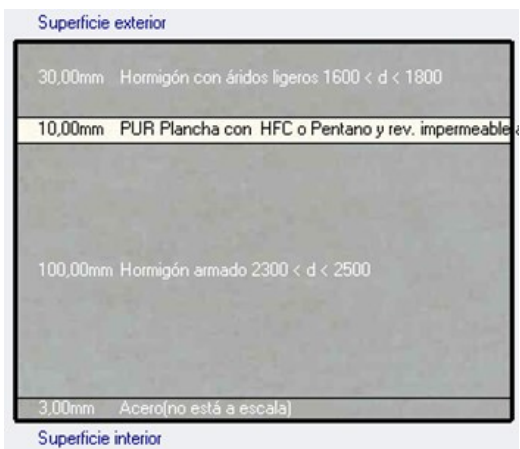


Fig. 23. Cubierta en estudio. Tipo Cp-R2-b. Fuente: Design Builder.

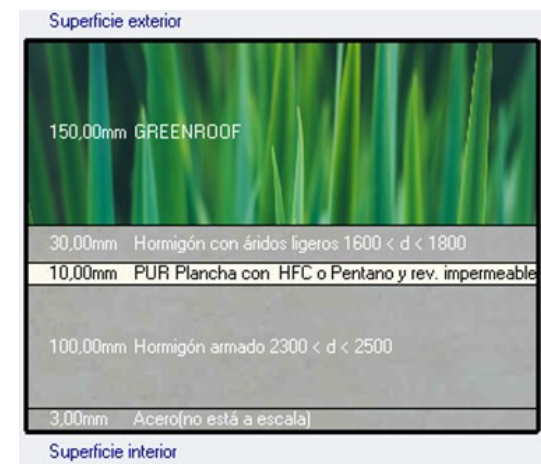


Fig. 26. Cubierta en estudio. Tipo GR-Cp-R2-b. Fuente: Design Builder

La segunda es una solución de cubierta vegetal que se podría haber contemplado como solución durante la rehabilitación en lugar del sistema actual, que se nombrará CE2-S2 (Fig. 24-25 -26). Los componentes que definen cada una de estas soluciones se muestran a continuación. El espesor del sustrato en este caso será de 15 cm.

◦ Simulación 1 (CE2-S1): Cubierta plana tradicional



Fig. 24. Cubierta en estudio. Tipo GR-Cp-R1-a. Fuente: Design Builder.

PROPUESTA ARQUITECTÓNICA

Desde una visión arquitectónica y comprendiendo desde un principio que se saldría de los parámetros de comprobación, de pruebas o ensayos para demostrar su validez; decidimos realizar una propuesta de modificación del espacio transitable de la cubierta. Desde el concepto de aprovechamiento de la mayor cantidad de espacio disponible para ampliar las alternativas de uso alrededor de la arquitectura verde, (Fig. 27) se propone la implementación de una cubierta verde y un espacio para el desarrollo de la agricultura urbana, sin perder los actuales usos y priorizando mantener la cubierta como un captador solar mediante paneles de captación de radiación difusa, el espacio de la unidad de tratamiento de aire y de la conservación de los lucernarios existentes.



Fig. 27. Concepto de diseño, aprovechamiento de espacio en cubierta para cubierta verde y agricultura urbana. Fuente: Pinterest

La integración de las diferentes capas propuestas en la cubierta, como se muestra en la figura 28, pretende encontrar una solución válida para las distintas épocas del año y sostenibles en el tiempo. La intención es que la cubierta verde sea realizada con distintos tipos de sedum, un tipo de vegetación transitable. Posteriormente en un área aproximada a 60,0 m²

se ubican las bases para sembrar los alimentos mediante estructuras de cultivos hidropónicos, todo esto cubierto por una estructura que permitirá mantener cerrado el espacio con un efecto de invernadero en los meses en los cuales la temperatura exterior sea perjudicial para el sembrado.

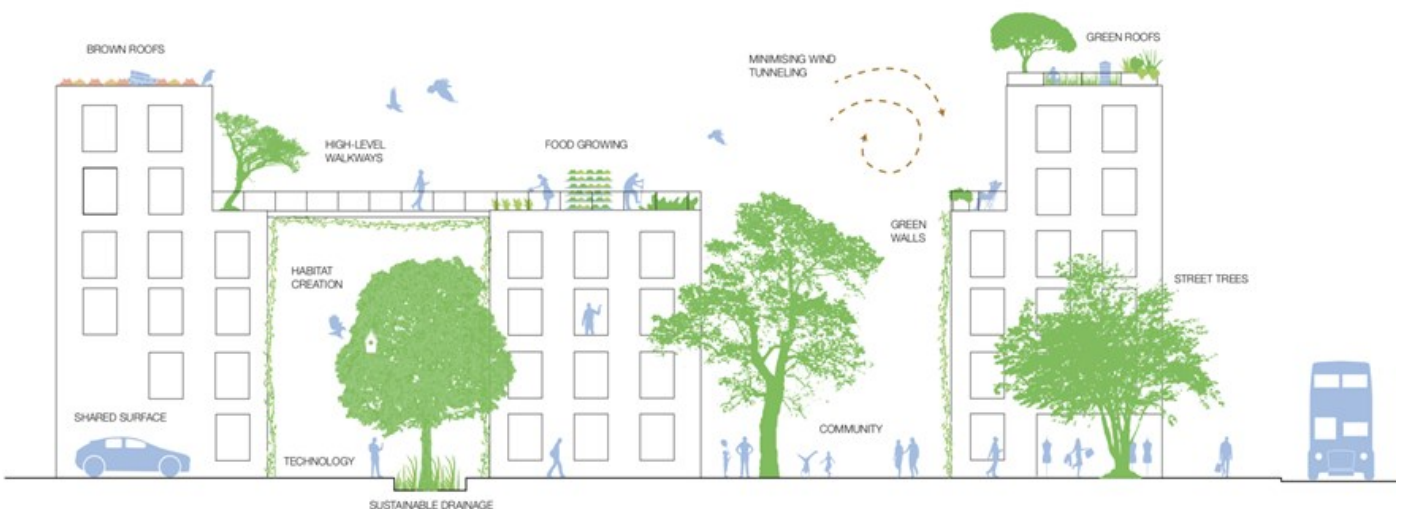


Fig. 28. Concepto de diseño mediante la integración de varias capas de arquitectura verde: techo verde extensivo, agricultura urbana e invernadero en cubierta para protección de la vegetación. Fuente: Cities Alive, Rethinking green infrastructure, ARUP

La propuesta contempla la realización de una estructura metálica que permita la reubicación de los paneles de captación de radiación difusa, colocándolos sobre el espacio a utilizar como parte del proyecto de agricultura urbana y que a su vez permitan cubrir parcialmente la vegetación que se encuentre allí sembrada, proporcionando sombra en los meses

más calurosos.

Toda esta estructura podrá ser cerrada para generar un espacio de temperatura controlada tipo invernadero y de esta forma generar un ecosistema natural para el crecimiento de los vegetales escogidos.

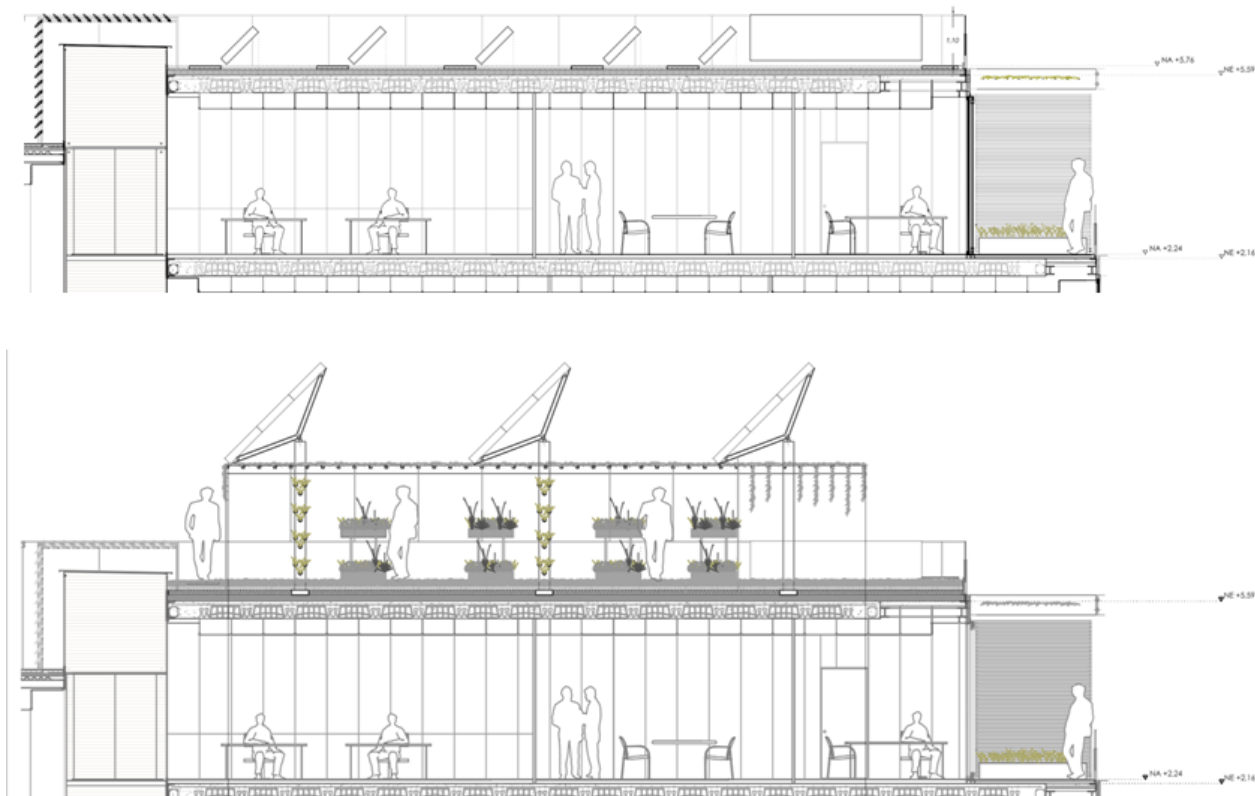


Fig. 29. Propuesta de intervención en cubierta. Aprovechamiento del espacio de cubierta para la generación de un invernadero. Fuente: Elaboración propia.

A su vez la zona de la U.T.A. permanecería cubierta por plantas de tipo enredadera de forma que genere un filtro de aire permitiendo que ingrese al sistema más fresco y húmedo.

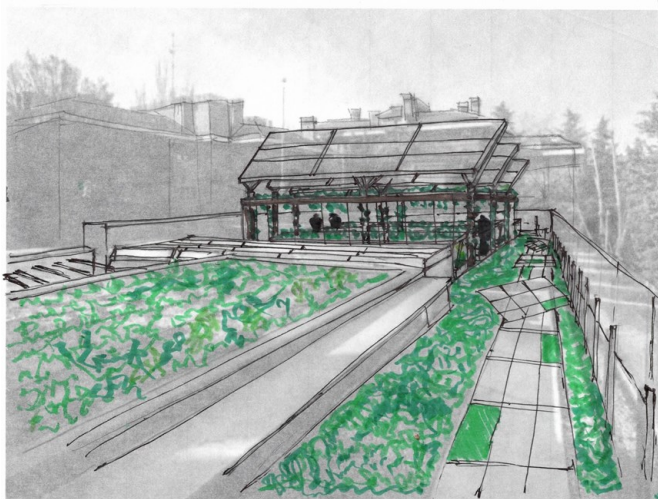


Fig. 30. Cubierta transitable existente y propuesta de intervención. Fuente: Elaboración propia.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

CASO DE ESTUDIO 1

Los resultados que se presentan pertenecen a tres estancias de la primera planta, en concreto la oficina de administración,

la sala de reuniones y la oficina del director. Estos espacios fueron elegidos para representar el comportamiento general de toda la planta por sus dimensiones y por presentar diferente configuración en cubierta.

En las gráficas 1 a 6 se observa cómo el empleo de la cubierta vegetal ha mejorado el comportamiento térmico aunque no de manera significativa. A lo largo de la semana, la diferen-

cia en la temperatura operativa en cada uno de los espacios nunca supera 0,5°C. Siendo esta, en algunas ocasiones ganancias positivas debido al uso de la cubierta vegetal, aunque no es un comportamiento que se repita de forma constante a lo largo de la semana y en todas las áreas de la primera planta.

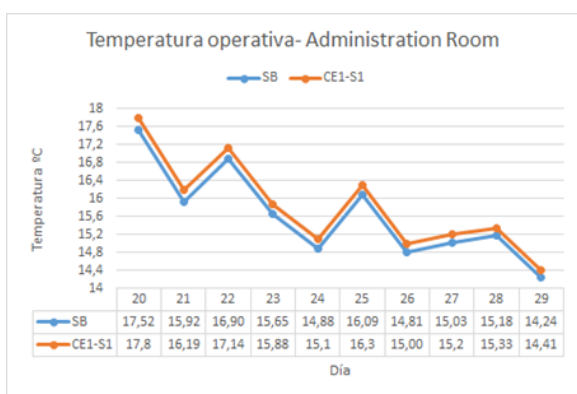
Esta tendencia se corrobora de igual manera con los valores de transmitancia que alcanzan las capas de cubierta, dando en ambos casos valores muy similares (Tabla 1).

El balance térmico es más constante en la solución con cubierta vegetal (CE1-S1). Se aprecia como los valores siempre rondan un intercambio casi nulo de energía. Sin embargo, de manera general, los valores en ambos casos nunca superan los -0.20

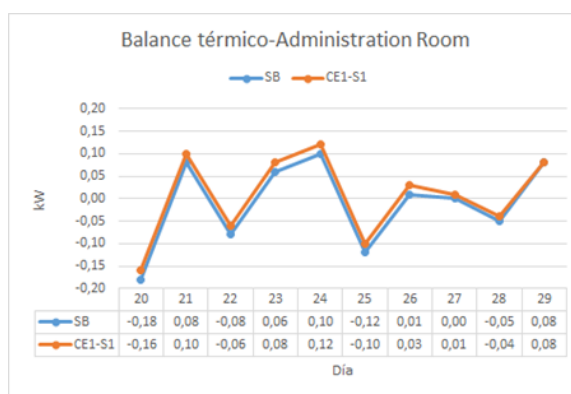
Caso de estudio	Subcapas	U(w/M2k)	R(M2k/W)
SB	R1-a	0,228	4,390
	R1-b	0,190	5,263
	R2-b	0,194	5,167
CE1-S1	GR-R1-a	0,218	4,588
	GR-R1-b	0,183	5,47
	GR-R2-b	0,186	5,364

Tabla 1. Transmitancias de cada solución del caso de estudio 1. Fuente: Elaboración propia.

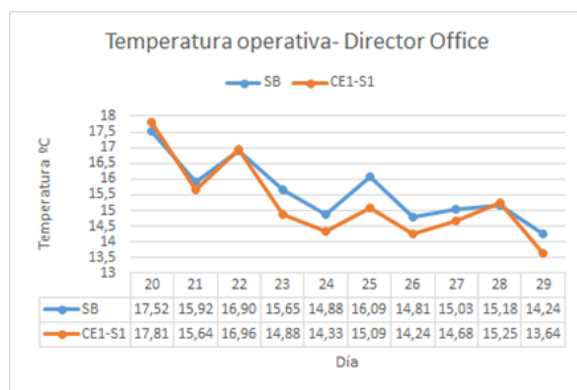
kW a +0.20kW, es decir, la cubierta no es un punto de pérdida energética.



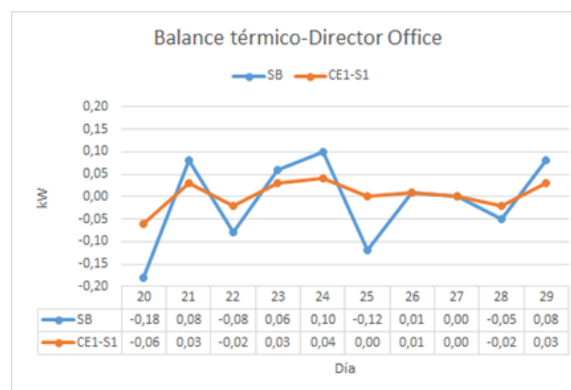
Gráfica 1. Comparativa de la temperatura operativa



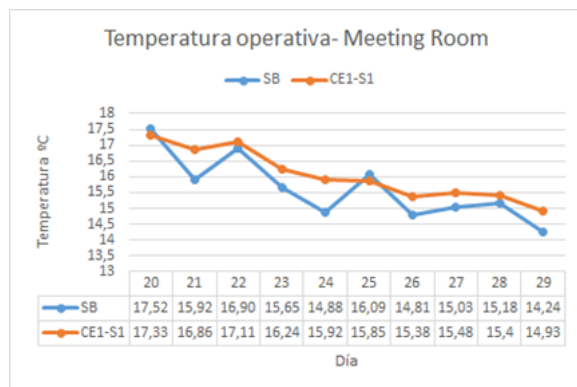
Gráfica 2. Comparativa del balance térmico.



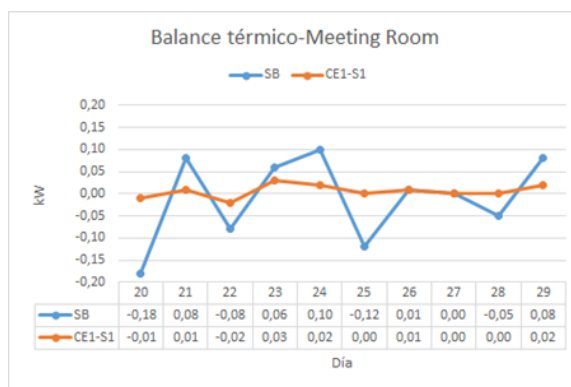
Gráfica 3. Comparativa de la temperatura operativa



Gráfica 4. Comparativa del balance térmico.



Gráfica 5. Comparativa de la temperatura operativa



Gráfica 6. Comparativa del balance térmico.

CASO DE ESTUDIO 2

En las gráficas de la 7 a la 12 evidenciamos grandes diferencias entre el comportamiento de los tres tipos de cubiertas estudiados. Por un lado, la cubierta plana tradicional (CE2-S1), presenta unos valores de transmitancia bastante elevados con respecto a la solución actual (SB). La cubierta que involucra una terminación vegetal (CE2-S2) presenta mejoras respecto a la primera, pero no sucede de igual manera respecto a las segunda, pues con respecto a la SB, aún se aprecia unas diferencias significativas. En la tabla 2 se presentan los valores de transmitancia y resistencia térmica correspondiente a cada sistema y sus consiguientes capas.

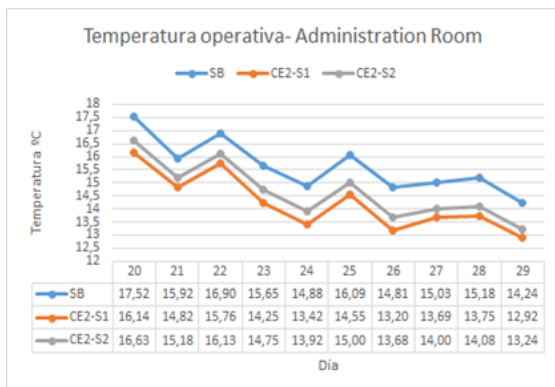
Las variaciones de temperatura operativa en las estancias alcanzan diferencias marcadas que se mantienen a lo largo de la semana en estudio. La cubierta actual (SB), con un buen sistema de aislamiento, logra mantener unas temperaturas superiores en el interior con respecto a las otras dos soluciones estudiadas. En el caso de comparar el CE2-S1 y CE2-S2, se pueden observar claramente las mejoras que generan el uso de una terminación vegetal. Tanto en las temperaturas como en el balance energético. De manera global se puede decir

Caso de estudio	Subcapas	U(w/M2k)	R(M2k/W)
SB	R1-a	0,228	4,390
	R1-b	0,190	5,263
	R2-b	0,194	5,167
CE2-S1	Cp-R1-a	1,396	0,716
	Cp-R1-b	1,304	0,767
	Cp-R2-b	1,640	0,610
CE2-S2	GR-Cp-R1-a	1,065	0,939
	GR-Cp-R1-b	1,010	0,990
	GR-Cp-R2-b	1,201	0,832

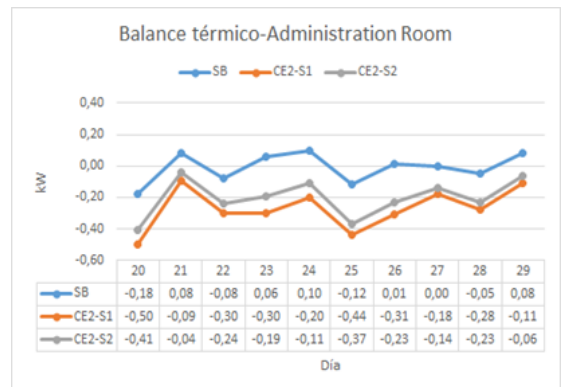
Tabla 2. Transmitancias de cada solución del caso de estudio 1. Fuente: Elaboración propia.

que las diferencias de temperatura entre uno y otro no son nunca superiores a 1.5°C.

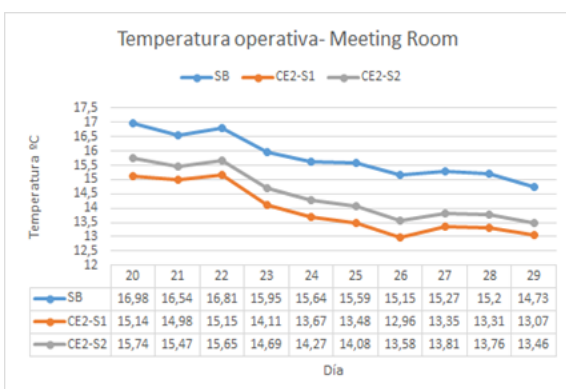
En cuanto al balance térmico, las pérdidas energéticas que se producen por las cubiertas CE2-S1 y CE2-S2 alcanzan valores de hasta 0,50 kWh mientras que en la SB existen incluso ganancias.



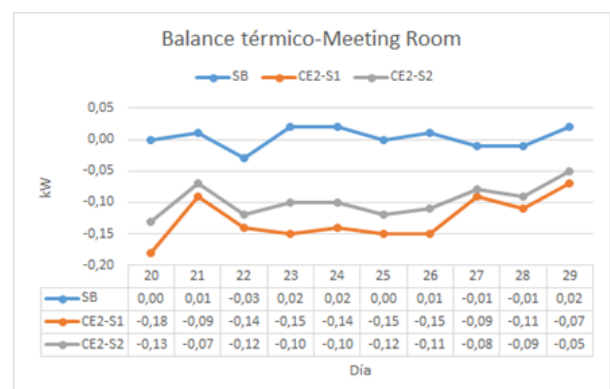
Gráfica 7. Comparativa de la temperatura operativa



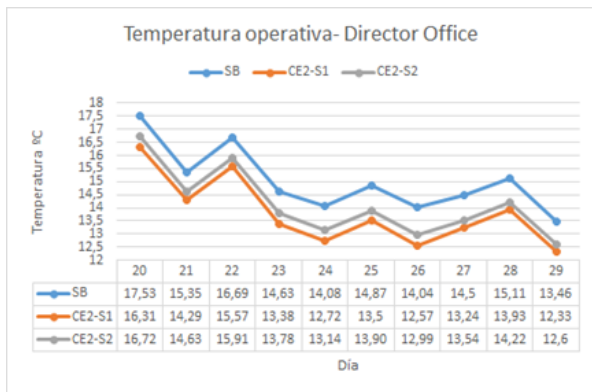
Gráfica 8. Comparativa del balance térmico.



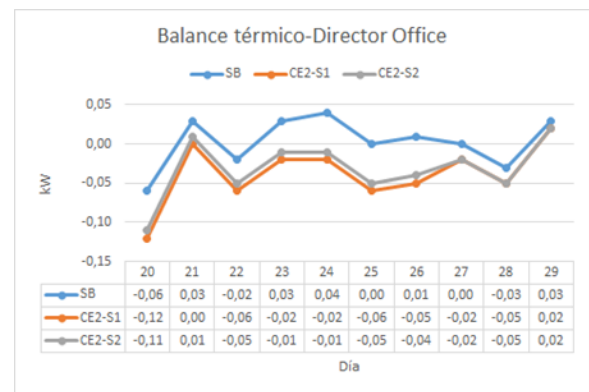
Gráfica 9. Comparativa de la temperatura operativa



Gráfica 10. Comparativa del balance térmico.



Gráfica 11. Comparativa de la temperatura operativa



Gráfica 12. Comparativa del balance térmico.

4.2 INFLUENCIA DE LA VEGETACIÓN EN EL ESTADO ANÍMICO DE LOS TRABAJADORES

Se han realizado diversos estudios para cuantificar y valorar la influencia que tienen las plantas en espacios residenciales o ambientes laborales. Los resultados obtenidos demuestran que los elementos vegetales reducen los compuestos orgánicos volátiles en un 80% y el dióxido de carbono en hasta un 25% en oficinas, lo que ofrece importantes beneficios en la salud de los trabajadores [14].

La investigación llevada a cabo en Australia por Margaret Burchett et al. a través de instrumentos psicológicos bajo estándares internacionalmente reconocidos, han demostrado que la incorporación de vegetación en un ambiente laboral alivia el estrés y reduce los estados de ánimo negativos hasta en un 60%, y que para generar esta diferencia positiva solo es necesario una planta en el lugar de trabajo. Esta investigación ha demostrado que las plantas en un entorno laboral pueden reducir hasta el 37% la tensión y la ansiedad, en un 58% la depresión y el abatimiento, un 44% la ira y la hostilidad, un 38% en fatiga y el 30% en confusión y un aumento del 5% en el vigor [15]

5. CONCLUSIONES

- ◊ Mediante el uso del software de simulación energética Design Builder y a través de la exploración del modelo creado de acuerdo a la realidad constructiva del edificio, hemos podido generar diferentes propuestas de intervención teniendo en cuenta que es una herramienta muy útil para comparar distintos escenarios teóricos y simular ágilmente el comportamiento del edificio y la influencia en el mismo de las decisiones de diseño propuestas.
- ◊ De acuerdo a los casos de estudio simulados energéticamente podemos observar cómo en la semana de otoño, la cubierta vegetal presenta una leve mejoría aumentando la temperatura interior en 0,5 grados

C, tras la inclusión de una capa vegetal de 20,0 cm de espesor.

- ◊ Al realizar una exploración desde un punto de vista arquitectónico, surgen diferentes visiones sobre las alternativas de uso y aprovechamiento de los espacios de cubierta, donde claramente los resultados no se centran en las compensaciones en consumo o en la eficiencia energética del edificio, sino en crear influencias más subjetivas en los usuarios que son cada vez más exploradas por las soluciones verdes en las edificaciones alrededor del mundo.
- ◊ Es posible generar nuevos espacios de uso mediante la implementación de soluciones de arquitectura verde, partiendo de un diseño respetuoso ambientalmente y que complementen las demás soluciones de eficiencia energética, bioclimáticas o preexistentes en la edificación pero ampliando el margen de confort al orientarlas al beneficio de la calidad de vida de los usuarios y de la comunidad.
- ◊ De acuerdo a algunos estudios citados, que cuentan con investigaciones acerca de personas ubicadas en espacios con soluciones vegetales, a través de distintos test físicos y mentales, refieren aumentos de bienestar, productividad y salud en estas, demostrando la influencia positiva de este tipo de soluciones en las condiciones físicas y mentales de las personas.

6. REFERENCIAS

- [1] M. Casini, «1 - Designing the third millennium's buildings», en Smart Buildings, Woodhead Publishing, 2016, pp. 3-54.
- [2] «What is green building? | World Green Building Council». [En línea]. Disponible en: <http://www.worldgbc.org/what-green-building>. [Accedido: 01-jun-2018].
- [3] «Cities Alive Green Building Envelope - Arup». [En línea]. Disponible en: <http://www.arup.com/publications/research/section/cities-alive-green-building>.

envelope. [Accedido: 01-jun-2018].

[4] «About Green Roofs», Green Roofs for Healthy Cities. [En línea]. Disponible en: <https://greenroofs.org/about-green-roofs/>. [Accedido: 01-jun-2018].

[5] «World Urbanization Prospects - Population Division - United Nations». [En línea]. Disponible en: <https://esa.un.org/unpd/wup/>. [Accedido: 01-jun-2018].

[6] «It's Alive | Arup Foresight». [En línea]. Disponible en: <http://www.driversofchange.com/projects/its-alive/>. [Accedido: 02-jun-2018].

[7] «Cities Alive Rethinking green infrastructure - Arup». [En línea]. Disponible en: <http://www.arup.com/publications/research/section/cities-alive-rethinking-green-infrastructure>. [Accedido: 01-jun-2018].

[8] «Pasona Urban Farm by Kono Designs», Dezeen, 12-sep-2013. [En línea]. Disponible en: <https://www.dezeen.com/2013/09/12/pasona-urban-farm-by-kono-designs/>. [Accedido: 31-may-2018].

[9] J. Breuste, J. Schnellinger, S. Qureshi, y A. Faggi, Urban Ecosystem services on the local level: Urban green spaces as providers, vol. 32. 2013.

[10] Laforteza R, Carrus G, Sanesi G, Davies C. Benefits and well-being perceived by people visiting green spaces in periods of heat stress. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2009;8(2):97-108.

[11] W. Valley y H. Wittman, «Beyond feeding the city: The multifunctionality of urban farming in Vancouver, BC», *City, Culture and Society*, abr. 2018.

[12] «Young British inventor wins top UN Environmental award», UN Environment. [En línea]. Disponible en: <http://www.unenvironment.org/news-and-stories/press-release/young-british-inventor-wins-top-un-environmental-award>. [Accedido: 12-mar-2018].

[13] «Julia Ayuso | Diseño de espacios de trabajo de alto rendimiento», Julia Ayuso. [En línea]. Disponible en: <https://www.julia-ayuso.com/>. [Accedido: 04-jun-2018].

[14] Ambius Fact Sheet: Plant life balance [Internet]. - [cited 2018 May 31]. Available from, [<http://www.ambiusindoorplants.com.au/news/latest-news/AMB468%20%20Fact%20Sheet%20PLB%209-5.pdf>]

[15] Burchett, M., Torpy, F., Brennan, J., & Craig, A. (2010). *Greening the great indoors for human health and wellbeing*. Sydney: Plants and Indoor Environmental Quality Group, Centre for Environmental Sustainability (CENS).

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.



Investigation of the use of solar cells of thin film in the cover of an office building

Investigación del uso de celdas solares de película delgada en la cubierta de un edificio de oficinas

DORIS GUERREROArquitecta.
cristina.pavon@alumnos.upm.es**CRISTINA PAVÓN**Ingeniera civil.
doris.gmadrid@alumnos.upm.es**RICARDO TENDERO CABALLERO**E.T.S. Edificación. Universidad Politécnica de Madrid.
ricardo.tintero@upm.es

This document presents an analysis of the incorporation of a thin-film solar cell system, applied to a building to provide greater energy production under diffuse radiation, homogeneous integration that minimizes the costs of raw material for installation. The intervention area is located on the roof slab and terraces within the Rehabilitation of the office building located in Apolonio Morales Street nº29 in Madrid, with a total area of 78.17 m² distributed in three sectors. The objective of this work is to generate, through research and technological development, systematic knowledge that contributes to the analysis of a light, solar technology that provides versatility in design and simplifies installation costs compared to traditional photovoltaic systems. In such a way that there is an energy saving without it modifies the aesthetics of the building in walkable areas of terrace and deck slab. The costs of this system surround the traditional ones, assuming a feasible renewable energy alternative with the capacity to return the investment in less than 3 years.

On the other hand, it is intended that the results of this work serve to analyze the possible applications of this technology in Ecuador, where less than 1% of the population has access to renewable or non-polluting energy.

Solar, energy, thin film.

El presente documento analiza la incorporación de un sistema de célula solar de película delgada en una edificación, para aportar una mayor producción de energía bajo radiación difusa de integración homogénea, que minimiza los costos de materia prima para su instalación. El área de intervención está situada en la losa de cubierta y terrazas dentro de la Rehabilitación del edificio de oficinas ubicado en la calle de Apolonio Morales nº29 de Madrid, con un área total de 78.17 m² distribuidas en tres sectores. El objetivo de este estudio es generar a través de la investigación y el desarrollo tecnológico, conocimiento sistemático que contribuya con el análisis de una tecnología solar ligera que proporcione versatilidad en el diseño y simplifique los costos de instalación frente a los sistemas tradicionales fotovoltaicos. De tal manera que se produzca un ahorro de energía sin que esta modifique la estética del edificio en áreas transitables de terraza y de losa de cubierta. Los costes de este sistema son similares a los tradicionales, suponiendo una alternativa de energía renovable factible con capacidad de retorno de la inversión en menos de 3 años.

Por otro lado, se pretende que los resultados de este trabajo sirvan para analizar las posibles aplicaciones de esta tecnología en el Ecuador, donde menos del 1% de la población tiene acceso a energías renovables o no contaminantes.

Solar, energía, película delgada.

1. INTRODUCCIÓN

El uso del sistema fotovoltaico se ha estado desarrollando como fuente de energía después de ser descubierto por Becquerel en 1839 (1).

La energía solar ha demostrado ser una solución prometedora para la producción energética mundial. Bajo esta premisa, el dispositivo capaz de convertir la energía solar en electricidad, debe ser confiable y rentable para que pueda ser igual a una fuente convencional de energía. Actualmente existen mu-

chos materiales que han sido investigados para lograr celdas solares, como son el silicio cristalino, la tecnología de obleas y las películas delgadas. El α -Si (Amorphous silicon), CdTe (El telururo de cadmio) y CIGS (Copper indium gallium selenide) son las tres células solares de película delgada más comercializadas y se caracterizan por el uso de un material muy fino. El Silicon es el que ha estado más tiempo en el mercado, mientras que el cadmio y el CIGS son tecnologías relativamente nuevas y a pesar de ser más prometedoras en término de eficiencia, aún se encuentra por detrás del α -Si en cuanto

a eficiencia y confiabilidad [2]. Los principales materiales para la disminución de los costos de los sistemas fotovoltaicos de células solares de película delgada son: silicio amorfo y policristalino, que actualmente se encuentran en constante desarrollo [3].

El porcentaje de personas residentes en zonas urbanas, con acceso a energía para el hogar no contaminante en el Ecuador en 2010, es del 0,1% de 10.748.411 personas. Es decir, tenían acceso a energía a través de panel solar 15.012 personas [10] en zonas amenazadas.

2. MATERIALES Y METODOLOGÍA

2.1. METODOLOGÍA

La metodología usada se basa en la recopilación de datos actuales de la demanda total de energía eléctrica que tiene el **Edificio de oficinas en la calle Apolonio Morales n° 29** y la obtención de datos que el sistema de celda solar de película delgada puede aportar, con el fin de alcanzar un consumo menor al actual, separando el servicio energético distribuido.

Este estudio presenta una alternativa de aplicación, combinada y por separado, de radiación solar directa y radiación solar difusa en ambos casos, pudiendo así seleccionar la opción que nos permita obtener un mayor ahorro energético a nivel global dentro del edificio. El uso de este sistema de celda solar de película delgada nos permite alcanzar una eficiencia energética por radiación solar difusa de hasta 8% y en el caso de radiación solar directa hasta el 14%.

La eficiencia del panel es generalmente de 1 a 3% inferior a la eficiencia de células solares, debido a la reflexión del vidrio, el marco de sombra, las temperaturas más altas, etc. Por eso algunos fabricantes pueden hablar de la eficiencia de su célula en lugar de la eficiencia del panel.

2.2. EDIFICIO DE OFICINAS EN LA CALLE APOLONIO MORALES N° 29

2.2.1. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ACTUAL

Esta edificación cuenta actualmente con varios sistemas de producción de energía, como se detallan a continuación en la tabla 1:

Producción primaria: Bombas de calor geotérmica, el objetivo de estas bombas es realizar un intercambio térmico con el terreno. En el Edificio de oficinas en la calle Apolonio Morales n° 29, se realizaron 6 perforaciones de 80 metros de profundidad, con una separación de al menos 5 metros.

Producción auxiliar: Bomba de calor aire-agua, estas bombas aprovechan la energía del aire ambiente para convertirla en frío, calor. En el edificio estudiado, tienen la función de tomar

aire a través de una rejilla, ubicada junto al acceso al aparcamiento, y expulsarlo (3,33 m³/s) por un conducto que llega hasta la cubierta del edificio. En la siguiente tabla, se detallan los valores de potencia (KW) generados.

Producción Térmica	Trabajo	Potencia (KW)
Bombas Geotérmicas	Refrigeración	25
	Calefacción	25
Bomba de calor aire -agua	Refrigeración	27.6
	Calefacción	35.1

Tabla 1. Producción térmica del Edificio. Tabla elaboración propia, fuente [9]

2.2.2. DEMANDA DE POTENCIA DEL EDIFICIO

Según el objetivo previsto, este trabajo está enfocado a solventar, mediante una fuente de energía renovable, el consumo del sistema de luminarias y fuerza del **Edificio de oficinas en la calle Apolonio Morales n° 29**. La potencia total estimada en el área a intervenir, está asociada a cada cuadro eléctrico. En la tabla 2, se especifican las potencias de los cuadros eléctricos que componen las instalaciones de luminarias y fuerza actualmente en dicha edificación. Todas las cantidades están expresadas en vatios (W):

DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (m ²)	RATIO (W/m ²)	TOTAL (W)
P. SÓTANO Iluminación y fuerza	41,00	75,00	3.075,00
P. SEMISÓTANO Iluminación y fuerza	355,00	75,00	26.625,00
P. BAJA Iluminación y fuerza	247,00	75,00	18.525,00
P. PRIMERA Iluminación y fuerza	195,00	75,00	14.625,00
PARKING Iluminación y fuerza	76,55	10,00	1765,50
TOTAL			63.615,50

Tabla 2. Potencia demandada en el Edificio. Tabla elaboración propia, fuente [9]

2.2.3. DESCRIPCIÓN DEL ESPACIO A INTERVENIR.

El área de intervención que se ha planteado en este trabajo es la cubierta.

La cubierta está resuelta con un sistema invertido, transitable, en el que se integran zonas de plantaciones en jardineras, equipos de captación solar y tratamiento de aire y conductos de bajo perfil de los sistemas de tratamiento y renovación del aire [9].

El material aplicado se definirá entre dos tipos: las celdas solares de película delgada transitable o el vidrio fotovoltaico

co transitable, cuyos beneficios se detallan más adelante. La superficie de aplicación es de 78.12 m² (figura 1), estas áreas actualmente son pasos peatonales, los cuales no forman parte de ningún otro sistema. Es un espacio que fue escogido

con la finalidad de la optimización de espacios libres sin afectar el diseño de la edificación, implementado una nueva fuente de energía dentro del edificio.

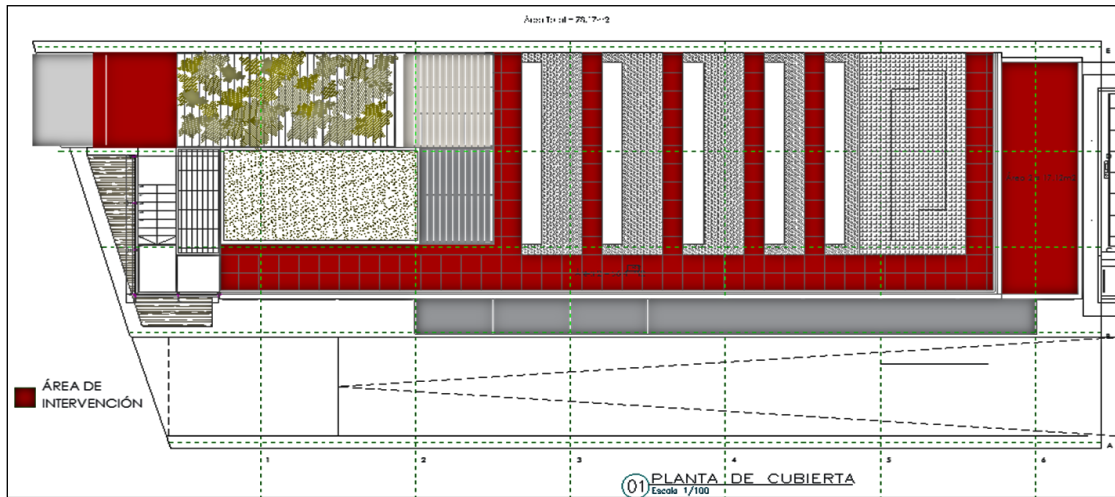


Fig. 1. Zona de aplicación

2.3. FUENTES DE ENERGÍA SOLAR - MATERIALES

Con la finalidad de una economía baja en carbono, se plantea el uso de energías renovables como la solar. La energía solar como fuente de energía alternativa ha evolucionado, hasta el punto que esta se convierta en un sistema energético sustentable.

A continuación en la tabla 3, se detallan las características de las tres células solares de película delgada más comercializadas, que tienen en común el uso de material muy fino. El Silicón es el que ha estado más tiempo en el mercado, mientras que el cadmio y el CIGS son tecnologías relativamente nuevas.

Características	a-Si	CdTe	CIGS
La mejor eficiencia	13,4%	19,0%	20,4%
La mejor eficiencia del módulo solar	8,1%	14,4%	14,5%
Cuota de mercado de película delgada	32%	43%	25%
Ventajas	Tecnología madura Excelente para dispositivos pequeños (por ejemplo, calculadoras de bolsillo)	Bajo costo de fabricación	Alta eficiencia Sustratos de vidrio o flexibles
Desventajas	Baja eficiencia Equipo de alto costo	Eficiencia media Sustratos de vidrio rígido El cadmio es altamente tóxico	Costoso proceso tradicional Se espera que crezca la cuota de mercado Requiere menos cadmio que las células solares CdTe.
Los principales fabricantes	Agudo	Primera Solar	Frontera solar

Tabla 3. Características comparativas materiales para celdas solares. Tabla elaboración propia, fuente[4]

2.4. MATERIALES PROPUESTOS COMO FUENTES DE ENERGÍA SOLAR EN EL EDIFICIO DE OFICINAS EN LA CALLE APOLONIO MORALES N° 29

Se han planteado dos alternativas de aplicación en **Edificio de oficinas en la calle Apolonio Morales n° 29**, que no afec-

ten en el diseño original y mantengan un concepto sostenible. Este objetivo se logra con celdas de capa delgada; el uso de material disminuye, y optimiza el espacio. De acuerdo con estas premisas se han escogido las siguientes opciones:

2.4.1. ALTERNATIVA 1: CELDAS DE PELÍCULA DELGADA -THIN FILM

Un material que promete una reducción del coste de producción por disminuir la cantidad de material, al ser una película de menor espesor para la absorción de luz. Logrando así, una mayor flexibilidad del mismo, adaptándose de mejor manera a la configuración arquitectónica [5].

Es un sistema que no necesita un marco para su estructura, haciendo de este un material más liviano. Cuenta con un módulo de eficiencia de 4% - 12% y debe ser considerado su factor de transmitancia térmica. En la tabla 4, se detallan las siguientes características:

Tecnología de las Celdas	Película Delgada / Thin Film
Tipos de tecnología	Silicio amorfo (a-Si) Telururo de cadmio (CdTe) Seleniuro de galio de indio y cobre (CIG / CIGS) Fotovoltaica orgánica (OPV/DCS/DYSC)
Clasificación de voltaje (Vmp / Voc) (Más alto es mejor y a que hay menos espacio en Voc y Vmp)	72 % - 78 %
Coefficientes de temperatura	Inferior (Más bajo es beneficioso a altas temperaturas ambiente)
Factor de relleno de curva I-V (La célula PV idealizada es 100%)	60 % - 68 %
Construcción del módulo	Sin marco, intercalado entre el vidrio; menor costo, menor peso
Módulo de eficiencia	4 % - 12 %
Compatibilidad y tamaño del inversor	El diseñador del sistema debe considerar: Factor como coeficientes de temperatura, diferencia Voc-Vmp, resistencia al aislamiento debido a factores externos
Sistemas de montaje	Es posible que se necesiten clips y estructuras especiales. En algunos casos, el costo laboral se ahorra significativamente.
Cableado de CC	Es posible requerir más número de combinadores de circuito y fusibles
Tipo de aplicación	Comercial / Utilitario
Ejemplo de marcas en el mercado	First Solar, Solyndra, UniSolar, Konarka, Dye Solar, Bosch Solar, Sharp, Abound Solar

Tabla 4. Características de Celdas de la película delgada "Thin Film". Tabla elaboración propia, fuente [6]

El montaje de este material es sencillo, práctico, fácil de manipular y de transportar (Ver figura 2).



Fig. 2. Cubierta con celdas de película delgada [6]

2.4.2. ALTERNATIVA 2: SUELOS FOTOVOLTAICOS DE VIDRIO TRANSITABLES

Existen además suelos fotovoltaicos de vidrio transitable y antideslizantes, con capacidad de soportar hasta 400 Kg de carga puntual (figura 3) [7].

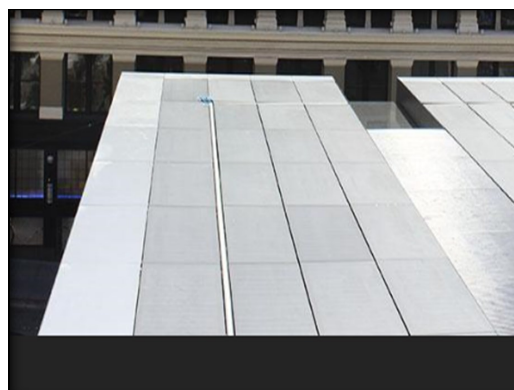


Fig.3. Cubierta con panel de vidrio fotovoltaico antideslizante [7]

El escogido para este proyecto es el suelo de vidrio fotovoltaico de silicio amorfo Onyx Solar®. (Ver anexo adjunto del sistema de suelo fotovoltaico).

El suelo fotovoltaico permite generar energía eléctrica gratuita gracias al sol. Paralelamente no supone una renuncia al espacio útil que ocupa. Una de sus principales propiedades es que genera energía limpia y evita emisiones de CO2. Este vidrio fue escogido debido a su mayor captación de energía solar y su baja transmitancia térmica. A continuación se describe en la tabla 5:

VIDRIO FOTOVOLTAICO - 600 x 600 mm (0.36m ²)		636BN-06000600 - ref. 20
CONDICIONES DE PRUEBA DE DATOS ELÉCTRICOS (STC)	UNIDAD	L VISION (20%)
Potencia de pico nominal	P _{mpp} (Wp)	12
Circuito abierto de voltaje	V _{oc} (V)	47
Corriente de cortocircuito	I _{sc} (A)	0.47
Voltaje a la potencia nominal	V _{mpp} (V)	32
Corriente a potencia nominal	I _{mp} (A)	0.38
Tolerancia de potencia para no exceder	%	+/- 5
STC: 1000 w / m ² , AM 1.5 y una temperatura de la celda de 25 ° C, estado del módulo estabilizado.		

Tabla 5. Características del vidrio. Tabla elaboración propia, fuente [9].

Las características mecánicas del material se muestran a continuación en la tabla 6. El uso de un material como el Silicio amorfo (α-Si), permite que el sistema sea más delgado y liviano, además vela por la seguridad por ser un pavimento antideslizante. Tiene varias capas de vidrios y cada una cumple una función específica, alcanzado un espesor de 16,7 mm.

Vidrio Fotovoltaico Transitable		
Características	(U)	Dimensión
Largo	mm	600
Ancho	mm	600
Espesor	mm	16,72
Área de superficie	m ²	0,36
Peso	kg	14,4
Tipo de celda		Silicio amorfo (α-Si)
Cristal frontal		6 mm Vidrio antideslizante
PV Vidrio		3,2 mm vidrio flotante
Cristal trasero		6 mm vidrio templado
Espesor de encapsulación		1,52 mm PVB Foils
Caja de conexiones - Protección		IP65
Sección de cableado		2,5 mm ² /4mm ²
Voltaje Máximo del sistema		1000 (V)

Tabla 6. Descripción del material. Tabla elaboración propia, fuente [9]

Los paneles fotovoltaicos tradicionales impiden el aprovechamiento de la superficie útil que los soporta mientras que el pavimento fotovoltaico es totalmente transitable y permite optimizar el espacio en aquellos edificios que más lo necesitan, a continuación, se detalla en la figura 4. Las dimensiones de este material en el mercado, vienen dadas por secciones de 600mm x 600 mm, de peso ligero.

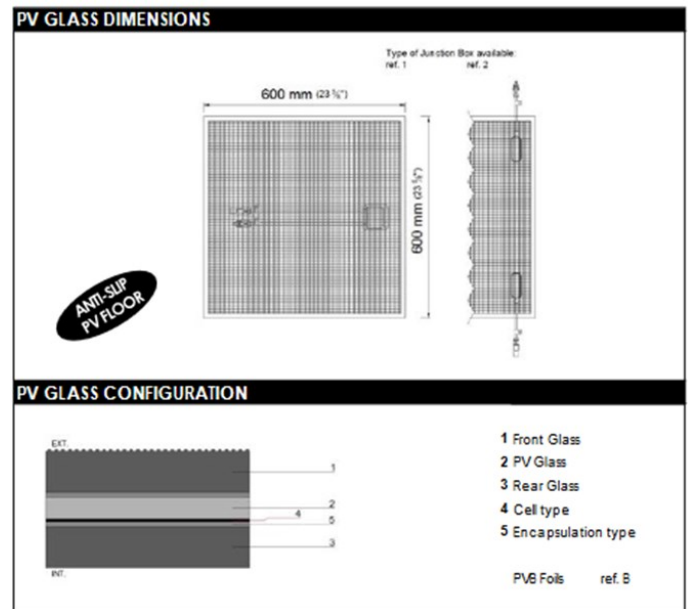


Fig. 4. Dimensiones y configuración del material [9]

3. RESULTADOS

3.1 HORA SOLAR PICO EN MADRID

Hora solar pico (HSP) sobre horizontal KW/h en Madrid (figura 5): Para un lugar concreto, es el valor de la energía solar (H) total incidente sobre una superficie horizontal de 1 m², expresado en KW/h. (horas de sol a un intensidad de 1KW/m²). Estos datos, ayudan en el cálculo de estas celdas y vidrios solares.

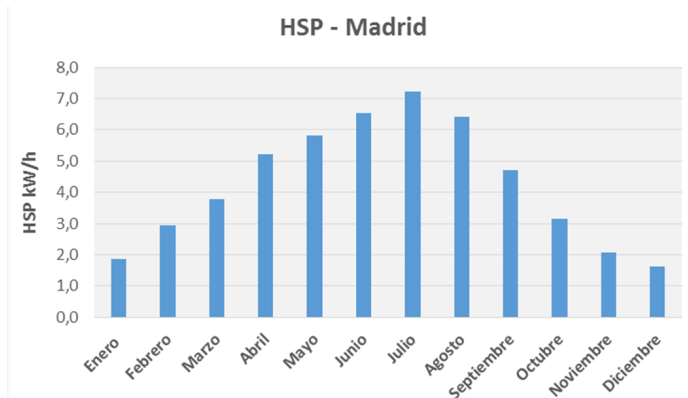


Figura 5 – Photovoltaic Geographical Information System [8]

De acuerdo con el análisis de la hora solar pico considerada, cuyo lugar de aplicación es la ciudad de Madrid en España, la curva de producción eléctrica que se genera en el **Edificio de oficinas en la calle Apolonio Morales N.º 29** se indica en la Figura 6, curva que fue obtenida de acuerdo a la simulación realizada en el programa computacional del proveedor (Onyx).

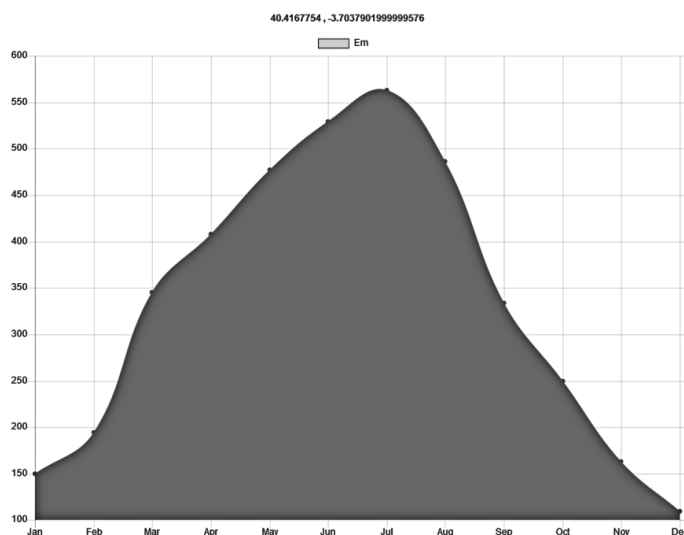


Fig. 6. Curva de producción eléctrica [7]

3.2 CÁLCULO DE ELECTRICIDAD GENERADA POR AÑO EN EL EDIFICIO DE OFICINAS EN LA CALLE APOLONIO MORALES N.º 29 CON UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR

Para un área de 78,12 m², se ha realizado el análisis de la aplicación del vidrio fotovoltaico, con un 20% de transparencia, utilizando el programa computacional de Onyx - TOOL-GLOBAL EUR y se han obtenido los siguientes resultados detallados en la tabla 9:

ENERGÍA GENERADA		
Electricidad Generada	4.007,0	KWh/ año*
Puntos de luz	228,0	4h/diarias**
Emisiones de CO2 evitadas al año	2.685,0	Kg CO2/año
Combustible fósil ahorrado	2,0	Barriles de petróleo
Energía generada	29.683,0	Km (distancia recorrida por un coche)

Tabla 9. Tabla de resumen de resultados. Tabla elaboración propia, fuente [7]

* La producción de energía es una estimación en la que las sombras de otros edificios, las sombras del propio edificio y otros factores externos no se han tenido en cuenta. Estos factores puede que reduzcan la producción de energía. Tampoco se han tenido en cuenta otras pérdidas potenciales debido al BOS. Los cálculos se han hecho usando PVGIS y PVWATTS

** Calculo realizado con bombillas de bajo consumo LED de 12W (intensidad de luz equivalente a una bombilla incandescente tradicional de 100(W)VWATTS

El consumo (Potencia W) de las luminarias actualmente en el Edificio de oficinas en la calle Apolonio Morales N.º 29, se definen en la tabla 9a.

Ocupación	Iluminación	Potencia (W)
sótano	Fluorescente	245,65
s1 pasillo1	Fluorescente	211,9
s1 pasillo2	Fluorescente	165,04
s1 cocina	Fluorescente	267,17
s1 oficina 2	Fluorescente	1444,88
s1 despacho 1	Fluorescente	93,53
s1 despacho 2	Fluorescente	100,72
s1 despacho 3	Fluorescente	98,32
s1 despacho 4	Fluorescente	89,88
s1 despacho 5	Fluorescente	105,88
pb oficina 1 b	Fluorescente	1063,11
pb vestíbulo	Fluorescente	128,61
pb oficina 2	Fluorescente	243,12
pb vestíbulo recep	Fluorescente	395,7
pb oficina 1a	Fluorescente	298,74
pb sala de reuniones	Fluorescente	218,68
pb oficina 1 c	Fluorescente	178,99
pb pasillo	Fluorescente	122,64
P1 oficina 1	Fluorescente	237,64
p1 pasillo 1	Fluorescente	120,72
p1 pasillo 2	Fluorescente	127,32
p1 sala de reuniones	Fluorescente	397,52
p1 oficina 3	Fluorescente	242,12
p1 oficina 2a	Fluorescente	587,01
p1 oficina 2b	Fluorescente	170,11
		7355

Tabla 9a. Luminaria Edificio Apolonio. Tabla elaboración propia, fuente [7]

De acuerdo con la tabla 9 el sistema de fuentes solares instaladas dentro del Edificio de oficinas en la calle Apolonio Morales N.º 29, sería capaz de producir más de la mitad de la demanda que actualmente consumen las luminarias en dicha edificación mostradas en la tabla 9a.

3.2.1. SUELOS FOTOVOLTAICOS DE VIDRIO TRANSITABLES

En la tabla 10 se muestran las medias diarias, mensuales y suma mensual de irradiación global por metro cuadrado, reci-

bidas a través del sistema de suelo fotovoltaico transitable sugerido para esta investigación:

Mes	E_d	E_m	H_d	H_m
Enero	4,83	149,58	1,97	60,99
Febrero	6,95	194,47	2,78	77,95
Marzo	11,13	345,09	4,44	137,74
Abril	13,59	407,58	5,37	161,08
Mayo	15,39	477,07	6,18	191,61
Junio	17,65	529,42	7,14	214,12
Julio	18,16	562,95	7,42	229,92
Agosto	15,67	485,92	6,37	197,51
Septiembre	11,11	333,36	4,47	134,20
Octubre	8,06	249,83	3,27	101,30
Noviembre	5,43	162,80	2,22	66,59
Diciembre	3,52	109,20	1,44	44,59
Media anual	10,96	333,94	4,42	134,80
Total anual		4.007,27		1.617,60

Tabla 10 – Tabla de electricidad producida con el suelo fotovoltaico [7]

Donde:

- ◊ E_d : Media diaria de electricidad producida por el sistema (kWh).
- ◊ E_m : Media mensual de electricidad producida por el sistema (kWh).
- ◊ H_d : Suma media diaria de irradiación global por metro cuadrado recibida (kWh/m²).
- ◊ H_m : Suma media mensual de irradiación global por metro cuadrado recibida (kWh/m²).

Inclinación = Horizontal

Capas = 5

Espesor = 6+3.2+6 mm;

Espesor total= 16.72mm

Peso = 38Kg/m²

Se obtuvo una transmitancia térmica de 5.2 W/m² K, que, a pesar de no influir en el confort térmico de la edificación, es necesario tomar en cuenta en el análisis general de eficiencia energética de la edificación.

3.3. INFLUENCIA TÉRMICA

La U térmica (transmitancia térmica) del sistema de vidrio fotovoltaico, indica la cantidad de calor que se puede transmitir a través de un sistema de vidrio.

Se realizó una simulación con las siguientes características (figura 7):

3.4. RESULTADOS ECONÓMICOS

3.4.1. INVERSIÓN

El importe a invertir tanto en las celdas solares de capa delgada como en el pavimento de vidrio fotovoltaico, está entre 90 € y 110 €, valor que al ser amortizado a largo de los años puede ser devuelto hasta 20 veces en un período de 30 años. Además de ser un sistema sostenible, se optimiza la materia prima disminuyendo la producción de CO₂ en el momento de su fabricación; debido a que este sistema no cuenta con marcos ni estructuras tradicionales, los hacen más eficaces al recibir la radiación solar.

3.4.2. COSTES DE AHORRO ENERGÉTICO

Los valores han sido considerados en base al vidrio seleccionado para el área intervenida y calculados con el programa computacional del proveedor (Onyx). A continuación, en la tabla 7, obtenemos:

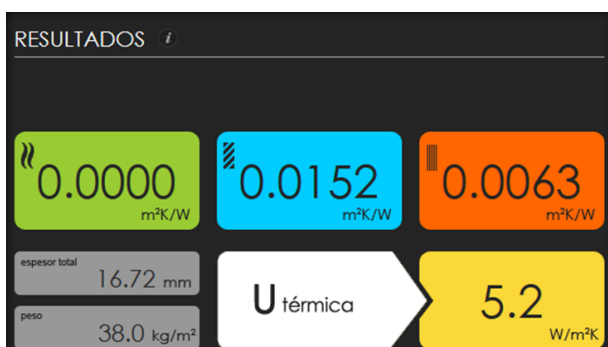


Fig.7. Transmitancia del vidrio

AHORRO ENERGÉTICO	
COSTE DE ENERGÍA CON VIDRIO ONYX SOLAR (€/kWh)	0,01 €
REDUCCIÓN EN LA DEMANDA DE ENERGÍA HVAC (%)	51%
IMPORTE A INVERTIR (€/m ² de vidrio)	91 €
CANTIDAD A INVERTIR DESPUES DE INCENTIVOS	91 €
REDUCCIÓN MEDIA DE LA DEMANDA DE ENERGÍA (€/m ² de vidrio)	1.844 €

Tabla 7. Ahorro energético. [7]

3.4.3. RETORNO DE LA INVERSIÓN

A continuación, se detalla en la tabla 8 lo siguiente:

RETORNO EN LA INVERSIÓN	
TIR anual (durante los primeros 30 años de la inversión)	39%
TIR anual (durante los primeros 20 años de la inversión)	39%
TIR anual (durante los primeros 10 años de la inversión)	38%
PAYBACK PERIOD (años)	<3
VECES QUE SE RECIBE LA INVERSIÓN (durante el periodo de inversión de 30 años)	20

Tabla 8. Retorno de la Inversión [7]

3.5. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

- ◊ El conocimiento de esta base teórica será de utilidad para nuevos estudios en el Ecuador, lugar en donde menos del 1 % de la población, tiene acceso a energía renovable o no contaminante. Para lograrlo es necesario implantar campañas, donde intervengan los gobiernos e instituciones capaces de difundir esta información de nuevas tecnologías.
- ◊ Este sistema brinda un aporte energético indiscutible; sin embargo, los costos de aplicación aun no son accesibles para todo el mercado. De ser considerado en Ecuador, es necesario socializar el plan estratégico de energías renovables del gobierno, como incentivo para el uso de este tipo de alternativas que fomenta estímulos económicos por la incorporación de estos sistemas en la generación de energía residencial.
- ◊ El suelo fotovoltaico transitable reduce la cantidad de material necesario para su construcción y producción, haciendo de este un material más económico. En algunos casos, estos dispositivos podrían tener costos elevados al compararlos con otras fuentes de energía.

- ◊ Aun cuando este sistema es una fuente de energía sostenible y su inversión en obra puede ser amortizada en el transcurso de los años, no toda la población hace uso de estas tecnologías. Es inquietante que las grandes industrias no comercialicen este tipo de alternativas con mayor impulso pudiendo devengar su coste y obtener ganancias a lo largo de su implementación. España tiene un impuesto al sol, que no permite que tecnologías como esta, puedan tener mayor fluidez en el mercado de las energías renovables y es preciso impulsar nuevas políticas que apoyen a la normativa para el uso de este tipo de opciones.

4. CONCLUSIONES

- ◊ La aplicación de un suelo fotovoltaico transitable que no afecte el diseño ni el uso del espacio útil del edificio de oficinas de la calle Apolonio Morales No. 29 es viable.
- ◊ El conocimiento de nuevas fuentes de energía, y el compromiso de un planeta sostenible, conllevan a la aplicación de un sistema capaz de ser aplicado en cualquier lugar.

- ◊ La simulación realizada por el programa computacional del proveedor demuestra que se logra generar más del 50% del consumo total del edificio.
- ◊ Según la simulación del uso del suelo fotovoltaico transitable en el edificio de oficinas en la calle Apolonio Morales N.º 29, es capaz de producir alrededor de 4000 KW/h para un área de aplicación relativamente reducida. Traducido en luminarias, sería capaz de encender 228 luminarias led de 12W 4 horas al día, definiendo a esta aplicación como un sistema beneficioso dentro de la edificación.
- ◊ El sistema demuestra su economía en su producción e instalación y su coste rodea los valores de sistemas tradicionales.
- ◊ La U térmica actual (transmitancia térmica) del suelo transitable fotovoltaico, podría disminuir y considerarse un material aislante si se aplicara una cámara de aire al sistema, pero cabe recalcar que su coste tendría un ligero incremento.
- ◊ La difusión de este tipo de tecnologías lograría ser más aprovechada en espacios de estricto uso transitable.
- ◊ La aplicación de este sistema es amortizada a lo largo de su uso y podría ser devengada en menos de 3 años.

<https://www.onyxsolar.com/es/vidrio-fotovoltaico/soluciones-constructivas/suelo-fotovoltaico-transitable>.

[8] Photovoltaic Geographical Information System

[9] Instituto Europeo de Innovación IEI. Proyecto de ejecución de rehabilitación de edificio de oficinas situado en la c/Apolonio morales nº29, Madrid — Memoria.

[10] Guamán Vallejo LG. 2017. Viviendas De Interés Social Mediante La Utilización De Contenedores Marítimos En Zonas Vulnerables De La Sierra Centro Del Ecuador.

5. REFERENCIAS

[1] CÉSPEDES, J.E.S., 2013. Celdas Fotovoltaicas De Alta Eficiencia y Sistema De Paneles Solares Del Cubesat Colombia 1. *Redes De Ingeniería*, vol. 3, no. 2, pp. 41-50.

[2] LEE, T.D. and EBONG, A.U., 2017. A Review of Thin Film Solar Cell Technologies and Challenges., April 2017, Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211631070X> ISBN 1364-0321. DOI <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.028>.

[3] DEB, S.K., 1996. Thin-Film Solar Cells: An Overview. , May—August 1996, Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148196888811> ISBN 0960-1481. DOI [https://doi.org/10.1016/0960-1481\(96\)88881-1](https://doi.org/10.1016/0960-1481(96)88881-1).

[4] Best Thin Film Solar Panels — Amorphous, Cadmium Telluride or CIGS? Energy Informative [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 25 abril 2018]. Disponible en: <http://energyinformative.org/best-thin-film-solar-panels-amorphous-cadmium-telluride-cigs/>.

[5] LOPEZ, F. dispositivos fotovoltaicos de capa delgada a baja temperatura, Barcelona, Marzo de 2010.

[6] Thin Film vs. Crystalline Silicon PV Modules. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 04 mayo 2018]. Disponible en: <https://www.civicsolar.com/support/installer/articles/thin-film-vs-crystalline-silicon-pv-modules>.

[7] suelo fotovoltaico transitable [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 07 mayo 2018].

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.

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.

Envoltura 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.

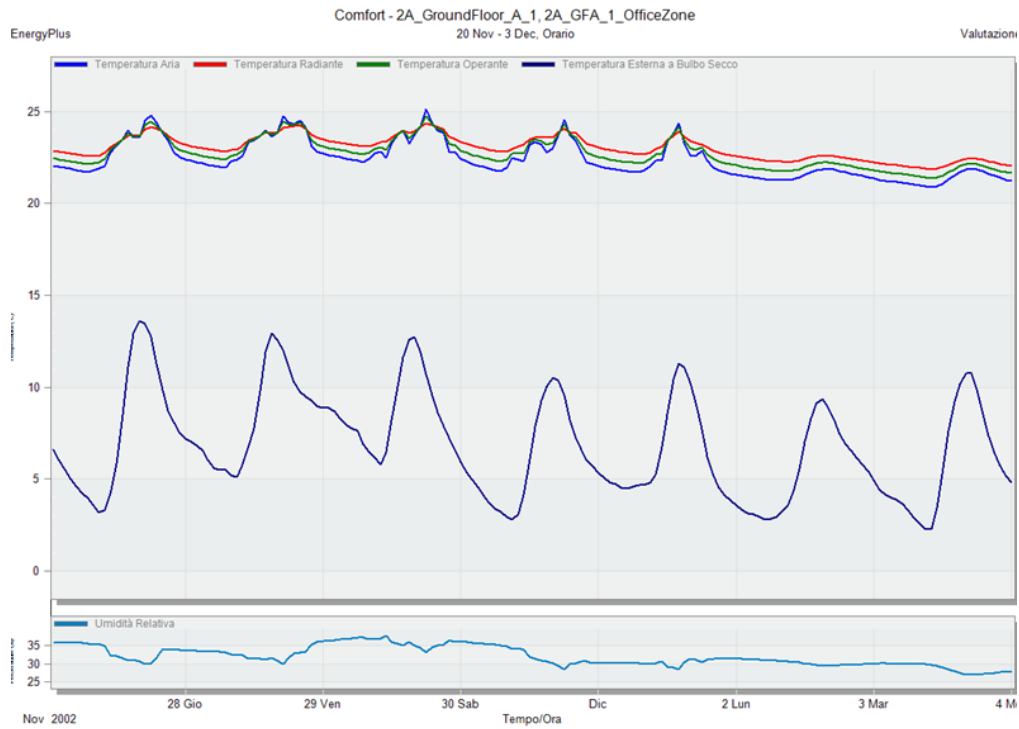


Fig. 2. Simulación del programa Design Builder de la temperatura interna.

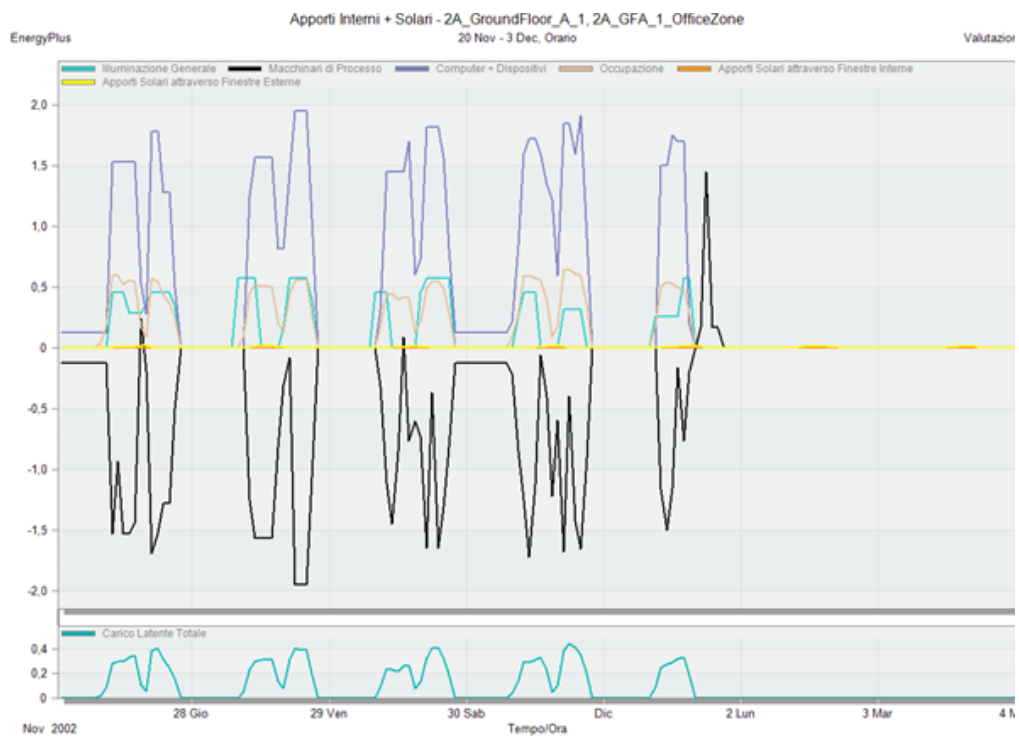


Fig. 3. Simulación del programa Design Builder de la ganancia solar debida a la radiación solar.

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".

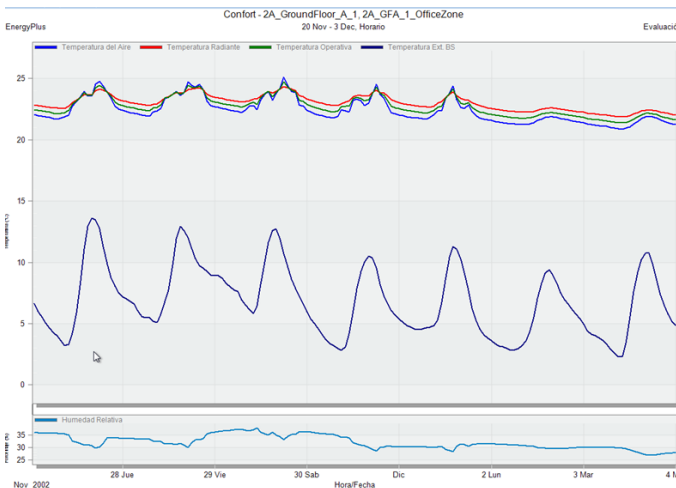


Fig. 4. Simulación del programa Design Builder de la temperatura interna.

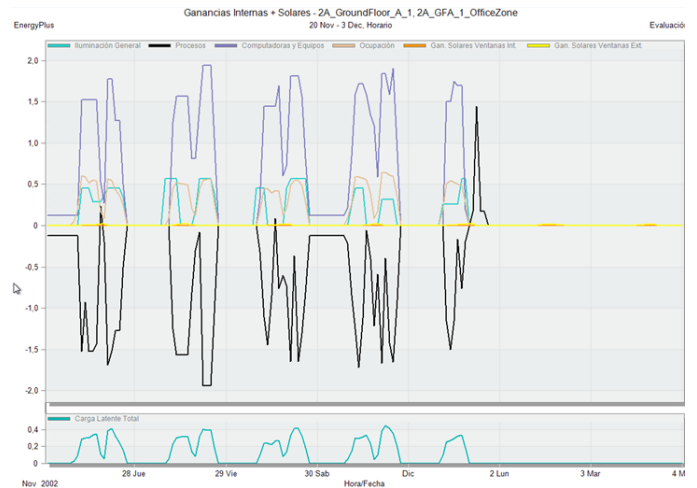


Fig. 5. Simulación del programa Design Builder de la ganancia solar debida a la radiación solar.

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.

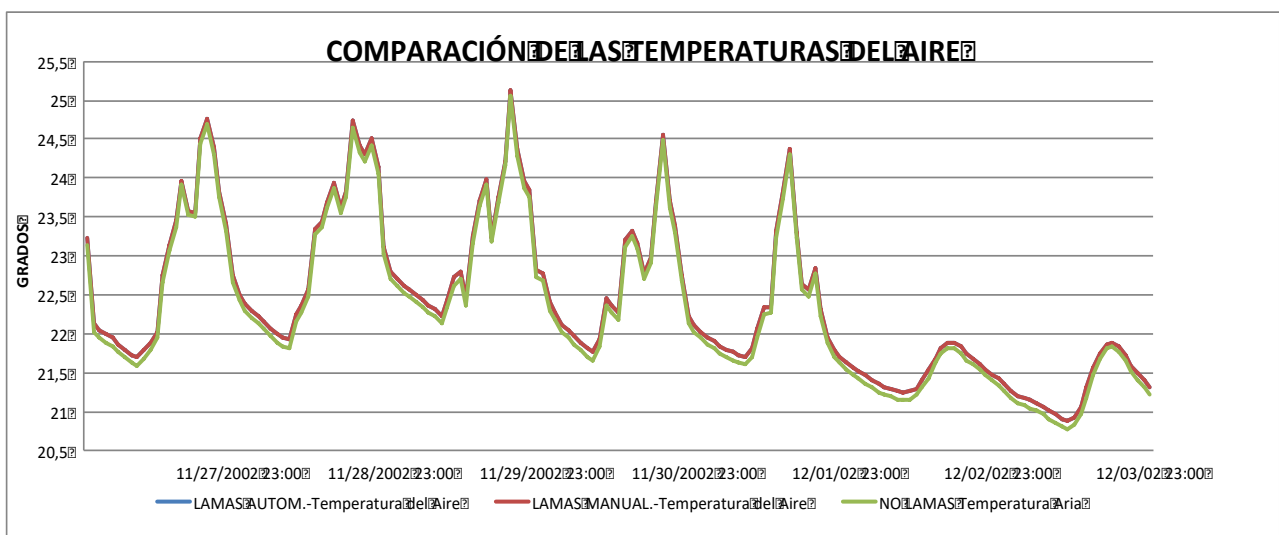


Fig. 6. Resultados de las temperaturas del aire de los diferentes escenarios.

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.

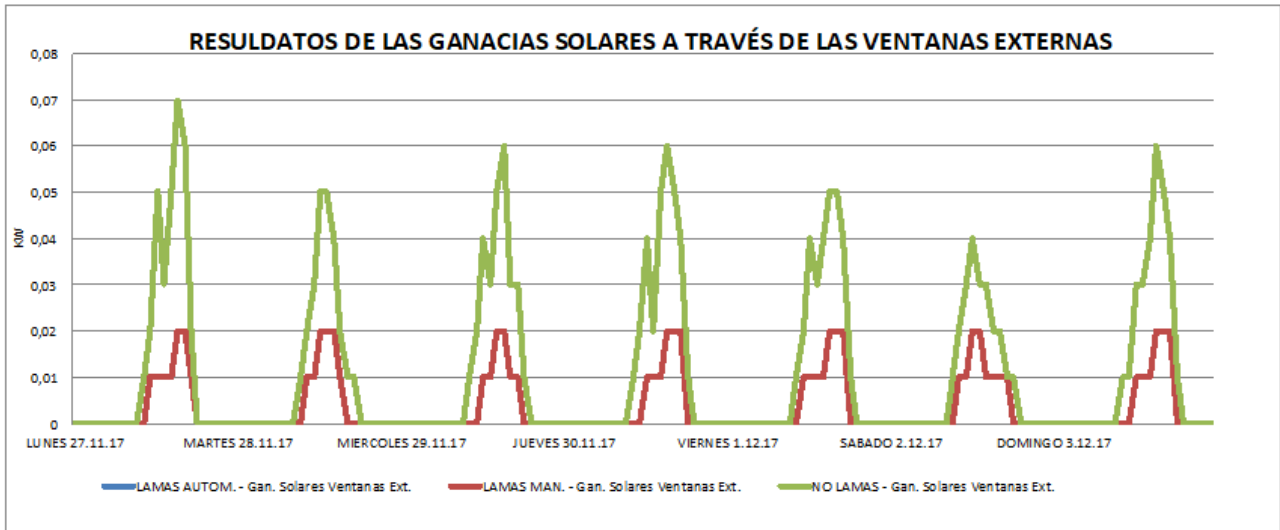


Fig. 7. Resultados de las ganancias solares debida a la radiación solar de los diferentes escenarios.

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.

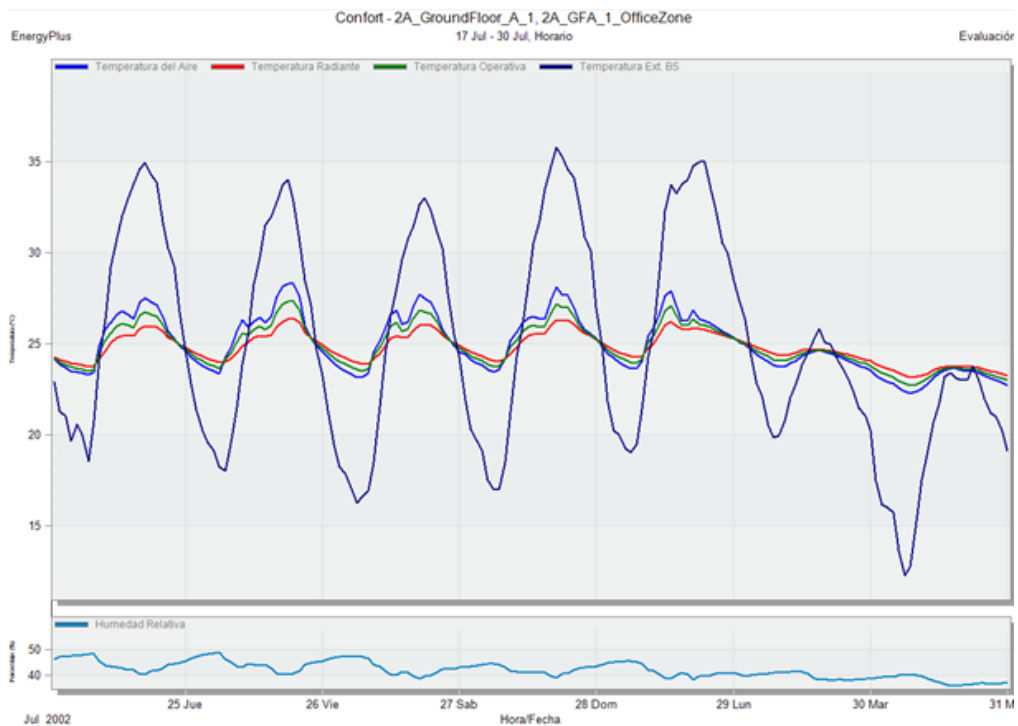


Fig. 8. Simulación del programa Design Builder de la temperatura interna en verano.

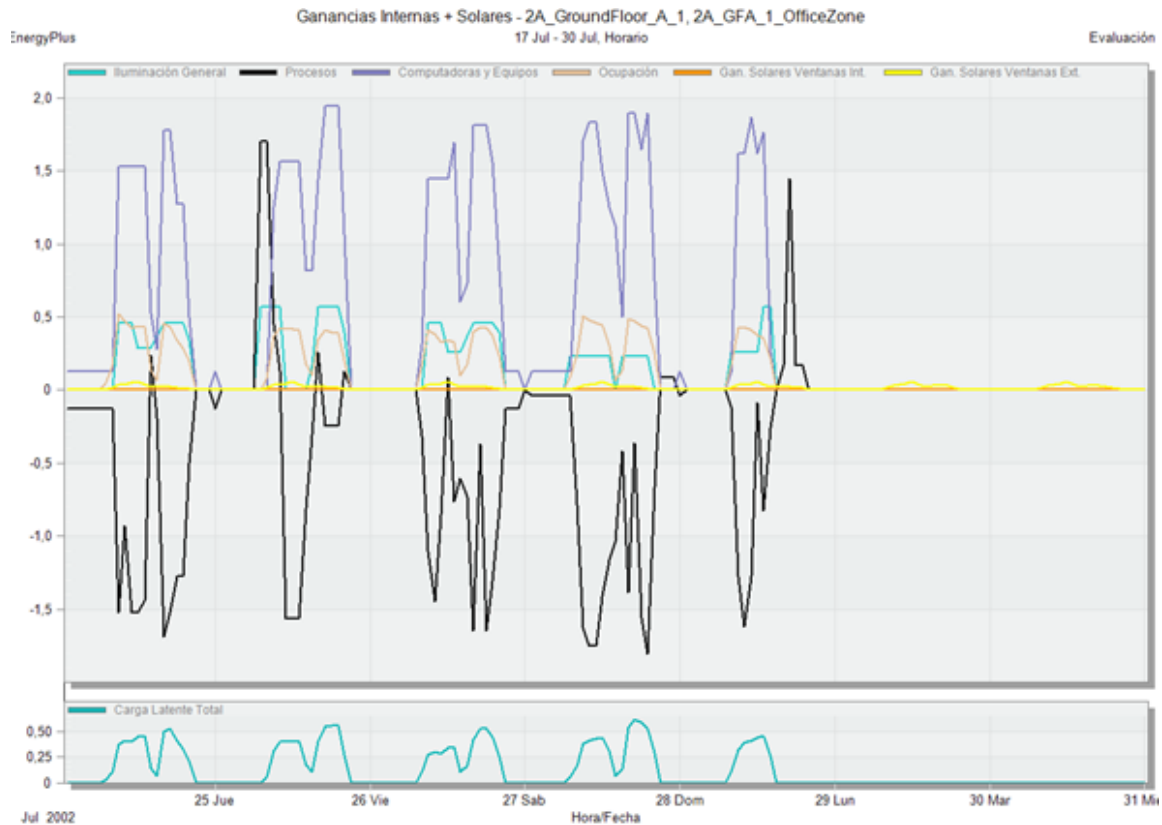


Fig. 9. Simulación del programa Design Builder de las ganancias solares en verano.

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.

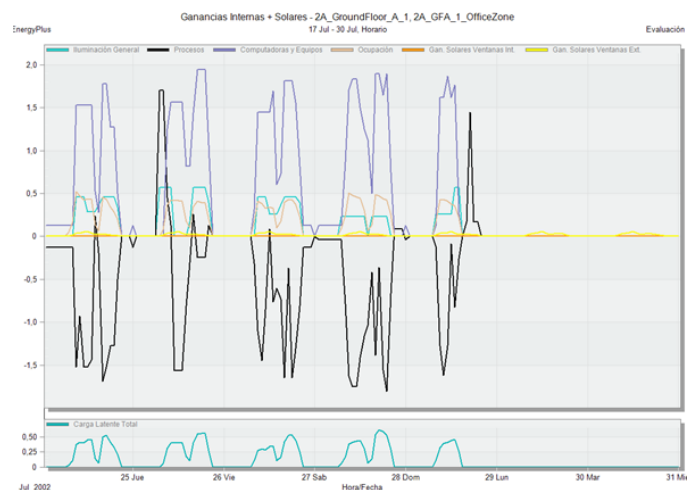


Fig. 11. Simulación del programa Design Builder de las ganancias solares en verano.

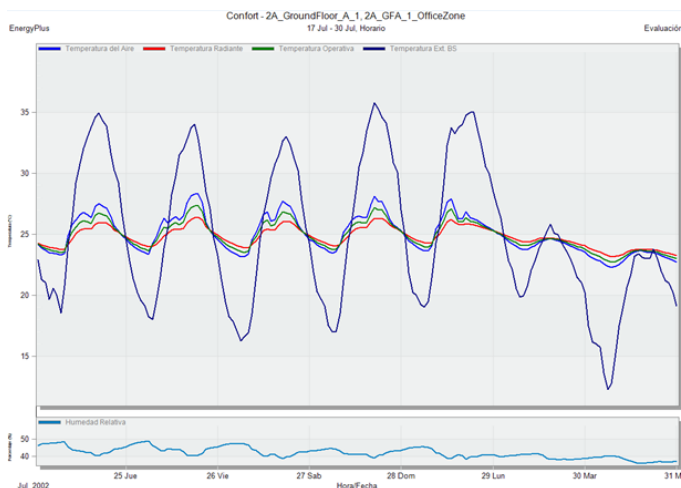


Fig. 10. Simulación del programa Design Builder de la temperatura interna en verano.

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.



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 VALDIVIEZOMáster en Innovación Tecnológica en Edificación.
marlonvaldiviezoa@gmail.com**MARCOS RUBIOLÓ**Máster en Innovación Tecnológica en Edificación.
marcosrubiolo@gmail.com**RICARDO TENDERO CABALLERO**E.T.S. Edificación. Universidad Politécnica de Madrid.
ricardo.tintero@upm.es

The present research proposes two different studies to analyse the thermal behaviour of a building in the city of Madrid, located in Apolonia 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 Apolonia 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 edificio.

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 edificio en función de las condiciones climáticas planteadas, haciendo explícita 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].

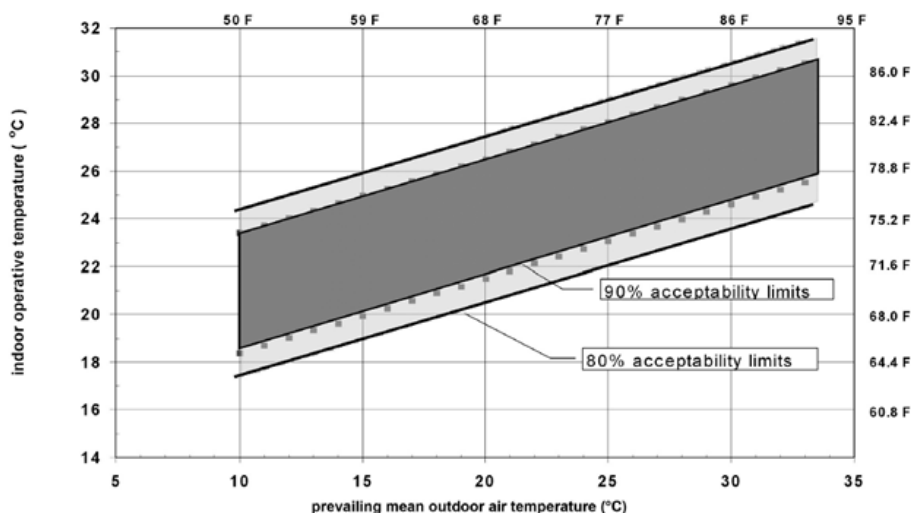


Fig. 1. Rangos de confort. Fuente:ASHRAE

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 Consultant" 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.

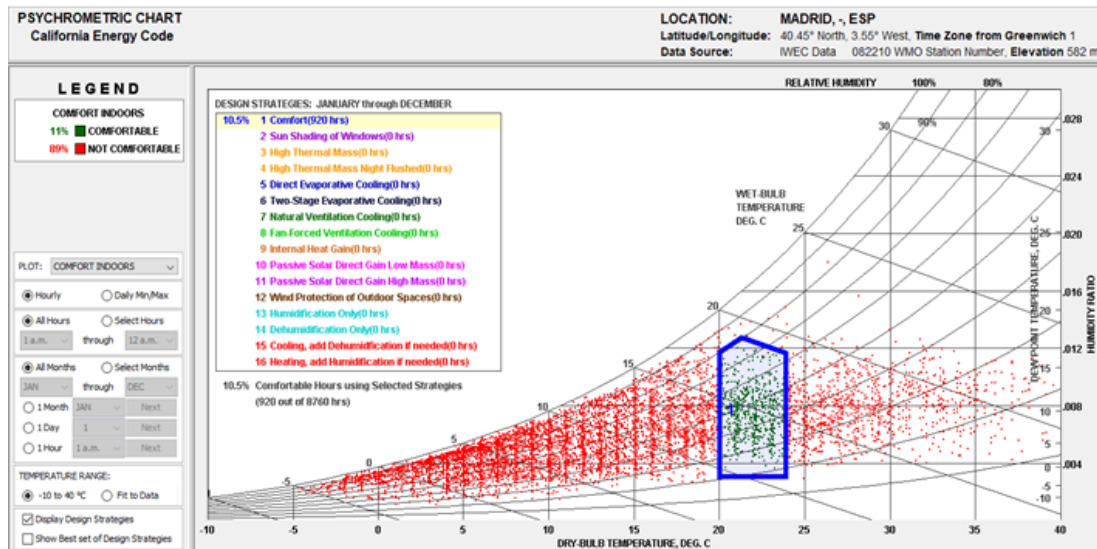


Fig. 2: Diagrama psicrométrico, en azul se señala la zona de confort para un caso puntual. Fuente: Climat Consultant

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.

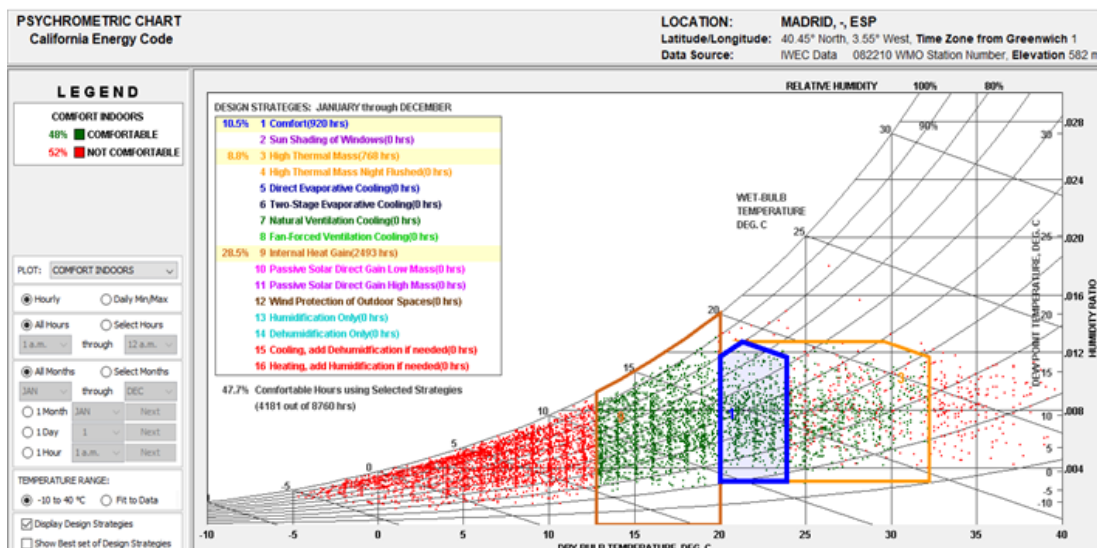


Fig. 3: Integración de estrategias pasivas en diagrama psicrométrico.

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.

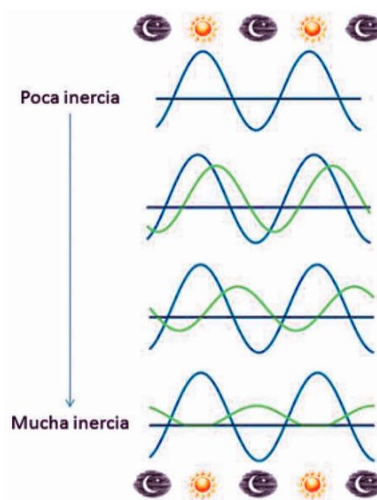


Fig.5. Comportamiento de la inercia térmica en un edificio.

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.

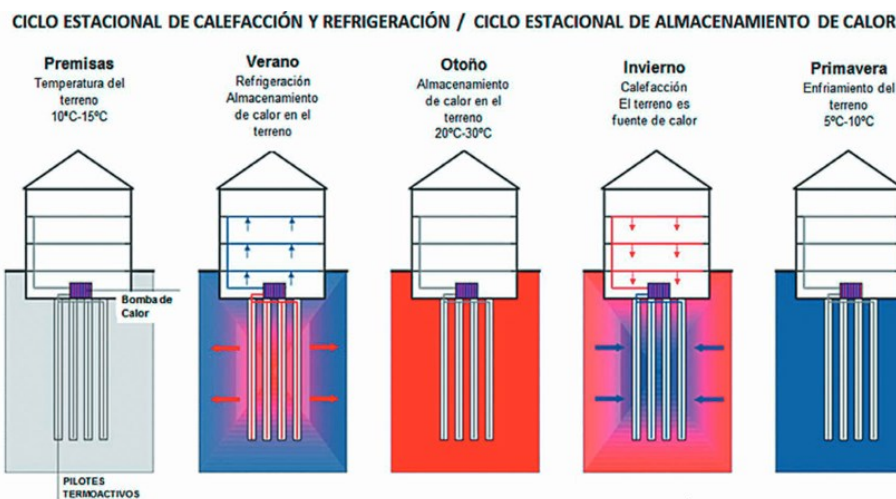


Fig.6. Sistema Geotérmico en edificación.

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 CO² (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 ho-

mogeneidad 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.

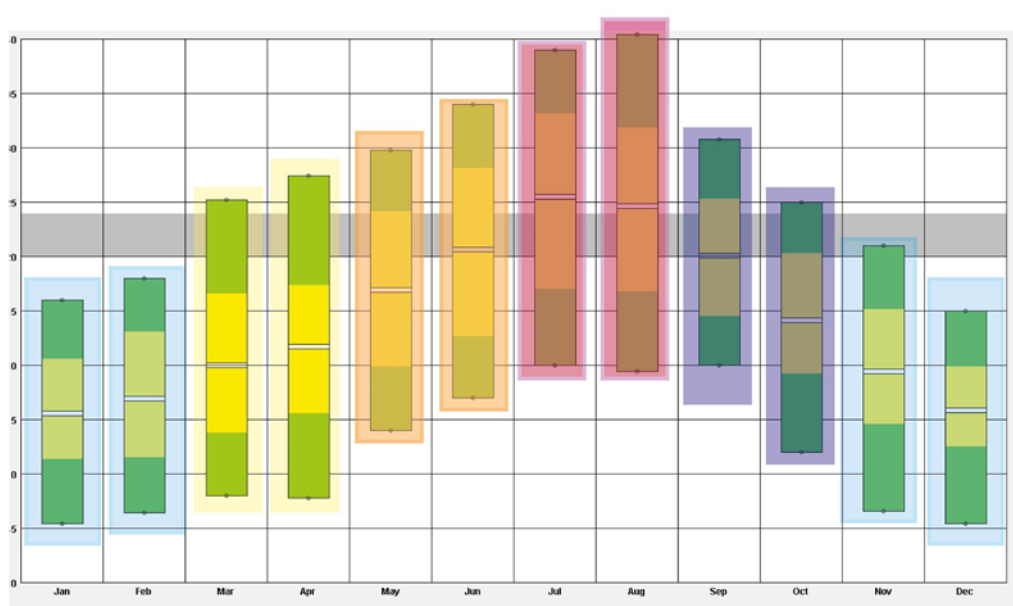


Fig. 8. Franjas de Homogeneidad térmica del clima de Madrid.

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 viga; en contraste con la temperatura interior y exterior de la semana de monitorización.

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.

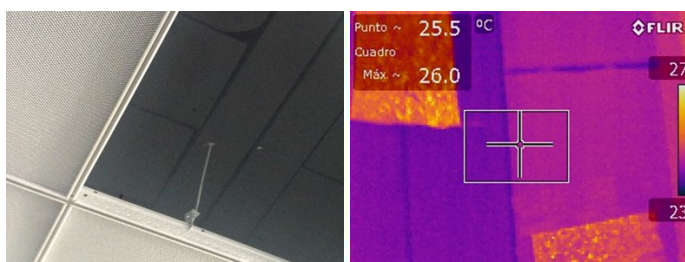


Fig. 9. Toma de imágenes termográficas en la cara inferior de forjado.

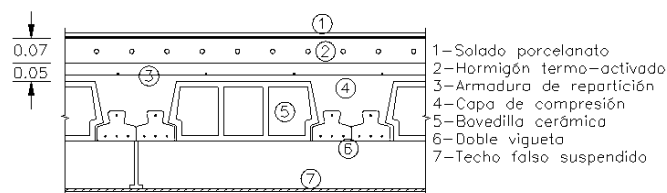


Fig. 10. Caracterización del forjado de sección heterogénea.

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)

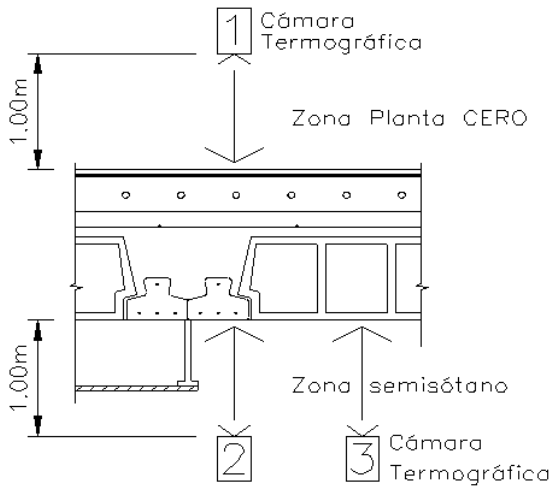


Fig.11. Posición de tomas termográficas.

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.

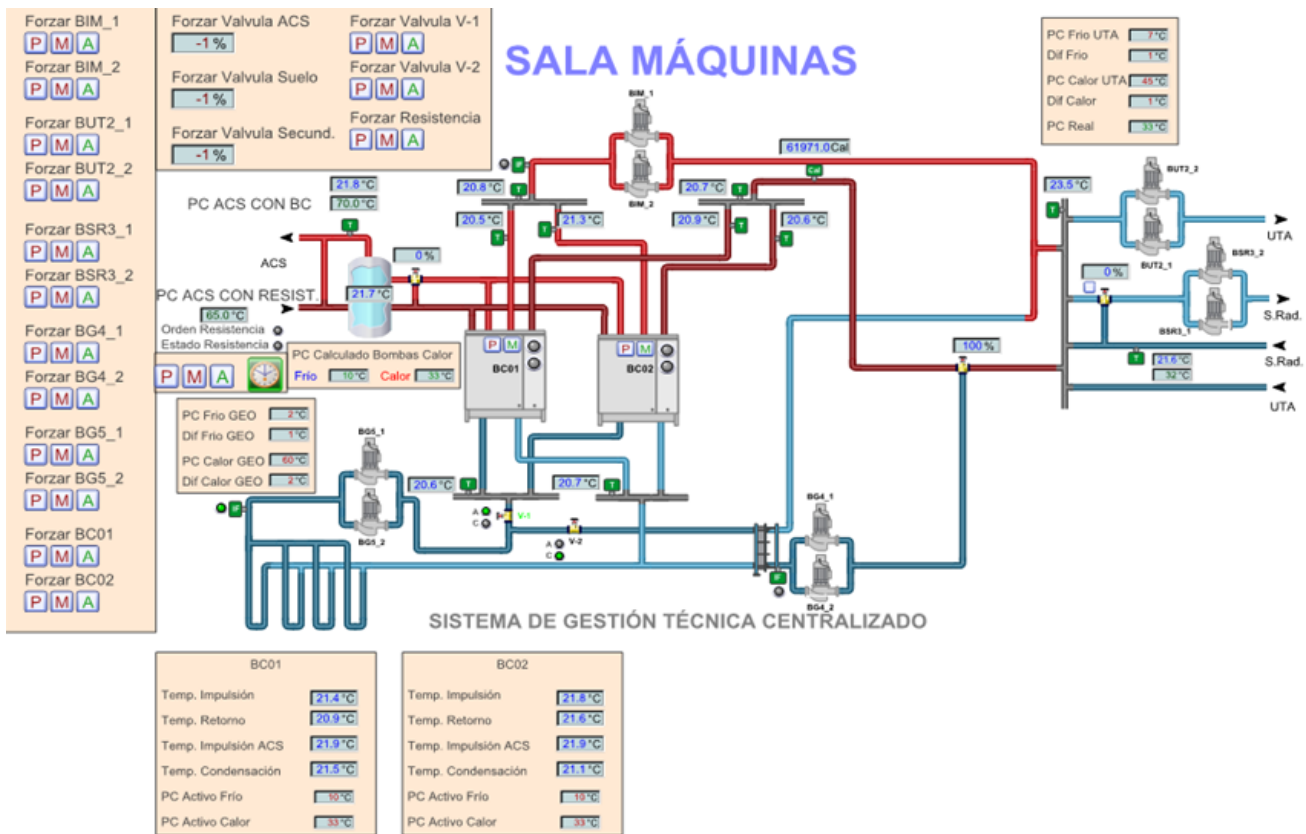


Fig. 12: Esquema Sistema de monitorización del edificio Apolonio Morales Nº29

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).

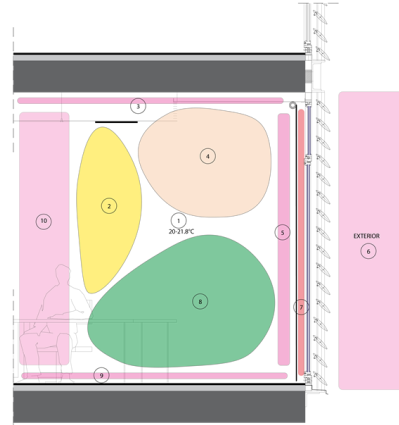


Fig. 13: Esquema de las diferentes temperaturas en un ambiente tipo. Fuente: Autores.

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 reflejarse 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.

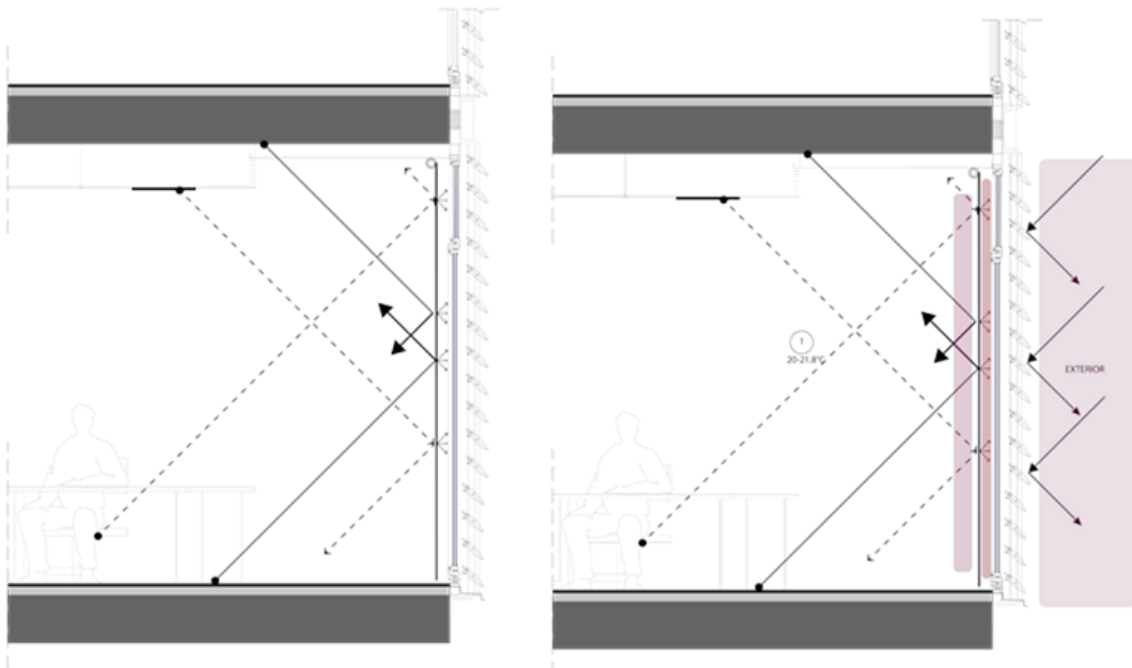


Fig. 14: Energía reflejada por radiación por masa térmica y ganancias internas. La imagen de la derecha representa la zona de influencia del estor reflectivo.. Fuente: Autores.

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.

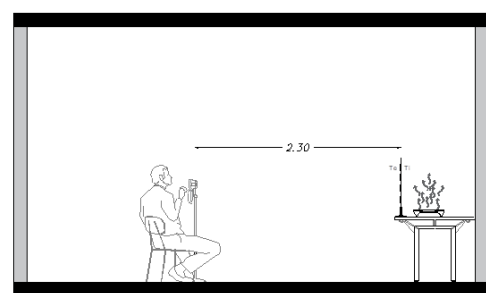


Fig.15. Esquema general de la experimentación de estoras en laboratorio.

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).

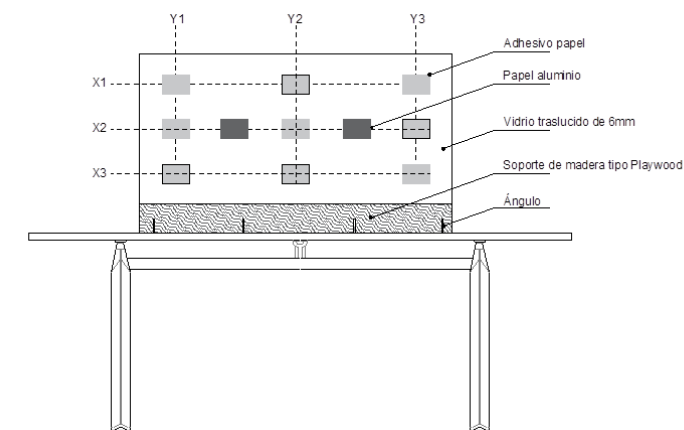


Fig. 16: Esquema de mediciones superficiales en el vidrio. Fuente: Autores.

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.

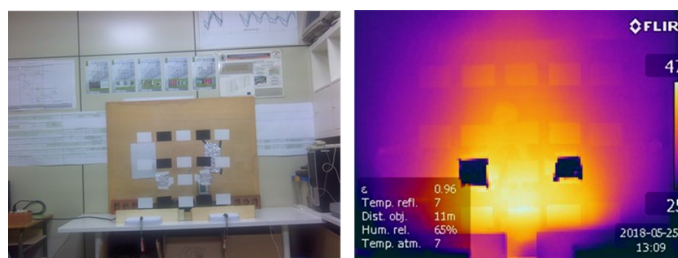
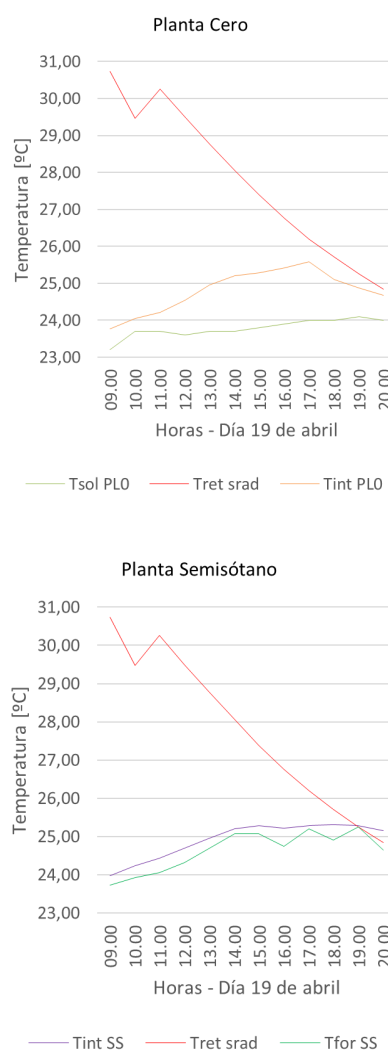


Fig. 17: Ensayo en laboratorio de la influencia de estores. Fuente: Autores.

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



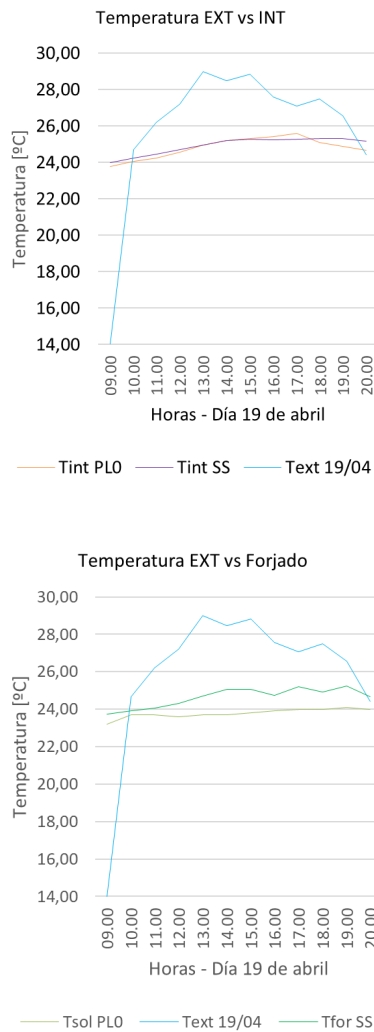


Fig. 18: Comportamiento del forjado, día 19 de abril de 2018

Los dos primeros gráficos, relacionan la temperatura de retorno del fluido que circula por los forjados versus las temperaturas medidas in-situ T_{sol} PLO y T_{int} SS con una cámara termográfica y las arrojadas por el sistema de monitorización del edificio, las T_{int} PLO y t_{int} SS.

La T_{for} SS surge de la ponderación en función del área de influencia, de la temperatura medida en la vigueta y la bovedilla.

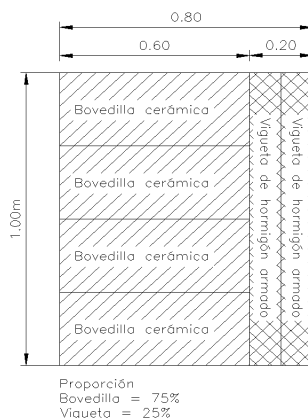


Fig. 19. Proporción geométrica entre bovedilla y vigueta.

Se puede observar como a lo largo del día disminuye la temperatura de retorno del fluido (T_{ret} srad), entregándole calor al forjado. Esta transferencia de calor se traduce en el aumento de temperatura de este (T_{sol} PLO y T_{for} SS) y por ende del ambiente (T_{int} PLO y T_{int} SS). Las distintas pendientes de las curvas, marcan el comportamiento térmico de los diferentes materiales.

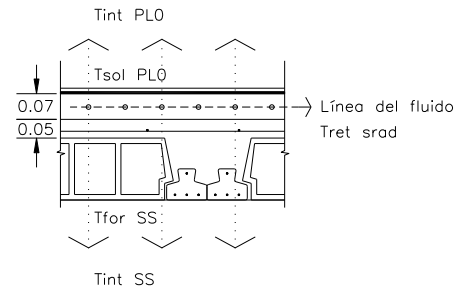


Fig.20. Temperaturas del forjado.

La mayor pendiente de T_{for} SS en comparación de T_{sol} PLO, 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.

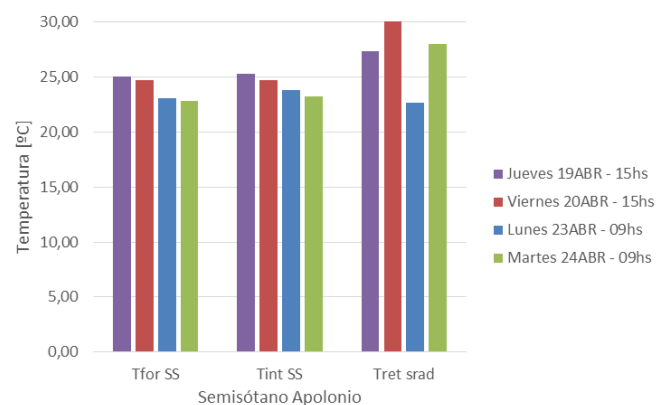
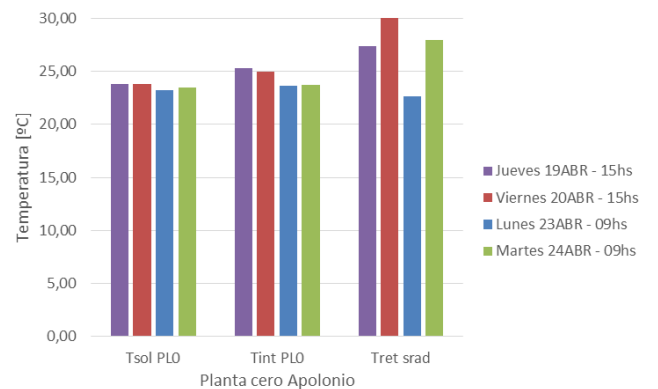


Fig. 21. Temperaturas del forjado vs. Temperaturas del fluido

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 PLO 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 PLO 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.

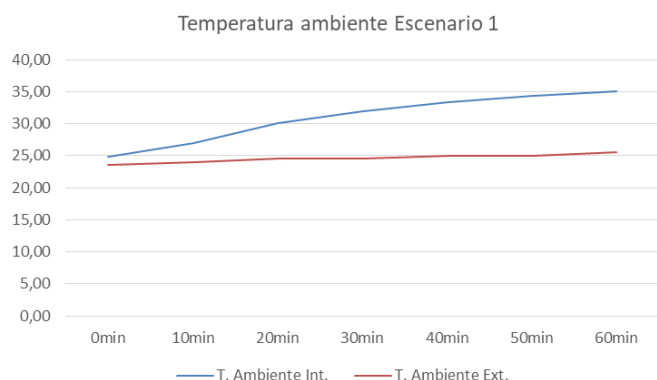


Fig. 22. Gráficas que representan las mediciones de temperaturas superficiales del vidrio.

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 los ensayos, y debido a que las cámaras son de diferente dimensión.

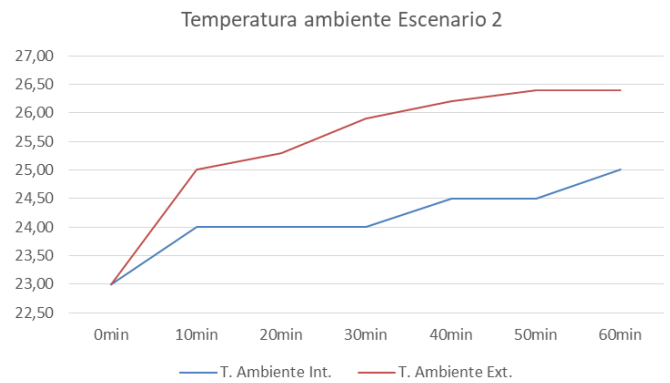


Fig. 23. Gráficas que representan las mediciones de temperaturas superficiales del vidrio.

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.

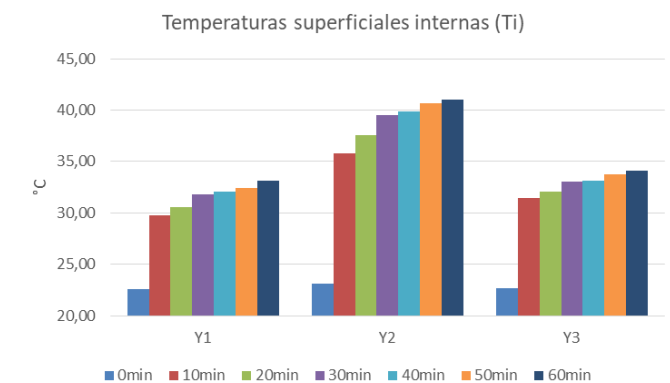


Fig. 24. Temperaturas promedio según rango de medición de temperaturas superficial internas de vidrio.

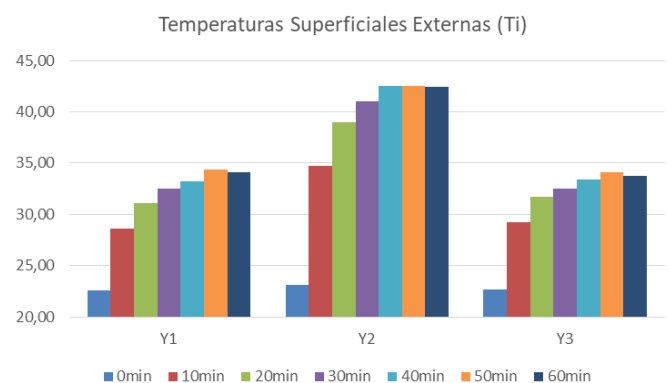


Fig. 25. Temperaturas promedio según rango de medición de temperaturas superficial externas de vidrio.

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.

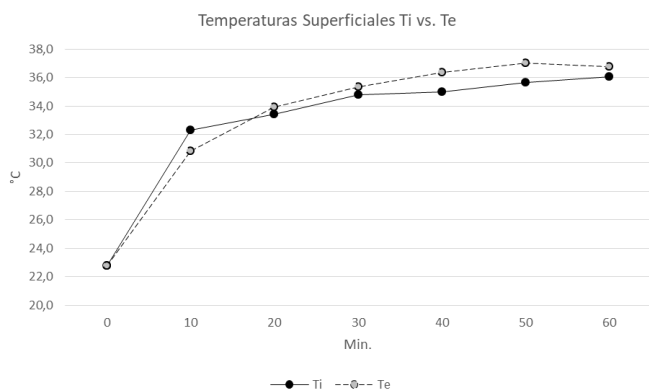


Fig. 26. Compendio final de temperaturas superficiales Ti y Te.

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					
Nº 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					
Nº 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 envolvente. 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 Sevilla. Anales De Edificación, Apr 1, 2016, vol. 2, no. 1. pp. 38-48. Available from: <https://doaj.org/article/ca71d3c99d08496f8e2c3e711e647c6a> 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 Casos. 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.

Green facade proposal for the refurbishment of an office building

Propuesta de fachada verde para la rehabilitación de un edificio de oficinas

FRANCESCA CONTI

Politécnico de Bari.
francescaconti@alumnos.upm.es

ANGELO PASQUALE D'ANGELO

Politécnico de Bari.
Ap.dangelo@alumnos.upm.es

RICARDO TENDERO CABALLERO

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

The following work concerns a building located in the northern area of Madrid, at 29 Apolonio Morales street, close to Paseo del Habana and surrounded by medium height residential buildings and private garden areas. Based on a climatic analysis of the city of Madrid, it has emerged that the values of precipitation, temperatures and humidity, make the climate only dry with a high climatological oscillation and rainfall concentrated in a small period of the year. After the climatic analysis, the building is studied in its current state. Through a series of evaluations, from the point of view of thermal performance, it is possible to find the best strategy to adopt in such a context. The objective is to improve indoor comfort conditions while reducing energy consumption. The project under analysis has the comfortable objective of intervening on two facades of the building, the south and the north. For the first of these we thought about the replacement and insertion of a new building package. A solution that can marry well with the objectives of sustainable development, as well as comfortable respect and appreciation of a widely spread urban area, is to adopt a vertical vegetation system integrated with the structural shell, i.e. a vegetal wall. On the north wall, on the other hand, the brise soleil should be replaced by a vegetal brise soleil which can create a continuous air between inside and outside, thus comfortable the homogeneity between the north and south wall, improving the structure. Finally, the work is articulated in two parts; a part of cost evaluation and a part of simulation of the thermal performances. Through the use of the "DesignBuilder" software, it emerges the values relative to the solution adopted to be compared with those of the current situation.

Green Facade; Vegetal wall; Refurbishment; Thermal simulation.

El siguiente trabajo concierne un edificio que, si encuentra en la zona Norte de Madrid, en el calle de Apolonio Morales nº 29, próxima al Paseo del Habana y rodeado de edificios residenciales de mediana altura y zonas ajardinadas privadas. Partiendo de un análisis climático de la ciudad de madrid, ha emergido como los valores de precipitación, temperaturas y humedad, hacen él que el clima sólo esté seco con una oscilación climatológica elevada y una pluviosidad concentrada en un pequeño periodo del año. Después del análisis climático, se pasa al estudio del edificio al estado actual. Por una serie de valoraciones, del punto de visto prestaciones térmicas, es posible encontrar cual pudiera ser la mejor estrategia que adoptar en tal contexto. El objetivo es mejorar las condiciones de bienestar interior reduciendo al mismo tiempo los consumos energéticos. El proyecto que si analiza tiene cómoda objetivo intervenir en dos fachadas del edificio, el sur y el norte. Para el primero de estos pensamos en el reemplazo e inserción de un nuevo paquete de construcción. Un solución que puede casarse bien con los objetivos del desarrollo sostenible, así cómoda el respeto y el apreciación de un área urbano ampliamente extendida, es adoptar un sistema de vegetación vertical integrado con el caparazón estructural, es decir, un muro vegetal. En el pared norte, por otro lado, el brise soleil debe ser reemplazado por un brise vegetal que puede crear un aire continuo entre el interior y el exterior, así cómoda el homogeneidad entre el pared norte y el sur, mejorando el estructura. Por fin, el trabajo se articula en dos partos; una parte de valoración de los costes y una parte de simulación de las prestaciones térmicas. Por el empleo del programa "DesignBuilder", emerge los que pueden ser los valores relativos a la solución adoptados por confrontar con los de la situación actual.

Fachada verde; Muro vegetal; Rehabilitación; Simulación térmica.

1. DESCRIPCIÓN DE LA MACRO-ÁREA: MADRID

1.1 GENERALIDAD

Madrid es un municipio y ciudad de España. La localidad, con categoría histórica de villa, [9] es la capital del Estado [10] y de la Comunidad de Madrid. También conocida como la Villa y Corte, es la ciudad más poblada del país, con 3.182.981

habitantes empadronados según datos del INE de 2017 mientras que, con la inclusión de su área metropolitana [11] la cifra de población asciende a 6.543.031 habitantes [11], siendo así la tercera o cuarta área metropolitana de la Unión Europea, según la fuente, por detrás de las de París y Londres, y en algunas fuentes detrás también de la Región del Ruhr, así como la tercera ciudad más poblada de la Unión Europea, por detrás de Berlín y Londres. [12, 13, 14]

Madrid ocupa el puesto nº 38 en la lista Economist Intelligence Unit de ciudades con mejor calidad de vida del mundo. [15, 16]. La ciudad cuenta con un PIB nominal de 227.411 millones USD y un PIB per cápita nominal de 34.425 USD, lo que representa un PIB PPA per cápita de 40.720 USD, [17, 18] siendo la 1.ª área metropolitana española en actividad económica; y la décima de Europa por detrás de: Londres, París, Rin-Ruhr, Ámsterdam, Milán, Bruselas, Moscú, Fráncfort del Meno y Munich. Madrid es también la ciudad española con más pernoctaciones hoteleras.

Como capital del Estado, Madrid alberga las sedes del Gobierno, las Cortes Generales, ministerios, instituciones y organismos asociados, así como la residencia oficial de los reyes de España [19] y del presidente del Gobierno. En el plano económico, es la cuarta ciudad más rica de Europa, tras Londres, París y Moscú [20].



Fig. 1. The DMC advantage

También alberga las principales instituciones internacionales reguladoras y difusoras del idioma español: la Comisión Permanente de la Asociación de Academias de la Lengua Española [28], y sedes centrales de la Real Academia Española (RAE), del Instituto Cervantes y de la Fundación del Español Urgente (Fundéu). Madrid organiza ferias como FITUR, Madrid Fusión, ARCO, SIMO TCI, el Salón del Automóvil y la Cibeles Madrid Fashion Week.

Es un influyente centro cultural y cuenta con museos de referencia internacional, entre los que destacan el Museo del Prado, el Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, el Thyssen-Bornemisza y CaixaForum Madrid, que ocupan, respectivamente, el 12º, 18º, 67º y 80º puesto entre los museos más visitados del mundo.

Los orígenes de la ciudad son objeto de revisión tras recientes hallazgos de enterramientos visigodos así como de restos que se remontan a los carpetanos o periodo prerromano. Las excavaciones arqueológicas también arrojan restos que se atribuyen al Madrid romano. Estos hallazgos de época visigoda han venido a confirmar que el posterior asentamiento fortificado musulmán de Mağrīṭ (del siglo IX) se había asentado sobre un vicus visigodo del siglo VII llamado Matrice o matriz, arroyo (AFI [maʤri:tʃ]).

Para 2009, el 50,1 % de los ingresos de las 5000 principales empresas españolas son generados por sociedades con sede social en Madrid, que suponen un 31,8 % de ellas [21]. Es sede del 3.ª mayor mercado de valores de Europa, [22] y 2.ª en el ámbito iberoamericano (Latibex) y de varias de las más grandes corporaciones del mundo [23, 24]. Es la 8.ª ciudad del mundo con mayor presencia de multinacionales, tras Pekín y por delante de Dubái, París y Nueva York [25, 26]. En el plano internacional acoge la sede central de la Organización Mundial del Turismo (OMT), perteneciente a la ONU, la sede de la Organización Internacional de Comisiones de Valores (OICV), la sede de la Secretaría General Iberoamericana (SEGIB), la sede de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), la Organización Iberoamericana de Juventud (OIJ), y la sede de Public Interest Oversight Board (PIOB) [27].

No sería hasta el siglo XI cuando Madrid fue incorporada a la Corona de Castilla, tras su conquista por Alfonso VI de León en 1083. Fue designada como sede de la Corte por el rey Felipe II en 1561, convirtiéndose en la primera capital permanente de la monarquía española.

Desde el Renacimiento hasta la actualidad ha sido capital de España y sede del Gobierno y la administración del Estado salvo breves intervalos de tiempo: el primero de ellos entre los años de 1601 y 1606, cuando la capitalidad pasó a Valladolid; posteriormente, de 1729 a 1733, en el llamado lustro real, la corte se trasladó a Sevilla por decisión de Isabel de Farnesio, que buscaba cura para el estado depresivo de su esposo, el rey Felipe V [32]; también durante la Guerra de la Independencia la Junta Suprema Central, opuesta a José Bonaparte, se estableció en Sevilla, en 1808, y en 1810, como Consejo de Regencia, en Cádiz; finalmente, durante la Guerra Civil, aunque Madrid no dejase de ser la capital de la República conforme al artículo 5º de la Constitución española de 1931, el Gobierno republicano se trasladó en noviembre de 1936 a Valencia y a Barcelona en noviembre del año siguiente, hasta la caída de Cataluña en febrero de 1939, cuando una parte del Gobierno encabezada por su presidente, Juan Negrín, se trasladó a Alicante.

El Gobierno del bando sublevado, por su parte, se estableció en Burgos y, tras finalizar la guerra, se fijó allí la capital hasta el 18 de octubre de 1939 que se volvió a trasladar a Madrid.

1.2 ANÁLISIS CLIMÁTICO

De acuerdo con los criterios de la clasificación climática de

Köppen y tomando como periodo de referencia los años 1981-2010, el clima de Madrid se puede considerar de transición entre el clima semiárido frío (BSk) y el clima mediterráneo (Csa). Las precipitaciones (y su relación con la temperatura) se sitúan en el límite entre ambos climas.¹²³ La temperatura media en el periodo 1981-2010 es aproximadamente de entre 14,5 y 15 °C.⁴⁵

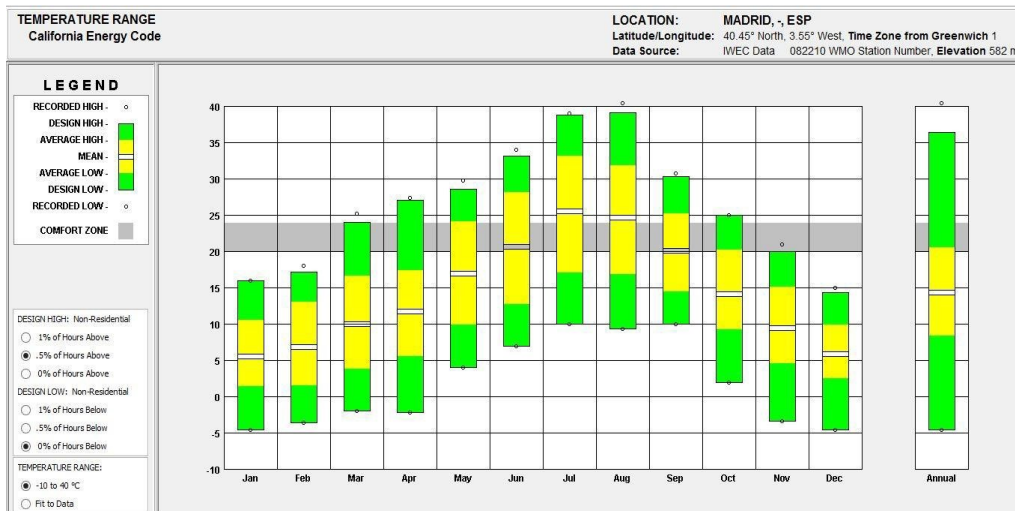


Fig. 2. Energy design tools

Los inviernos son moderadamente fríos, con temperaturas medias en el mes más frío (enero) de alrededor de los 6 °C, heladas frecuentes y nevadas ocasionales (entre 2 y 5 días de nieve al año, dependiendo de la zona). En este mes las temperaturas máximas medias se sitúan entre 9,5 y 11°C, y las mínimas entre 0 y 3°C. Por el contrario, los veranos son

calurosos. Las medias superan los 25 °C en julio, con temperaturas máximas medias de entre 32 y 33,5 °C. La amplitud térmica diaria es importante en la periferia urbana (llegando a superar los 13 °C), pero se ve reducida en el centro de la ciudad (bajando incluso de los 10°C). La amplitud térmica anual es también alta: entre 19 y 20 grados.⁴⁵

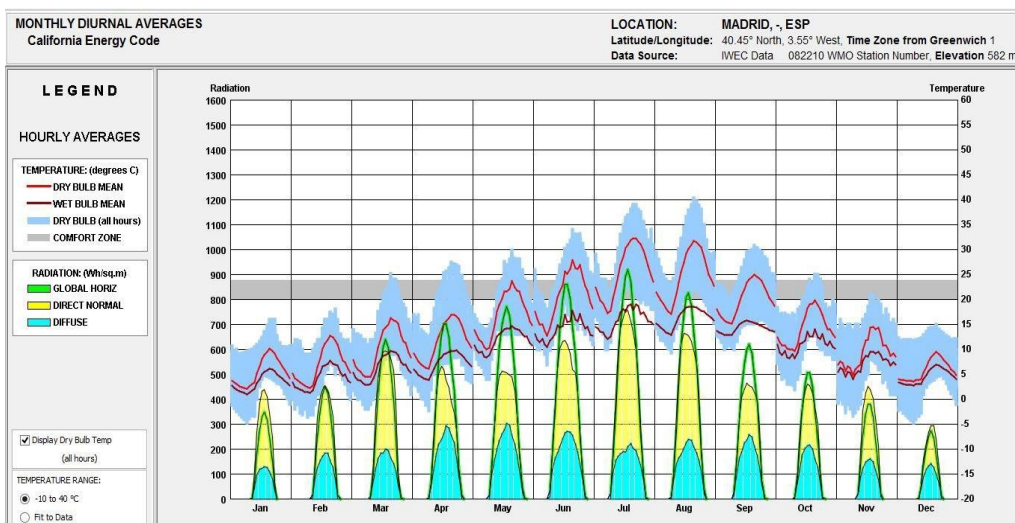


Fig. 3. Energy design tools

Las precipitaciones anuales se sitúan alrededor de los 400 mm o algo por encima, con un mínimo marcado en verano (especialmente en julio y agosto), característico de los climas mediterráneos. El máximo de precipitación se da

en otoño (de octubre a diciembre) y en los meses primaverales de abril y mayo. En octubre, el mes más lluvioso, se registran de media entre 50 y 60 mm, en contraposición con los meses de julio y agosto en los que cae de media entre 8

y 12 mm de precipitación en cada mes. La humedad media a lo largo del año se sitúa alrededor del 57%, con una gran oscilación entre las épocas frías, mucho más húmedas, y las cálidas, que resultan muy secas. Así, podemos afirmar que

Madrid es la capital provincial o autonómica más seca de toda España en cuanto a humedad relativa media, tan solo igualada por Granada y seguida muy de cerca por Murcia.

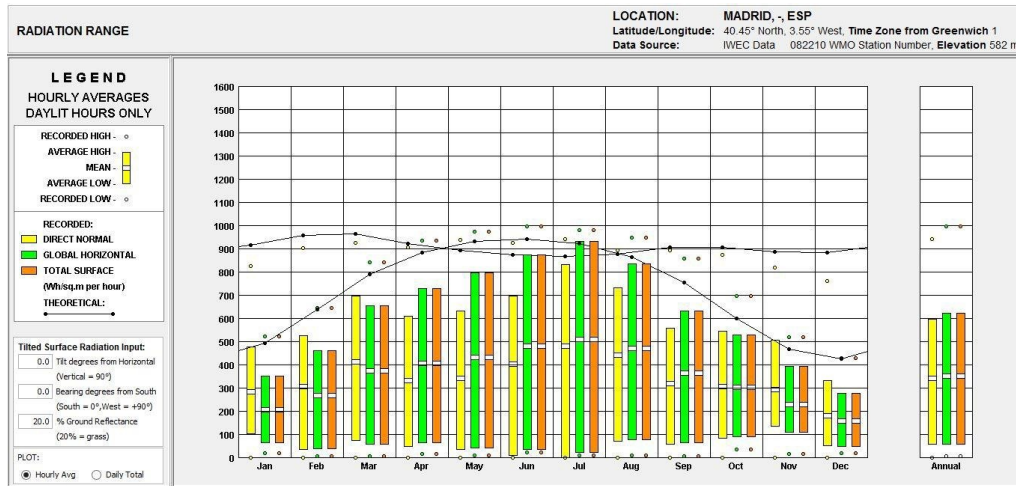


Fig. 4. Energy design tools

1.2.1. TEMPERATURA

La temperatura media se sitúa alrededor de los 14,5 y 15 °C. Los inviernos son moderadamente fríos, con temperaturas medias en el mes más frío (enero) de alrededor de los 6 °C. En este mes las temperaturas máximas medias se sitúan entre 9,5 y 11°C, y las mínimas entre 0 y 3 °C. Por tanto, las heladas son frecuentes en invierno, especialmente en la periferia. Por el contrario, los veranos son calurosos. Los meses más cálidos son julio y agosto, siendo julio ligeramente más cálido. En este mes, las medias superan los 25 °C, con temperaturas máximas medias de entre 32 y 33,5 °C y temperaturas mínimas medias que bajan de los 17 °C en algunas zonas, pero alcanzan los 19 °C en la zona urbana. La amplitud térmica diaria es importante en la periferia

urbana (llegando a superar los 13 °C), pero se ve reducida en el centro de la ciudad (bajando incluso de los 10 °C). Los meses más cálidos son los de mayor amplitud térmica diaria (coincidiendo con el mínimo pluviométrico), siendo julio el mes de mayor amplitud térmica diaria, con entre 13 y 17 grados; mientras que los meses más fríos son los de menor amplitud térmica diaria, especialmente en diciembre con entre 6 y 10 grados de media y coincidiendo con el tercer o cuarto mes más lluvioso. En concreto, es sabido que los días despejados suelen tener una amplitud térmica mucho mayor que los días nublados en una misma época del año. Por otra parte, la oscilación térmica anual es alta, situándose entre 19 y 20 grados como consecuencia de la gran distancia al mar y la altitud.

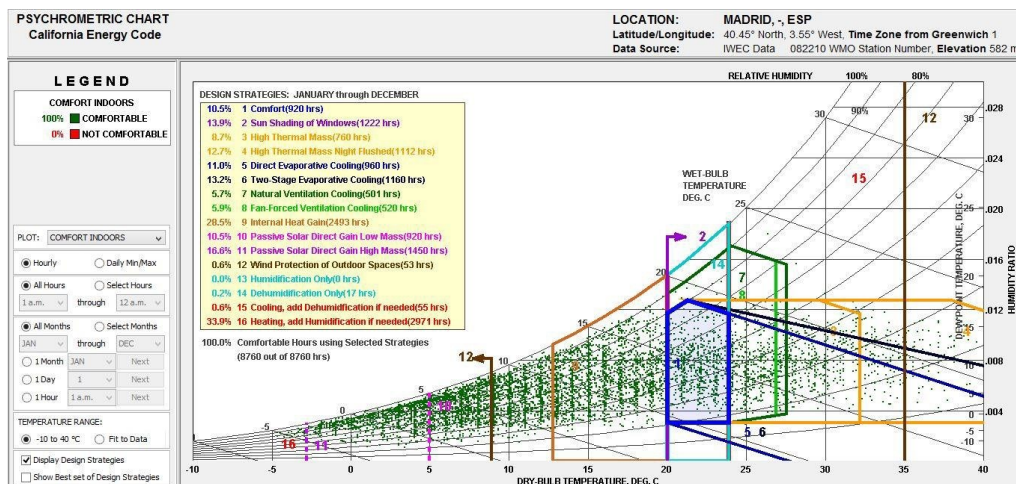


Fig. 5. Energy design tools

1.2.2. PRECIPITACIÓN

Las precipitaciones anuales se sitúan en general algo por encima de los 400 mm si bien pueden bajar de esta cifra en algunas zonas y subir de los 450 mm en otras. Por tanto, de acuerdo al criterio de la clasificación climática de Köppen, las precipitaciones se sitúan cerca del límite entre los climas semiáridos y no semiáridos y podemos hablar de un clima semiárido de tipo Bsk en gran parte del municipio, y de un clima mediterráneo de tipo Csa en otros lugares del mismo. Como es típico de los climas mediterráneos, se da un mínimo marcado de precipitaciones en verano (especialmente en julio y agosto). El máximo de precipitación se da en otoño y comienzos del invierno (de octubre a di-

ciembre) y en los meses primaverales de abril y mayo. En octubre, el mes más lluvioso, se registran de media desde

50 hasta más de 60 mm, en contraposición con los meses de julio y agosto en los que cae de media entre 8 y 12 mm de precipitación en cada mes. Las nevadas son ocasionales en invierno, con una media de entre

2 y 5 días de nieve al año dependiendo de la zona (aunque no siempre cuaja) y pudiéndose dar más nevadas en las zonas altas del municipio, que pueden llegar a superar los 750 msnm. El granizo ocurre tan solo uno o dos días al año y las tormentas se dan especialmente en primavera y verano, con una media de entre 14 y 16 días al año.

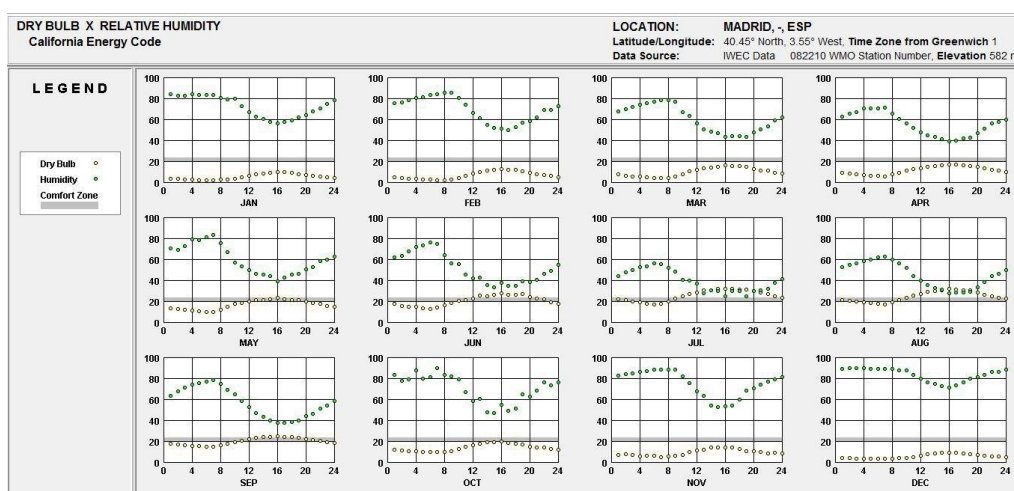


Fig. 6. Energy design tools

1.2.3 SOL Y NUBOSIDAD

Primero conviene diferenciar entre las horas de luz y las horas de sol. El concepto horas de luz, se refiere al tiempo que transcurre desde que sale el sol hasta que se pone, lo cual depende de la latitud y de la época del año. El concepto horas de sol se refiere al tiempo en el que hay una incidencia directa de los rayos solares, que depende tanto de la nubosidad como de las horas de luz. Madrid cuenta con una media anual aproximada de algo más de 7 horas y media de sol al día. El mes con menos horas de sol en Madrid es diciembre, dándose una media de unas 4 horas diarias de sol, y coincidiendo con el mes en el que se dan menos horas de luz. Sin embargo, a pesar de ser junio el mes con más horas de luz, debido a que en este mes se da una mayor nubosidad que en julio y agosto, julio es el mes con más horas de sol, con una media aproximada de 11 horas y media, seguido de agosto y después junio.⁴⁵ Con respecto a las horas de luz, y teniendo en cuenta únicamente la latitud de Madrid de algo más de 40 grados, la ciudad cuenta con un máximo de 15 horas y 4 minutos de luz en el día más largo, que se da en

junio, y un mínimo de 9 horas y 17 minutos en el día más corto, que se da en diciembre. Por otra parte, la inclinación del sol en el mediodía (en su punto más alto) alcanza su máximo en junio, con aproximadamente 73 grados, y su mínimo en diciembre, con unos 26 grados.

1.2.4 HUMEDAD RELATIVA

Madrid posee en general un clima moderadamente seco en cuanto a humedad, con una media de entre el 57 y el 58%, como consecuencia de la gran distancia al mar. Así, Madrid se puede considerar como la capital de provincia española más seca en cuanto a humedad, junto con Granada y Murcia. Sin embargo, la humedad varía mucho a lo largo del año acorde con las temperaturas y las precipitaciones, es decir, las épocas frías (y lluviosas) resultan húmedas mientras que las épocas cálidas (y áridas) resultan muy secas. En concreto, la humedad media se sitúa entre el 74 y el 77% en diciembre, en contraposición con el mes de julio que registra una humedad media de entre el 35 y el 38%.

2. ESTADO ACTUAL DEL EDIFICIO

2.1 LOCALIZACIÓN

El edificio se encuentra en la zona Norte de Madrid, en la calle de Apolonio Morales nº 29, próxima al

Paseo de la Habana y rodeado de edificios residenciales de media altura y zonas ajardinadas privadas.

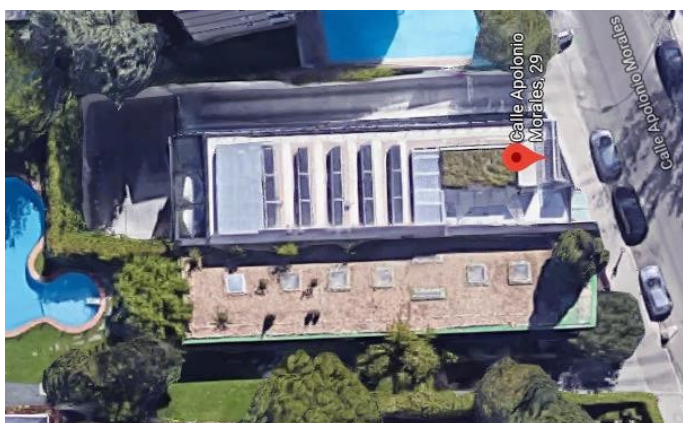


Fig. 7. Google map

2.2 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO EXISTENTE

El solar en el que se ubica el edificio de oficinas tiene forma de trapecio regular, con una superficie de

507 m² y las siguientes dimensiones:

- ◊ el frente de la parcela con orientación Sur tiene una longitud de 13.70 m;
- ◊ el frente Este tiene una longitud de 37 m;
- ◊ el frente Norte tiene una longitud de 13 m;
- ◊ el frente Oeste tiene una longitud de 41 m.

El edificio se construyó al inicio de los años 90 siguiendo un proyecto del año 1989, es medianero por el lado Oeste con el edificio contiguo, con una altura similar a la del edificio existente, dos plantas desde la cota de la calle, y se separa en el lado Este para respetar un retranqueo de 5m, que ocupa en tres metros de anchura una rampa para vehículos que desciende hasta el nivel de sótano, en la zona posterior, donde existe un patio inglés de dimensiones 12m de largo y 9 m de profundidad. En este patio, que ilumina la planta sótano, es donde hoy se sitúa un aparcamiento en superficie para 5 coches. En el frente norte hay también un pequeño patio inglés de planta triangular que proporciona luz y ventilación a las dependencias contiguas de la planta sótano.

En el ángulo noroeste del edificio se resuelve el acceso desde la calle de Apolonio Morales, que se realiza subiendo una pequeña escalera exterior hasta un nivel intermedio entre las dos plantas sobre rasante. Contigua a la entrada se encuen-

tran la escalera y el ascensor que comunican todas las plantas.

Bajo la proyección del espacio de entrada hay, en las dos plantas inferiores y contrapeados una altura de media planta respecto al resto de las plantas del edificio, espacios destinados a servicios e instalaciones.

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 -4.90m, el espacio situado debajo de la rampa se usa como comedor de empleados, cocina y archivo pesado; la planta baja a cota -

1.50m es totalmente diáfana y la planta alta a cota +1.90 m, además 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 está 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 de tubo 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 y 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.

3. ESTRATEGIA DEL DISEÑO

El proyecto que se analiza tiene como objetivo intervenir en dos fachadas del edificio, el sur y el norte. Para el primero de estos pensamos en el reemplazo e inserción de un nuevo paquete de construcción. Una solución que puede casarse bien con los objetivos del desarrollo sostenible, así

como el respeto y la apreciación de un área urbana ampliamente extendida, es adoptar un sistema de vegetación vertical integrado con el caparazón estructural, es decir, un muro vegetal. En la pared norte, por otro lado, el brise soleil debe ser reemplazado por un brise vegetal que puede crear un aire continuo entre el interior y el exterior, así como la homogeneidad entre la pared norte y el sur, mejorando la estructura.

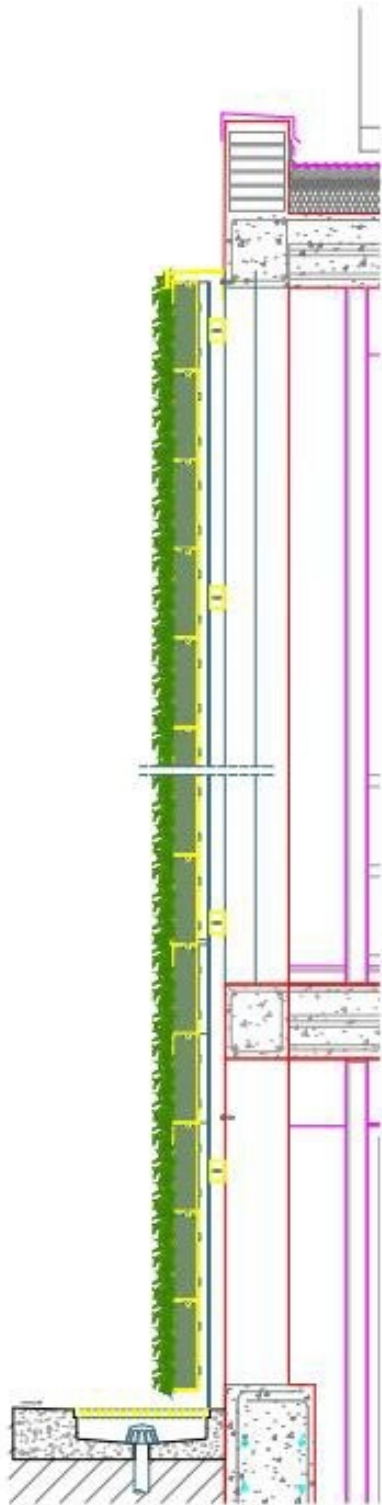


Figura 8- Pared sur

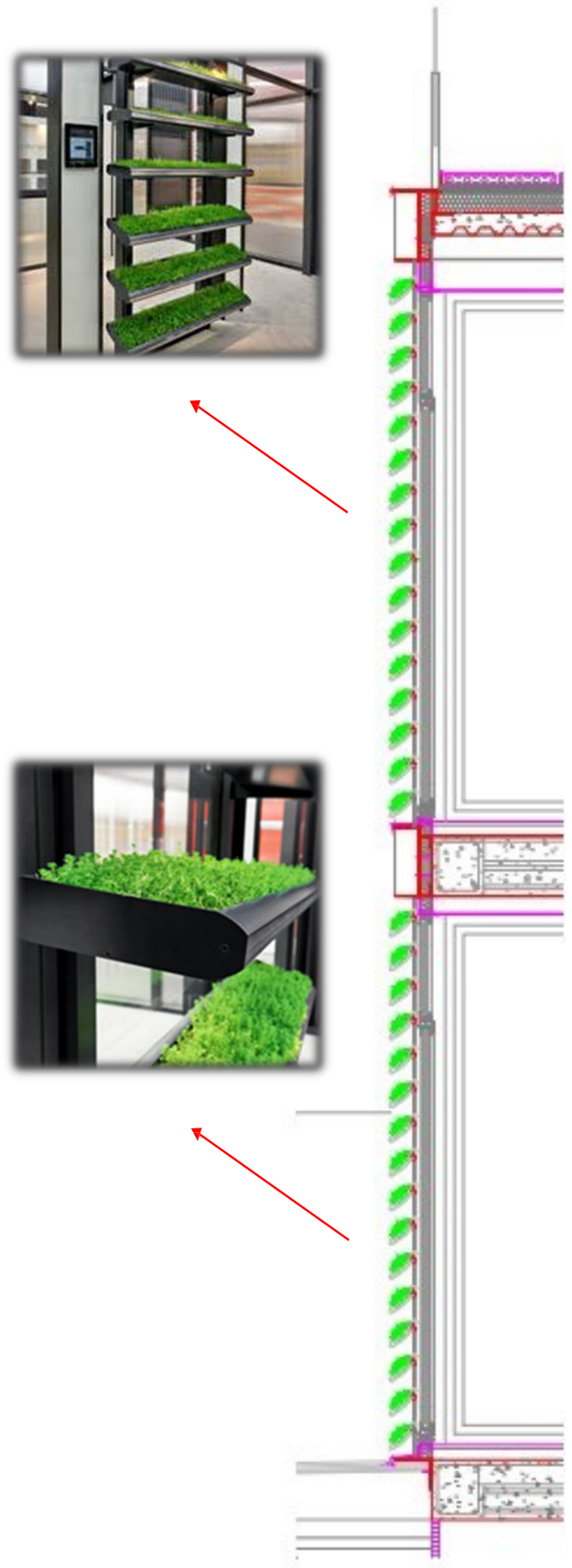


Figura 9- Pared norte: gráfico AUTOCAD y imágenes

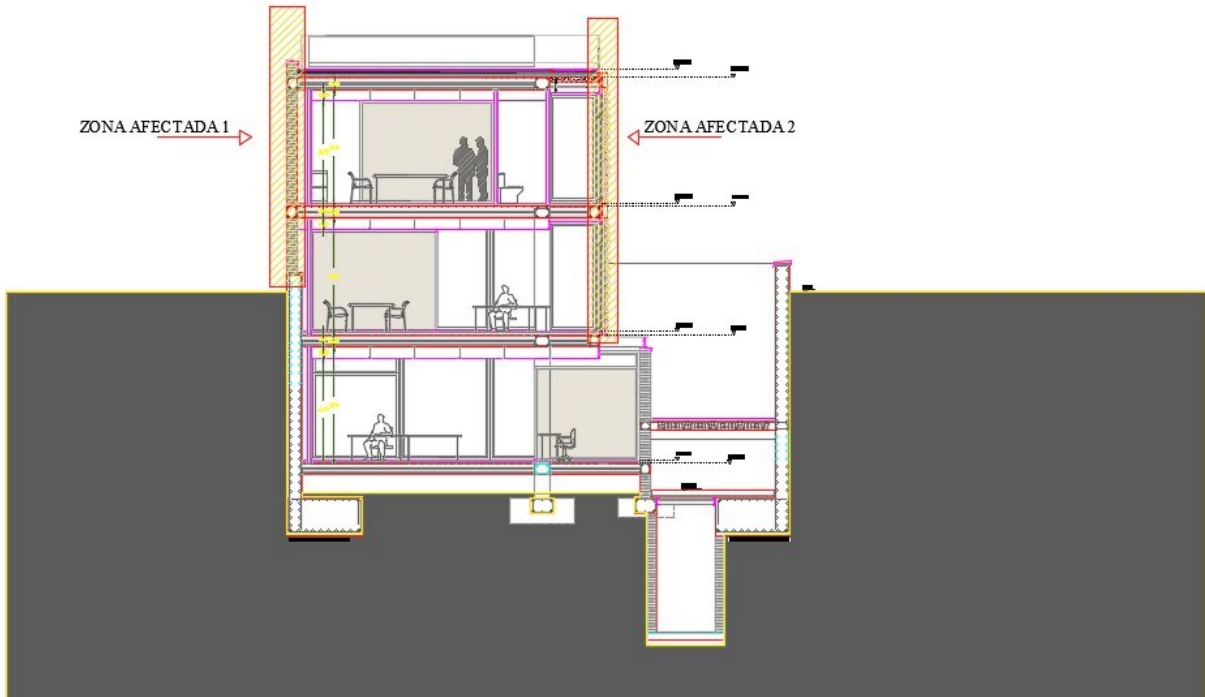


Fig. 10. Proyecto antes

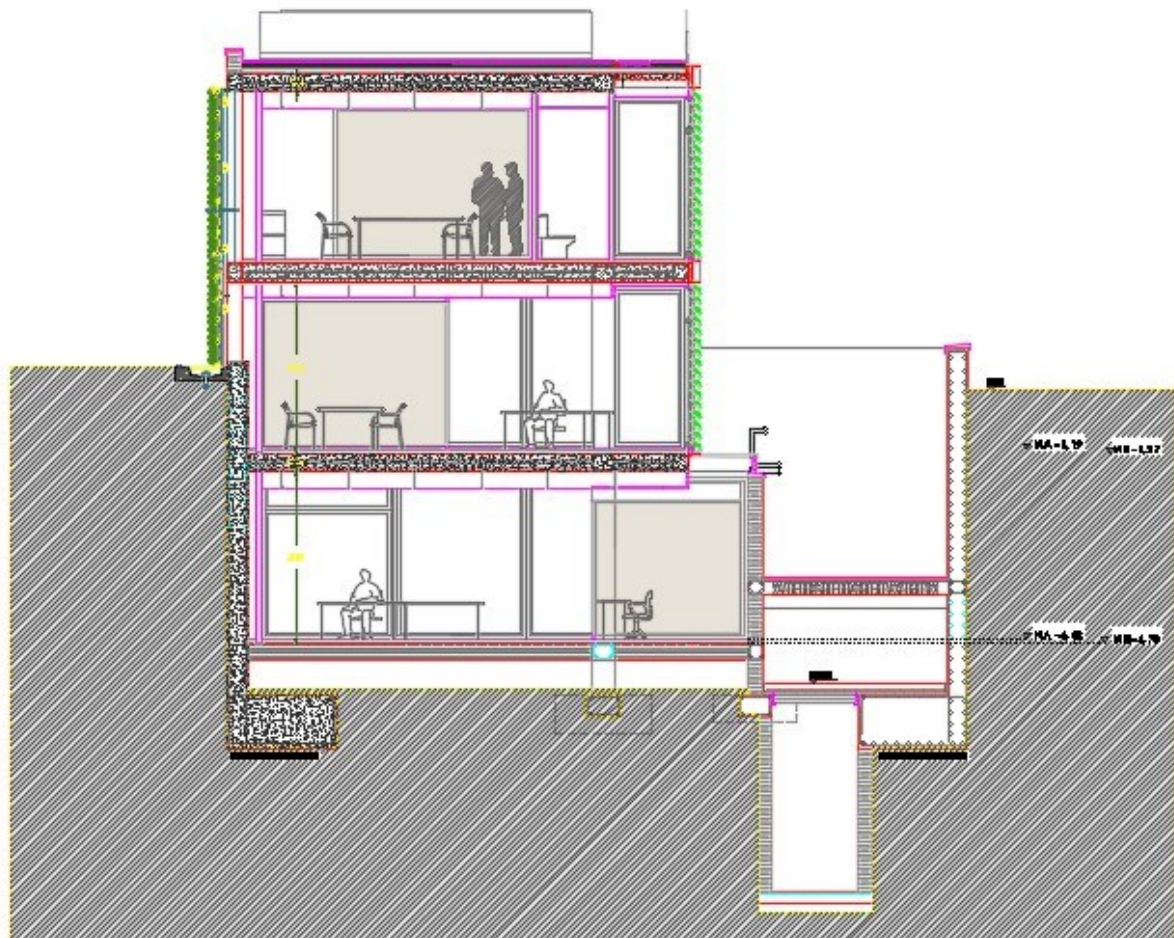


Fig. 11. Proyecto después

3.1. VERDE VERTICAL



Fig. 12. Ideas green

Una propuesta de clasificación Usted dicción de Verde Vertical no está a indicar un sistema tecnológico real pero bastante un conjunto de técnicas y sistemas diferentes finalizados a la verticalización vegetal. Ello es por lo tanto un metasistema conceptual que representa un modo de entender la edificación en vez de una específica tecnología adecuada a realizarla.

Pasando al análisis de las especificidades de las paredes a verde, y contemplando a la comprensión de aquéllos que son las peculiaridades tecnológicas de las varias metodologías utilizables en su realización, se estrella con dos categorías diferentes por características constructivas y gestionales: "revestimientos vegetales" y "cierres verticales vegetáis."

Los revestimientos vegetales El revestimiento a verde, o revestimiento vegetal

verificable en lengua anglosajona con la locución de green façade, consiste en un sistema tecnológico más o menos simple a segunda que el aparato vegetal agarra directamente a la superficie de la pared, o que lo haga con el auxilio de un específico subsistema de soporte.

El revestimiento vegetal es caracterizado de una limitada tecnología sistémica y de una baja integración entre plantas y cierre, y es por lo tanto considerable como un aparato vegetal suplementario a una pared constructora: cierre que por tanto también podría existir sin la presencia de las plantas.

Su baja complejidad tecnológica también se repercute en la variedad de vegetales utilizables y en su modalidad de instalación. Las plantas utilizables con este sistema son poco y hacen referencia a las especies trepadoras o a postura decumbente: éstas son las únicas que, gracias a la misma estructura y posibilidad de desarrollo en el tiempo, logran garantizar el ricoprimento del paramento mural sin la necesidad que las frondas vegetales estén en estrecha vecindad a los mismos órganos radicales. Eso implica que también el sistema por la misa a morada de los vegetales sea relativa-

mente simple, siendo subdividido entre las especies plantadas a tierra y aquellos arregláis en macetas puestas en cuota.

3.2 LOS CIERRES VERTICALES VEGETÁIS

Usted cierres verticales vegetáis son un producto contemporáneo. Seppur algunos característicos archetipiche de este sistema podrían ser halláis en los turf building del antichità, el cierre vegetata es en todo caso una técnica desarrollada que considerarse él sólo en los últimos años, muy desarrollado del punto de vista agrio-técnico. A todos los efectos ella puede ser considerada una derivación tipologica de las coberturas a verde, al que continua, aunque sólo de manera completamente correcta, a hacer referencia.

El sistema es caracterizado por una elevada complejidad. Si en el caso de los revestimientos vegetales se ha en presencia de un aparato a verde que con el transcurrir del tiempo y medio el desarrollo biológico reviste una superficie constructora, con los cierres vegetados hay una total integración entre plantas y envoltura ya que cada apunto superficial de la pared corresponde al lugar de instalación de los vegetales. Ellas son por lo tanto plenamente equiparables a una unidad Tecnológica, en cuyo las plantas se vuelven parte integrante e irrenunciable de la fachada.



Fig. 13. Ideas green

Los cierres vegetados se distinguen del revestimiento a verde ante todo por un motivo agronómico: el sistema es invadido por una capa vegetal continua que reviste la entera superficie constructora; se viene así a crear entre la superficie arquitectónica y las especies vegetales una íntima y provechosa integración.

Este perfeccionamiento vegetal superficial permite el empleo de casi todas las especies vegetales existentes, puesto che sean respetadas de ello las exigencias fisiológicas y ambientales: soy utilizable gran parte de las especies presentes al mundo, o sea a estructura muscinal, herbáceo y pequeño-

arbustiva, conque a foliación sempervirente; cuestión que aumenta la libertad formal en la composición de la fachada.

3.3 LA FACHADA VERDE CLIMAGRÜN

Es un sistema de reverdecimiento integrado en la envoltura constructora, basado sobre el empleo de sustrato y sin contacto directo con el suelo. El elemento fundamental

es constituido por preciosos contenedores de aluminio por el sustrato, el que puede ser empleado de modo flexible. Según la composición de los miembros de la fachada verde Climagrün y según la elección de la vegetación emergen diferentes resultados como prados naturales, jardines artísticos o islas verdes.



Fig. 14. La fachada verde climagrün

Características:

- ◊ Amplia variedad de especies vegetales
 - ◊ Creatividad en la composición
 - ◊ La vegetación se encuentra desde el principio a la altura prevista
 - ◊ La cobertura a verde es alcanzada en poco tiempo
 - ◊ La construcción de aluminio precioso garantiza una duración de vida notable y es resistente al fuego, viento y a los rayos UV
 - ◊ La construcción de aluminio supe de elemento arquitectónico creativo
 - ◊ Los materiales preciosos usados también mejoran el aspecto del edificio durante el período invernal
 - ◊ También es un tipo de fachada idóneo por el reverdecimiento de construcciones altas
- ◊ Fácil adaptación a las características presentes sobre la fachada, p. ej. ventanas,
 - ◊ La construcción se conforma a los movimientos de deformación caracteres de la fachada
 - ◊ Disponible en todos los colores RAL
 - ◊ La forma no modular contenedores por el sustrato aumenta el espacio vital de las plantas, dando mayor estabilidad
 - ◊ Sustitución simple de las plantas por los contenedores llorados
 - ◊ Espesor del sistema solos 60 mm, sin la estructura de soporte,
 - ◊ Cuelga harto de agua sólo 95 kg/m², sin la vegetación,
 - ◊ gracias al empleo de sustrato hay mayor acumulación hídrica
 - ◊ Arriesgo reducido en caso de interrupción temporal del riego
 - ◊ Instaló automático de riego y fertilización
 - ◊ Tubos regadíos perfectamente accesibles del exterior.

3.3.1 CHECKLIST POR HAGÁIS VERDES

La fachada vegetal tiene que siempre ser planeada observando y considerando el proyecto arquitectónico, para permitir de crear una perfecta armonía entre estructura y vegetación. El despacho técnico de Climagrün ya debería ser partícipe en fase inicial del planeamiento para tener en cuenta de algunas consideraciones enumerada en seguida:

- ◆ Luz solar
 - ◊ radiación solar, reflexión y radiación térmica
 - ◊ las condiciones de luz son determinantes para la elección de las plantas
- ◆ Viento
 - ◊ la acción del viento y eventuales medidas
 - ◊ las condiciones de viento son determinantes para la elección de las plantas
- ◆ Tipología de fachada
 - ◊ la tipología de fachada determina el tipo de estructura portante de la fachada verde
- ◆ Capacidad de carga estática
 - ◊ cerciorarse capacidad de carga estática, min. 150 kg/m² en los sistemas integrados en la

- envoltura constructora,
- considerar la cargada nieve, viento y carga accidental
- ◆ Calidad de aire
 - cerciorarse que eventuales chimeneas, aireaciones etcétera se encuentren a una distancia suficientemente grande que poder garantizar una oportuna calidad de aire
 - Concordancia con otras miembro estructurales
 - considerar eventuales ventanas, balcones, objetos etcétera
- ◆ Contexto atmosférico de la fachada
 - radiación solar, exposición al viento, sombra, polución
- ◆ Accesibilidad por tercero
 - si necesario, prever protecciones por la eventual caída de material vegetal, nieve, hielo etcétera
- ◆ Forma, variedad ecológica y coste
 - exigente: las hagáis verdes integráis en la envoltura constructor
 - poco exigente: la fachada verde integrada en la envoltura constructora
- ◆ Cura
 - considerar la cura requerido según la tipología de fachada verde la fachada tiene que ser fácilmente accesible para permitir la manutención
- ◆ Riego
 - prever una atadura de agua con presión suficiente prever un sistema de liquidación de las aguas
 - Insectos y animales pequeños
 - en las vecindades inmediatas de una fachada verde considerar la presencia de insectos y animales pequeños.

raturas, que llevan a mejores niveles de salud pública y confort. Cómo parte de infraestructuras verdes de una ciudad, las paredes verdes pueden tener efectos positivos sobre las poblaciones, sobre su bienestar psico-físico, sobre el agrado e identidad del lugar. También pueden ayudar devolver una ciudad más atractiva como destino turístico. Mientras estas ventajas parecen notables no está todavía claro si pecuniariamente superan o compensan los costes de instalación y manutención.

Los investigadores han usado un enfoque coste-beneficios para valorar el sostenibilità económico de los cuatro tipos de pared verde sobre un hipotético edificio de Génova.

1. una fachada directamente verde manta con la yedra que crece sobre el muro;
2. dos tipos de fachadas de verdes indirectos, con yedra respaldada por una red de plástico o acero;
3. dos tipos de fachadas de verde indirecto, con yedra plantada en box y graves con un jersey de red;4, un "muro viviente", con uno especial panel en cuyo semipervientes y pequeños matorrales son plantados.

4.1.1 RESULTADOS

Los costes de las paredes han sido confrontados con el valor de sus prestaciones por el ciclo de vida de las instalaciones, 50 años. Tres posibles escenarios de coste han sido considerados: bajo, mediano y alto. Ésta se fueron basados en los valores de instalación, manutención y liquidación de los sistemas. Las ventajas se fueron basadas en las reducciones de calefacción y raffrescamento del aire, sobre los costes de condicionamiento, sobre la longevidad de las paredes y lo aumentas de valor de los inmóviles cubiertos. Sólo la fachada verde dirigida ha resultado ser económicamente sostenible en todos los escenarios posibles, porque es relativamente económica que instalar, mantener y eliminar, con respecto de los demás sistemas. El estudio ha estimado que ofrece un saldo neto positivo, que varía de los 9 a los 500 € en el escenario de coste más elevado, a € 30-139 € en aquel más bajo, dando una tasa interior de rendimiento superior al tipo de interés corriente del 5%. Tiene un período de amortización de 16 -24 años, según el escenario.

4. DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA PROPUESTA

4.1 PARÁMETROS TÉRMICOS

Sostenibilidad económico y beneficios ambientales. Hay un cierto número de potenciales beneficios derivados dall' reverdecimiento de las paredes de los edificios con plantas, sobre todo en las áreas urbanas. Por ejemplo, ellas pueden contribuir a reducir la polución atmosférica y las altas tempe-

4.1.2 PAREDES VERDES ECONÓMICAMENTE INSOSTENIBLES

Con altos costes de instalación y liquidación, los sistemas de pared verde indirecta han estado económicamente solo sostenibles en el mejor o, en algunos casos, en el mediano escenario. Los costes de manutención son más elevados por las hagáis verdes indirectos con macetas. El sistema a pared vivien-

te ha sido calculado ser económicamente insostenible en todos los escenarios, a causa del elevado gasto por la instalación, liquidación y manutención. Los investigadores sugieren que los incentivos gubernativos como la reducción de impuesto, pudieran ser útiles para reducir los costes y promover la más amplia difusión de las paredes verdes.

Los resultados evidencian que los costes de las paredes verdes pueden superar algunos de las ventajas. Debe ser notado que, mientras los gastos son relativamente fáciles que estimar, algunos de las ventajas más amplias por la sociedad

son más difíciles de cuantiar, y han sido omitidos por este estudio. En particular, sólo han sido analizados los costes y los beneficios de una sola pared. Se preve que la difusa instalación de paredes verdes tendría beneficios sociales más amplios, entre cuyo, por ejemplo, potenciales reducciones del gasto sanitario público por una mejor calidad del aire y una reducción del efecto "aisla" de calor urbano. Las prestaciones sociales aún más se extienden considerando la reducción de anhídrido carbónico y la creación de hábitat por la conservación de la biodiversidad.

- Elementos constructivos verticales del estado actual

Rehabilitación de edificio de oficinas situado en la C/Apolonio Morales nº29, Madrid.

Elementos constructivos verticales			Masa m Kg/m ²	Aislamiento acústico a ruido aéreo R en dBA	
				Proyectado	Exigido
Particiones interiores (Art. 10 ^º)	Entre áreas de igual uso	Mamparas de vidrio 6+6	55,6	31,00	≥ 30
	Entre áreas de uso distinto	Tabique de pladur con aislamiento acústico	37,21	39,50	≥ 35
Paredes separadoras de propiedades o usuarios distintos (Art. 11 ^º)	Medianera (fachada 2)		237,1	45,00	≥ 45
Paredes separadoras de zonas comunes interiores (Art. 12 ^º)					≥ 45
Paredes separadoras de salas de máquinas (Art. 17 ^º)	Panel sandwich de lana acústica y cerramiento exterior de fachada			86,00	≥ 55

Fachadas (Art. 13 ^º)		Parte ciega			Ventanas			Aislamiento acústico global a ruido aéreo ag en dBA		Proyectado	Exigido
		sc	mc	ac	sv	e	av	sc+sv	ac-ag		
		m ²	Kg/m ²	dBA	m ²	mm	dBA	sv	dBA		
	Fachada ventilada	1,60	188	42	2,90	6	30	2,60	9	32,51	≥ 30
	Fachada ventilada	0,10	188	42	4,70	6	30	1,10	12	30,00	
	Fachada ventilada	3,00	188	42	7,70	6	30	4,00	8	33,51	
	Fachada ventilada	0,90	188	42	45,10	6	30	1,90	9	33	
	Fachada ventilada	1,70	188	42	19,60	6	30	2,70	8	34	
	Fachada ventilada	10,30	188	42	16,00	6	30	11,30	4	38	
	Fachada ventilada	0,70	188	42	7,00	6	30	1,70	10	32	
	Fachada ventilada	0,10	188	42	7,80	6	30	1,10	12	30	
	Fachada ventilada	0,60	188	42	31,00	6	30	1,60	10	32	

Fig. 15. Tabla parámetros térmicos elementos constructivos verticales del estado actual

• Elementos constructivos verticales del estado de proyecto

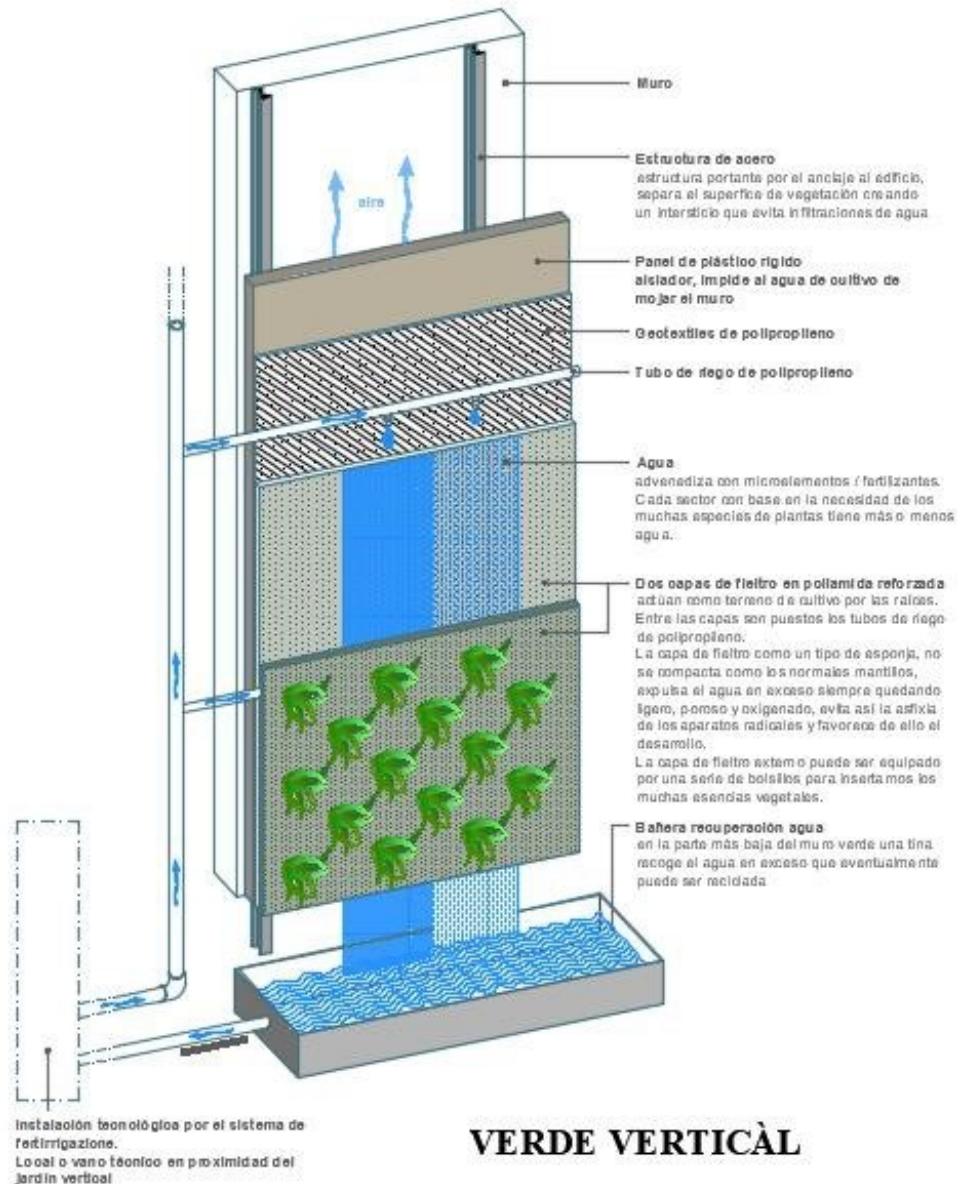


Fig. 16. Pared verde vertical AUTOCAD

4.2 CÁLCULO DE LOS COSTES

Nr. Ord	Trabajos	Mediciones			Cantidad	Importes	
		Nº	Long. (m)	Anch. (m)		H/peso	Por unidad
1	Cerca provisionales de obra de altura no inferior a 2.00 m con sostenes en estacas de madera o tubos de andamiaje, dotada y correo en obra. Completa de las necesarias riostras de contraviento, señales luminosas diurnas y nocturnas, tableros de filiación y cada otro gravamen y magisterio para dar el trabajo terminado a perfecta regla de arte Chapa ondulados 3/10 mm sobre estacas de madera	110		3,00	330,00	23,73	7.830,9

2	Aislamiento térmico y acústico de pared con paneles de lana de vidrio, densidad 80 Kg/mc, reacción al fuego euroclase F, compresi los sfridi, los andamiajes hasta 4,0 m del plan de apoyo, el tiro y la bajada de los materiales y cada otro gravamen y magisterio por dareil trabajo terminado a perfecta regla de arte Espesore 50 mm -PARED EXTERIOR		13,7	4,65	68,12	23,30	1.587,3
3	Membrana impermeable a base de betún destilado modificada con resinas elastomeriche, SBS, con soporte constituido por un tejido no tejido de poliéster de hilo continuo, sobrepuesta a llama con empalmes sobrepuestos de 10 cm, extendida sobre llano de pose adecuadamente listo a cualquiera altura, sobresuperficies llanas, curvas e inclinadas, incluidos eventuales andamiajes hasta a una altura de 4,0 m del plan de apoyo, el tiro y la bajada de los materiales y cada otro gravamen y magisterio para dar el trabajo terminado a perfecta regla de arte Espesor 5 mm		13,7	4,65	68,12	15,54	1.058,6
4	Barrera al vapor constituido por una hoja de polietileno de 0,4 mm, medurado en seco con 5 cm de superposición, solapas sobre las paredes verticales no inferiores a 10 cm, sellado de los supera y con todos los cuerpos fuoriuscenti del plan de pose, con cinta de conexión monadesivo anchos 8 cm. Extendida sobre llano de pose adecuadamente listo a cualquiera altura, sobre superficies llanas, curvos einclinate, incluidos eventuales andamiajes hasta a una altura de 4,0 m del plan de apoyo, el tiro y la bajada de los materiales y cada otro gravamen y magisterio para dar el trabajo terminado a perfecta regla de arte Espesor		13,7	4,65	68,12	4,32	294,3
5	Elementos estructurales de acero: estructura portante por el anclaje al edificio, separa el superficie de vegetación creando un intersticio que evita infiltraciones de agua	100			25,14	2.514,00	1,38 3.469,3
6	Geo-capa de polipropileno		13,7	4,65	67,89	33,95	2.304,9
7	Tubo de riego de polipropileno	4	58,4			28,50	1.664,4
8	Dos capas de fieltro en poliamida reforzada actúan como terreno de cultivo por las raíces. Entre las capas son puestos los tubos de riego de polipropileno. La capa de fieltro como un tipo de esponja, no se compacta como los normales mantillos, expulsa el agua en exceso siempre quedando ligero, poroso y oxigenado, evita así la asfixia de los aparatos radicales y favorece de ello el desarrollo. La capa de fieltro externo puede ser equipado por una serie de bolsillos para insertarnos los muchas esencias vegetales	2	13,7	4,65	135,78	23,3	3.163,7
9	Bañera prefabricada recobro agua en la parte más baja del muro verde una tina recoge el agua en exceso que eventualmente puede ser reciclada	2				585,0	1.170,0
10	Instalación tecnológica: vano técnico por el riricolo del agua	2				10.000	20.000
							42.543,4

5. MODELO REVIT

Para hacer más realista el proyecto objeto de estudio ha sido realizado un modelo 3d en Revit. Esta exhibición de manera extremadamente realista la inserción del brise vegetal sobre la fachada Norte del edificio.



Fig. 17. Modelo REVIT

6. SIMULACIÓN "DESIGNBUILDER"

6.1 ZONA AFECTADA

A través del empleo del programa "DesignBuilder" ha sido posible analizar las prestaciones térmicas de la fachada Norte. Este última, al estado actual, es constituida por un sistema de oscurecimiento en metal, el *brise soleil*, que ha sido reemplazado por un *brise vegetal*.

Dos simulaciones han sido efectuadas, un invierno del 27 de noviembre al 24 de diciembre y a la otra en verano, en la semana que va del 14 de julio al 21 de julio.

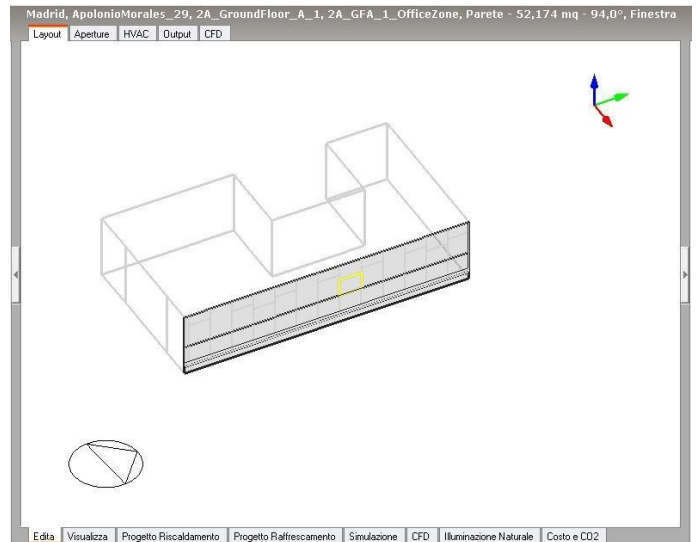


Fig. 18. Zona afectada

6.2 DATOS DE PROYECTO

En consecuencia del modelado, ha sido efectuada una simulación de los parámetros térmicos sobre una ventana. La figura de abajo describe los cursos de los siguientes parámetros:

- ♦ temperatura superficial interna
- ♦ temperatura superficial exterior
- ♦ temperatura exterior a bulbo seco
- ♦ Vidriera
- ♦ radiación solar accidente
- ♦ radiación solar transmitida.

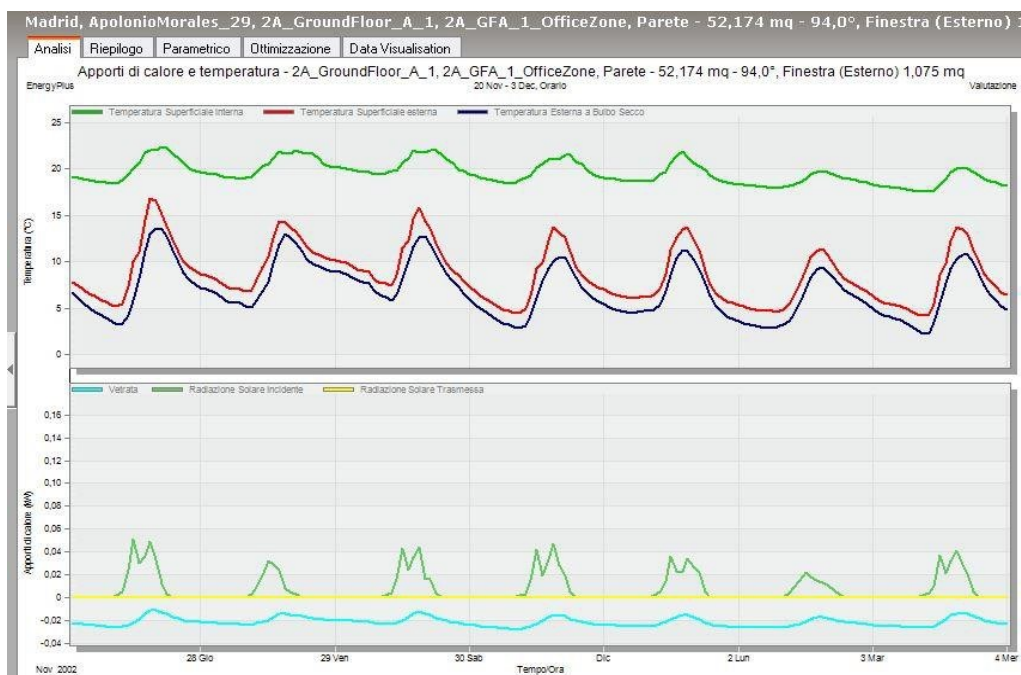


Fig. 19. Datos de la simulación

6.3 SITUACIÓN ACTUAL

Para efectuar una comparación significativa, de su modelo, ha sido efectuada una simulación de los parámetros térmicos sobre una ventana de la situación actual. La figura de abajo describe los cursos de los siguientes parámetros: temperatura superficial interna;

- ♦ temperatura superficial exterior;
- ♦ temperatura exterior a bulbo seco;
- ♦ vidriera;
- ♦ radiación solar accidente;
- ♦ radiación solar transmitida.

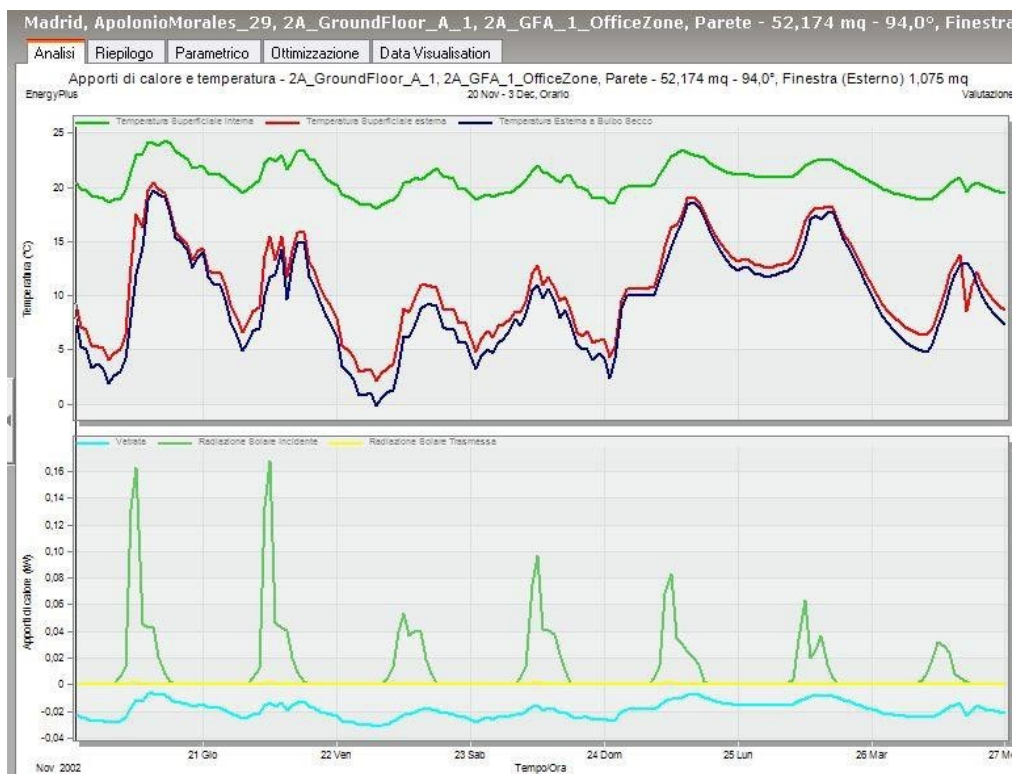


Fig. 20. Situación actual

6.4 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Los resultados conseguidos por el análisis comparativo entre los valores hallados con la inserción del *brise vegetal* y aquellos de la estructura preexistente han notado una disminución de las temperaturas superficiales interna. Este aspecto es extremadamente relevante en cuánto entrega ventajas naturales en la sensación de comodidad ambiental y bienestar en el desarrollo de las usuales actividades dentro del edificio, en particular modo en Verano. Usted puede, pues, afirmar que más de una aportación *migliorativo* estético de recualificación constructiva, puede localizar otra ancla más interesante o sea aquel funcional.

7. CONCLUSIÓN

Los cierres verticales vegetáis son un producto contemporáneo. Seppur algunos característicos archetipiche de este sistema podrían ser halláis en los *turf building* del *antichità*, el

cierre vegetata es en todo caso una técnica desarrollada que considerarse él sólo en los últimos años, muy desarrollado del punto de vista agrío-técnico.

El sistema es caracterizado por una elevada complejidad y por un elevados costes de ejecución y manutención.

Tales aspectos no tienen que llevar a oscurecer las numerosas ventajas de valorización que tal intervención puede producir sobre la obra pero también sobre el macro-área en el que surge.

El área sería recualificada siguiendo una serie de criterios funcionales:

- ♦ Funciones ambientales y ecológicas

Se realizan con una intervención humana limitada. Proveen de modo naturales importantes ventajas a la comunidad. En efecto, en este grupo podemos hacer regresar los asíllamados "servicios" por el ecosistema que ofrecen ventajas al hombre como la mejoría climática realizada por el aumen-

to del porcentaje de vegetación, el efecto de la sombra. La protección de los ruidos eligiendo una vegetación de idónea altura y densidad.

- Funciones humanas y sociales

Con la creación de mayores zonas de verde de desarrollo vertical la calidad de la vida de las personas aumenta favoreciendo lo espacio en que este, de fajas sociales, culturales y demográficas diferentes, se encuentran y se ponen en contacto recíproco. Numerosos luego son los efectos positivos sobre la salud y sobre el bienestar de los ciudadanos del macro-área.

- ♦ Funciones estructurales, culturales y estética

Relativamente a las funciones estructural tal solución puede aportar mejoras relativas al problema de la ventilación natural además de al rinfrescamiento veraniego a través de metodologías a desarrollo natural. Además, el elemento creativo y estético de la idea llevaría a un aumento a nivel ciudadano y local, sea a las funciones más intangibles pero importantes, entre cui la articulación, la división y el enlace entre espacio interior y aquel exterior.

7.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Ventajas	Desventajas
Recualificación y valorización del inmueble	Elevados costes de manutención
Mejoría de la imagen urbana y aumento de la calidad de vida	Elevados costes de esecusion
Optimización de las superficies	Posible presencia de insectos
Elemento creativo lleno de vida	Variación de iluminación interior
Ventilación natural y enfriamiento	Condensaciones

Figura 21. Tabla sobre ventas y desventajas (elaboración propia)

8. BIBLIOGRAFÍA:

- [1] L. de Pereda Fernández, "Integración de sistemas termoactivos para eficiencia. Principios y casos, in: Guía sobre estructuras termoactivas y sistemas inerciales en la climatización de edificios", Capítulo 5, pp. 107–145, Madrid 2014.
- [2] C.A. Balaras, "The role of thermal mass on the cooling load of buildings. An overview of computational methods", *Energy and Buildings* 24, pp. 1-10, 1996.
- [3] M. Schmela, T. Feldmann, E. Bollin, "Savings through the use of adaptive predictive control of thermo-active building systems (TABS): A case study", *Applied Energy* 199, pp. 294–309, 2017.
- [4] E. Velasco Gómez, M. Andrés Chicote, F.J. Rey Martínez, A. Tejero González, "Thermal behaviour of an active slab: experimental study for TABs applications", 9th International Conference on Applied Energy, ICAE2017, 21-24 August 2017, Cardiff, UK, *Energy Procedia* 142 pp. 3326-3331, 2017.
- [5] A. Mirakhorli, B. Dong, "Occupancy behavior based model predictive control for building indoor climate. A critical review", *Energy and Buildings*, vol. 129, pp. 499–513, 2016.
- [6] I.C. Figueroa, J. Cigler, L. Helsen, "Model predictive control formulation: a review with focus on hybrid GEOTABS buildings", in: REHVA Annual Meeting Conference Low Carbon Technologies in HVAC, Belgium, April 23, 2018.
- [7] J. Roman'i, A. de Gracia, L.F. Cabeza, "Simulation and control of thermally activated building systems (TABS)", *Energy and Buildings*, vol. 127, pp. 22–42, 2016.
- [8] Tague, R. Nancy, "Plan-Do-Study-Act cycle". The quality toolbox (2nd ed.). Milwaukee: ASQ Quality Press. pp. 390–392, 2005. ISBN 978-0873896399. OCLC 57251077.
- [9] R.A. Meierhans, "Room air conditioning by means of overnight cooling of the concrete ceiling", *ASHRAE Trans V* 1996, vol. 102(1), pp. 693–7 (AT-96-08-2), 1996.
- [10] B.W. Olesen, "Radiant floor heating in theory and practice", *ASHRAE J*;44 (7):19, 2002.
- [11] J. Lim, Y.Y. Kim, M.S. Yeo, K.I. Kwang-Woo, "A comparative study on the control of the radiant floor cooling system", in: 7th REHVAVorld Congress and Clima; 2000.
- [12] M. Gwerder, J. Todtli, B. Lehmann, F. Renggli, V. Dorer, "Control of Thermally Activated Building Systems", *Proceedings of Clima 2007 WellBeing Indoors*, 2007.
- [13] G.P. Henze, C. Felsmann, D.E. Kalz, S. Herkel, "Primary energy and comfort performance of ventilation assisted thermo-active building systems in continental climates". *Energy and Buildings* vol. 40(2), pp. 99–111, 2008.
- [14] B.W. Olesen, F.C. Dossi, "Operation and control of activated slab heating and cooling systems". In: CIB world building congress; 2004.
- [15] Boeing; et al. (2014), "LEED-ND and Livability Revisited", *Berkeley Planning Journal*, 27, pp. 31–55, Archived from the original on 2015-04-02, Retrieved 2015-04-15.
- [16] U.S. Green Building Council, "Green Building Operations and Maintenance", LEED Reference Guide for Green Building Operations and Maintenance, For the Operations and Maintenance of Commercial and Institutional Buildings, 2009 Edition (Updated April 2010).
- [17] J.H. Lim, J.H. Song, S.Y. Song, "Development of operational guidelines for thermally activated building system according to heating and cooling load characteristics", *Applied Energy*, vol. 126, pp.123–35, 2014.
- [18] J. Tödli, M. Gwerder, B. Lehman, F. Renggli, V. Dorer, "TABS-control: Steuerung und regelung von thermoaktiven bauteilsystemem. Faktor Verlag Zurich, Switzerland 2009. ISBN: 978-3-905711-05-9.
- [19] V. Gavan, A. Perehinec, S. Agapoff, S. Derouineau, "Rule based Fault & Diagnosis for high performance buildings: application to a positive Energy and Building-sing in France", 12th REHVA World Congress – CLIMA 2016, Aalborg, Denmark, May 2016.
- [20] S. García Garrido, (1991, May 10). "Mantenimiento conductivo" [Online]. Available: <http://mantenimiento.renovetec.com/>
- [21] L. de Pereda Fernández, "Type of action to improve energy efficiency in the full renovation of a small palace protected Administration office in Madrid. Geothermal and thermoactive structures", *Anales de Edificación* Vol. 1, Nº 2, 1-9, 2015. ISSN: 2444-1309. Doi: 10.20868/ade.2015.3099.

- [22] ASHRAE Standard 55-2004, "Thermal Comfort Conditions for Human Occupancy", January 24, 2004.
- [23] IDAE, "Guía de mantenimiento Instalaciones Térmicas", Gobierno de España, Ministerio de industria, turismo y comercio, Ahorro y Eficiencia Energética en Climatización, p. 130 Madrid February 2007.
- [24] I.C. Figueroa, J. Cigler, L. Helsen, "Model Predictive control formulation: a review with focus on hybrid geotabs buildings", Proceedings of the REHVA Annual Meeting Conference Low Carbon Technologies in HVAC, Brussels, 23 April 2018.
- [25] J. Pfafferott, K. Doreen, R. Koenigsdorff, "Bauteilaktivierung: Einsatz — Praxiserfahrungen — Anforderungen", Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2015.
- [26] B. Lehmann, V. Dorer, M. Gwerder, F. Renggli, J. Tödli, "Thermally activated building systems (TABS): Energy efficiency as a function of control strategy, hydronic circuit topology and (cold) generation system", Applied Energy 88, pp. 180-191, 2011.
- [27] Brickell C., 1990. La grande enciclopedia delle Piante e dei Fiori. Arnoldo Mondadori Editore.
Milano
- [28] Lamertini A., 2007. Giardini in vertical, Verbavolant Editore. Londra
- [29] Bird R., Carter G., 2006. Progetti per piccoli giardini. De Vecchi editore. Milano
- [30] Banfi E., Consolino F., 1998. Alberi. DeAgostini Editore. Novara
- [31] Semenzato P., 2003. Un piano per il verde. Signum Padova Editrice. Padova
- [32] Sogni S., 2007. Le piante per il verde urbano sostenibile : considerazioni sulle fito-allergie e la compatibilità ambientale
- [33] delle componenti vegetali. Italus Hortus 14: 38 — 48
- [34] Sotti M.L., Della beffa M.T., 1996. Le piante Aromatiche. Editoriale Giorgio Mondadori. Milano
- [35] Richardson T., 2000. The Garden Book. Phaidon editore. Londra
- [36] Pirovano L., 2007. Il giardino del Musèe des Arts premiers. Architettura del Paesaggio 16: 49-51

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.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Building & Management is an open access scientific e-journal promoted by the School of Building Engineering (ETSEM) of the Universidad Politécnica de Madrid (UPM) and published every four months, three times a year, March, July and November. It aims at the dissemination of high quality original works related to the management of processes associated to buildings, in any phase of their development, where various agents in the sectors of Architecture, Engineering and Construction participate.

1. JOURNAL AIMS AND SCOPE

Topics of interest include all the theoretical, methodological and/or practical advances, in building management --one or several processes-- within any life phase of the building. These could be developed at the academic or professional level.

This magazine is addressed to all the interveners of the building sector. For its better diffusion title, abstract, highlights and keywords of the articles will be published in English and Spanish, and the body is allowed in both languages. English is preferred.

The content will consist primarily of original research manuscripts. However B&M is also open to the publication, always within the scope of the magazine, of: review articles, technical reports, best practices, conference papers, fast-track communications, letters to the editor, states of the art and book reviews. Academic-scientific content must prevail in all occasions.

2. BLINDED PEER-REVIEW PROCESS

The Editorial Board of the magazine, after verification that the article complies with the rules on style and content indicated in the guidelines for authors, sent the text, as double-blind model, to two anonymous external expert reviewers within the specific field, for its evaluation, or to a third if necessary.

Authors will be informed about the initial acceptance or rejection within a month. The evaluation will focus in the interest of the article, its contribution to knowledge of the subject treated, the contributed novelty, the established relationships, critical judgment, developed content, structure, use of bibliographic and references that are handled properly, wording, etc. Indicating recommendations for its possible improvement.

Based on the recommendations of the reviewers, the Editorial Board will inform authors the reasoned result of reports by email, at the address they have used to send the article. The revision process lasts approximately three or four months, without any cost for authors. The Editorial Board will communicate the result to the principal author of the review (published unchanged, with minor corrections publication, publication with important fixes, not suitable for publication).

Building & Management es una publicación de gestión en Edificación de la Escuela Técnica Superior de Edificación (ETSEM) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Se trata de una revista digital científica abierta con periodicidad cuatrimestral (marzo, julio, noviembre), que tiene como primer objetivo la divulgación de trabajos originales sobre gestión de los procesos vinculados a la edificación, desarrollados por los sectores de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción en cualquiera de las fases del ciclo de vida del edificio.

1. TEMÁTICA Y ALCANCE DE LA REVISTA

Los temas de interés incluyen todos los avances teóricos, metodológicos y/o empíricos, a nivel académico o profesional, en la gestión de uno o varios procesos dentro de cualquiera de las fases de vida del edificio.

Esta revista va dirigida a todos los agentes del sector de la edificación. Para su mayor difusión el título, resumen, titulares y las palabras clave de los artículos se publican en inglés y en español y el cuerpo del artículo se admite en ambos idiomas dando preferencia al inglés.

El contenido estará formado fundamentalmente por artículos científico-técnicos originales, no obstante, de igual forma y siempre dentro del ámbito de alcance de la revista, B&M también está abierta a la publicación de: artículos de revisión, informes técnicos, buenas prácticas, comunicaciones en congresos, comunicaciones cortas, cartas al editor, estados del arte y reseñas de libros. En todos los casos deberá primar el contenido científico académico, ajustándose al formato de este tipo de publicaciones.

2. REVISIÓN POR PARES DOBLE CIEGO

Los trabajos presentados serán sometidos a una revisión inicial por parte del comité editorial. Los autores de los manuscritos enviados serán informados de la aceptación inicial para su revisión o del rechazo de su artículo en el plazo de un mes de la recepción del mismo.

Si sus contenidos son adecuados serán enviados para una revisión por pares realizada por expertos independientes y de reconocido prestigio, y por un tercero en caso necesario, ajustándose a los protocolos de publicaciones científicas seriadas. Los evaluadores serán seleccionados por el Comité de Redacción en función de su trayectoria investigadora.

Las revisiones por pares se realizarán por un test de doble ciego gestionado online. La valoración incidirá sobre el interés del artículo, su contribución al conocimiento del tema tratado, las novedades aportadas, las correctas relaciones establecidas, el juicio crítico desarrollado, la estructura del contenido, los referentes bibliográficos manejados, su correcta redacción, etc., indicando recomendaciones, si las hubiera, para su posible mejora.

If the manuscript has been accepted with modifications, authors should resubmit a new version of the article, following demands and suggestions of the external evaluators. If desired, the authors can also provide a letter, by email, to the Editorial Board in which they indicate the content of modifications of the article.

If desired, the authors can also provide a letter, by email, to the Editorial Board in which they indicate the content of modifications of the article.

Articles with significant corrections may be sent back to blind peer review to verify the validity of changes made by the author.

Considering the degree of compliance with changes requested, the Board shall decide whether or not the publication of the article. This decision shall be communicated to the author by the Editorial Board and in case of publication the manuscript will be dated as accepted.

3. SUBMITTING A MANUSCRIPT

3.1. FORMAT

Building & Management is an open access publication. Articles will be published online in PDF format, and will be available for free to readers immediately after publication online, without any restriction, at the following electronic address: http://polired.upm.es/index.php/building_management/

The Universidad Politécnica de Madrid reserves the right to distribute the complete numbers as an electronic book for its sale, either in PDF format, ePub or in any other electronic possible format, now or in the future, and / or paper format in print on demand. These alternative formats will have identical content and will be subject to the same copyright as the individual articles in the digital edition, and will be considered equivalent for all purposes.

3.2. SUBMITTING PROCESS

All manuscripts will preferably be written in English or Spanish. Submitted manuscripts will undergo a reviewing process, starting with a linguistic review. Manuscripts with a poor quality in this regard will be returned without evaluation. The submission of a manuscript implies that all co-authors have approved and accepted the content of the submitted text, tables, graphic material and any other complementary material supplied. The corresponding author will be responsible for all the co-authors to correct information about the manuscript. All submissions must be accompanied by a signed letter stating the originality and unpublished nature of the content of the manuscript, and their assurance that it has not been simultaneously sent to another publication for its evaluation. The letter can be downloaded at <https://drive.upm.es/index.php/s/FeqbSU7DSswCIOI>

El consejo editorial decidirá si el manuscrito es aceptado o rechazado basándose en los informes y recomendaciones de los evaluadores externos. El proceso de evaluación tiene normalmente una duración aproximada de entre tres y cuatro meses y no tiene ningún coste para los autores. Todos los informes de evaluación se enviarán a los autores, manteniendo el anonimato (publicación sin cambios; publicación con correcciones menores; publicación con correcciones importantes; no aconsejable para su publicación). En el caso de la aceptación del artículo, los autores deberán considerar los comentarios realizados por los evaluadores y volver a enviar el trabajo con los cambios oportunos. El proceso de revisión se repite, manteniendo el anonimato. En caso que la segunda revisión de los evaluadores sea de nuevo favorable, será probable que el artículo se acepte para su publicación definitiva. Cuando ésta se produzca, al trabajo se le asignará una fecha de aceptación.

3. ENVÍO DE MANUSCRITOS

3.1. FORMATO

Building & Management es una publicación en línea de libre acceso. Los artículos serán publicados en línea en formato PDF, y estarán disponibles de forma gratuita para los lectores inmediatamente después de su publicación en línea, sin ninguna restricción en la siguiente dirección electrónica: http://polired.upm.es/index.php/building_management/

La Universidad Politécnica de Madrid se reserva el derecho de distribuir para su venta los números completos como libro electrónico, ya sea en formato PDF, ePub o en cualquier otro formato electrónico posible en el presente o en el futuro, y/o en formato papel en impresión bajo demanda. Estos formatos alternativos tendrán un contenido idéntico y estarán sujetos a los mismos derechos de autor que los artículos individuales en la edición digital, y serán considerados equivalentes a todos los efectos.

3.2. ENVÍO DE MANUSCRITOS PARA SU EVALUACIÓN Y APROBACIÓN

Los manuscritos estarán redactados preferentemente en Inglés o Español. Los manuscritos enviados serán revisados en primer lugar desde el punto de vista lingüístico. Los manuscritos con un nivel de calidad deficiente en este aspecto serán devueltos sin ser evaluados. El envío de un manuscrito implica que todos los coautores han aprobado y aceptado el contenido del texto remitido, las tablas, el material gráfico y cualquier otro material complementario suministrado. El autor designado como persona de contacto será responsable de que todos los coautores dispongan de información correcta sobre el manuscrito enviado. Todos los envíos deberán ir acompañados de una carta firmada indicando el carácter original e inédito del contenido del manuscrito, y que el mismo no ha sido enviado simultáneamente a otra publicación para su valoración. La carta se puede descargar en <https://drive.upm.es/index.php/s/FeqbSU7DSswCIOI>

3.3. MANUSCRIPT

To help authors to prepare the manuscripts a standard template can be downloaded at http://polired.upm.es/public/journals/22/Author_template_B M.docx

3.4. MANUSCRIPT DELIVER AND ACCEPTANCE

All proposed contents will be related to the objectives of the journal and will have to adhere to the rules contained in the following sections. Manuscripts will be sent to the following email address: bm.edificacion@upm.es. Papers will be written in Spanish or English. Manuscripts should be between 6000 and 8000 words in length, including abstract, key words, highlights, references, etc. Each table or figure will be considered equivalent to 200 words. And before we can accept a manuscript, B&M requires Open Researcher and Contributor ID (ORCID) information for every author on the paper.

3.5. MANUSCRIPT ADMISSION

All manuscripts received will be evaluated through a double-blind system. Suggestions will be sent to the authors to make the necessary modifications. Only original manuscripts that have not previously been published in other journals will be accepted.

3.6. TITLE

The title should be concise, informative, meaningful to the whole readership of the journal and will be written in English and Spanish. The name and surname of the author(s) and the company, university or research center, as well as the e-mail address, will be indicated below.

3.7. ABSTRACT

The articles will include a summary in English and Spanish (between 200 and 300 words) that clearly state the objectives, the approach and conclusions of the research.

3.8. KEYWORDS AND HIGHLIGHTS

Between 4 and 6 keywords in Spanish and English will be included, as well as 3 to 5 headlines (phrases that define the most important issues of the article, with no more than 85 characters each, spaces included).

3.9. PRODUCTION AND SUBMISSION

Writing clear, concise sentences. Proposals will be sent to the e-mail address bm.edificacion@upm.es in electronic format. The text will be sent in a file in .doc format, including the images in the desired place. Articles will be accepted in English and Spanish. When the text is written in English, Sending either the title or the abstract in Spanish will not be necessary.

3.3. PREPARACIÓN DEL MANUSCRITO

Para ayudar a los autores en la preparación de sus manuscritos existe una plantilla que se puede http://polired.upm.es/public/journals/22/Author_template_B M.docx

3.4. ENVÍO Y ACEPTACIÓN

Los trabajos para publicar estarán relacionados con los objetivos de la revista y tendrán que ceñirse a las normas contenidas en los siguientes apartados, debiendo enviar los trabajos a la dirección de correo electrónico bm.edificacion@upm.es. Los trabajos se redactarán en español o en inglés, con una extensión entre 6000 y 8000 palabras, incluyendo resumen, palabras clave, titulares, referencias, etc., así como tablas y figuras con una equivalencia de 200 palabras por cada una. Todos los autores deben aportar su identificador digital ORCID.

3.5. ADMISIÓN DE ORIGINALES

Todos los originales recibidos serán evaluados mediante el sistema de doble ciego cuyas sugerencias se enviarán a los autores para que realicen las modificaciones pertinentes. Sólo se aceptarán trabajos originales que no hayan sido publicados anteriormente en otras revistas.

3.6. TÍTULO

El título de los trabajos será conciso e informativo y expresará su contenido, en inglés y en español. Seguidamente se indicará nombre y apellido del autor o autores, organismo o centro de trabajo y dirección de correo electrónico.

3.7. RESUMEN

Los artículos deberán ir acompañados de un resumen en inglés y en español (entre 200 y 300 palabras) que con toda claridad señale los objetivos, el planteamiento y conclusiones del trabajo.

3.8. PALABRAS CLAVE Y TITULARES

Se incluirán entre 4 y 6 palabras clave en inglés y en español, así como 3 a 5 titulares (frases que definen lo más importante del trabajo, con no más de 85 caracteres incluyendo espacios cada una).

3.9. REDACCIÓN DEL TEXTO Y PRESENTACIÓN

La redacción será clara y concisa. Los trabajos se enviarán a la dirección de correo electrónico bm.edificacion@upm.es en formato electrónico. El texto se enviará en un archivo en formato Word, incluidas las imágenes en el lugar deseado. Los trabajos se admitirán en inglés y en español. Cuando el texto esté redactado en inglés, no será necesario mandar ni el título ni el resumen en español.

3.10. REFERENCES

References must be limited to those indispensable that are directly related to the article's content. Citations in the text and references will meet the IEEE standard format. There should be no less than 25 references and at least 30% of them from the last 4 years.

The DOI (Digital Object Identifier) should be incorporated into every reference for which it is available.

◆ Books

[1] A. Rezi and M. Allam, "Techniques in array processing by means of transformations," in *Control and Dynamic Systems*, Vol. 69, *Multidimensional Systems*, C. T. Leondes, Ed. San Diego: Academic Press, <http://dx.doi.org/>, 1995, pp. 133-180.

◆ Journal articles

[2] G. Liu, K. Y. Lee, and H. F. Jordan, "TDM and TWDM de Bruijn networks and sufflenets for optical communications," *IEEE Transactions on Computers*, vol. 46, pp. 695-701, <http://dx.doi.org/>, June 1997.

◆ Technical report

[3] K. E. Elliot and C. M. Greene, "A local adaptive protocol", Argonne National Laboratory, Argonne, France, Tech. Rep. 916-1010-BB, <http://dx.doi.org/>, 1997

◆ Master End Project or PhD thesis

[4] J.-C. Wu. "Rate-distortion analysis and digital transmission of nonstationary images". Ph.D. dissertation, Rutgers, the State University of New Jersey, Piscataway, NJ, USA, <http://dx.doi.org/>, 1998.

◆ Internet

[5] J. Jones. (1991, May 10). *Networks* (2nd ed.) [Online]. Available: <http://www.atm.com>. Last date reviewed.

3.11. TABLES, FIGURES AND GRAPHICS

The number of tables and figures should be limited by sending only those that are really useful, clear and representative. They will be numbered correlatively according to the quotation in the text and each one will have its caption. They will be placed in the right place of the text.

Tables and figures should be designed in Word or Excel, so that they are visible when conforming to the format of 8.8 cm (width of 2 columns) presenting a good contrast so that they do not lose quality with the reduction. If necessary, once the article has been accepted, the journal may ask the corresponding author separately for tables and figures with better resolution. Sources must be included, when necessary, for tables, figures.

The resolution of pictures should not be less than 300 dpi (dots per inch). If the size of the final file is too large (more than 10 MB), then the manuscript should contain the figures with minimized resolution, and the original figures must be

3.10. REFERENCIAS

Las referencias deberán reducirse a las indispensables que tengan relación directa con el trabajo enviado. Las citas en el texto y las referencias consignadas seguirán el formato IEEE. Se propone un número de citas no inferior a 25, con el 30% de las mismas publicadas en los últimos cuatro años.

Siempre que la publicación citada disponga de DOI, será necesaria su incorporación en la referencia bibliográfica.

◆ Libros

[1] A. Rezi and M. Allam, "Techniques in array processing by means of transformations," in *Control and Dynamic Systems*, Vol. 69, *Multidimensional Systems*, C. T. Leondes, Ed. San Diego: Academic Press, <http://dx.doi.org/>, 1995, pp. 133-180.

◆ Artículos de revistas científicas

[2] G. Liu, K. Y. Lee, and H. F. Jordan, "TDM and TWDM de Bruijn networks and sufflenets for optical communications," *IEEE Transactions on Computers*, vol. 46, pp. 695-701, <http://dx.doi.org/>, June 1997.

◆ Informes técnicos

[3] K. E. Elliot and C. M. Greene, "A local adaptive protocol", Argonne National Laboratory, Argonne, France, Tech. Rep. 916-1010-BB, <http://dx.doi.org/>, 1997

◆ Trabajo fin de máster o tesis doctoral

[4] J.-C. Wu. "Rate-distortion analysis and digital transmission of nonstationary images". Ph.D. dissertation, Rutgers, the State University of New Jersey, Piscataway, NJ, USA, <http://dx.doi.org/>, 1998.

◆ Internet

[5] J. Jones. (1991, May 10). *Networks* (2nd ed.) [Online]. Available: <http://www.atm.com>. Last date reviewed.

3.11. TABLAS, FIGURAS Y GRÁFICOS

El número de tablas y figuras deberá limitarse en lo posible enviando solo las que sean realmente útiles, claras y representativas. Estarán numeradas correlativamente según la cita en el texto y cada una tendrá su pie explicativo. Se colocarán en el lugar adecuado del texto.

Las tablas y figuras deben ser diseñadas en Word o Excel, de forma que sean visibles al ajustarse al formato de 8,8 cm (ancho de 2 columnas) presentando un buen contraste de forma que no pierdan calidad con la reducción. En caso de ser necesario, una vez aceptado el artículo, la revista podrá volver a solicitar tablas y figuras por separado y con mejor resolución. En las tablas, figuras e imágenes que no sean del autor se deberán citar las fuentes.

La resolución de las imágenes no será inferior a 300 puntos por pulgada. Si el tamaño del archivo final es demasiado grande (superando los 10 MB), si el artículo es aceptado, se enviará el manuscrito conteniendo en su posición las figuras

provided in separate files, if the article is accepted.

3.12. FORMULAS AND EQUATIONS

Formulas should be inserted and not embedded as an image in the Word document at all. They will be numbered in parentheses in correlative order, following the text citation order, done using the same notation.

3.13. LAYOUT

Authors will receive a layout PDF proof that should be reviewed within a maximum period of three days. Modifications of the original text will not be accepted during the proofreading.

3.14. CHECKLIST BEFORE SUBMITTING

As part of the submission process, authors are required to indicate that their submission complies with all of the following elements, and to accept that submissions that do not comply with these guidelines may be returned to the author.

1. The submission has not been previously published nor been reviewed simultaneously by another journal (Or an explanation has been provided in "Comments to the editor").
2. The file sent is in Word format.
3. The template available on the journal's website has been used and the rules set out have been followed.
4. The authorship declaration is being signed by the author and all the coauthors and attached with the manuscript file in the submitting e-mail to the Editor to bm.edificacion@upm.es
5. The text meets the bibliographic and style requirements indicated in the template available on the journal's website.
6. Description of the last check that must be made before sending the article, in order to avoid the most common errors:
 - ◆ There is a list of the names of all the authors using superscript numeric identifiers to link an author with an address and institution where necessary.
 - ◆ It can be find the institution followed by the full postal addresses (including e-mail) of every author.
 - ◆ Title, abstract, highlights and Keywords are included in English and Spanish.
 - ◆ The main text has 6000 to 8000 words, including abstract, keywords, etc., and also figures and graphics with an equivalence of 200 words for each.
 - ◆ The abstract has 200 to 300 words.
 - ◆ It has 4 to 6 Keywords and It has been selected 3-5 highlights with the main information of the manuscript, each

con una resolución inferior y se aportarán las figuras con máxima resolución en archivos independientes.

3.12. FÓRMULAS Y/O EXPRESIONES MATEMÁTICAS

Deberán insertarse en el propio documento Word y en ningún caso incrustado como imagen. Se numerarán entre paréntesis por orden correlativo, siguiendo el orden de la citación en el texto, que utilizará las misma nomenclatura.

3.13. PRUEBAS

Se enviará a los autores la prueba de maquetación en PDF que deberá ser revisada en un plazo máximo de tres días. En la corrección de pruebas no se admitirán modificaciones del texto original.

3.14. LISTA DE COMPROBACIÓN DE PREPARACIÓN DE ENVÍOS

Como parte del proceso de envío, se les requiere a los autores que indiquen que su envío cumpla con todos los siguientes elementos, y que acepten que envíos que no cumplan con estas indicaciones pueden ser devueltos al autor.

1. El envío no ha sido publicado previamente ni está dentro del proceso de revisión de otra revista (o se ha proporcionado una explicación en "Comentarios al editor").
2. El fichero enviado está en formato Word.
3. Para la redacción del manuscrito se ha utilizado la plantilla disponible en la web de la revista y se han seguido las normas expuestas.
4. Se junta, junto al artículo, el formulario de declaración de autoría disponible en la página web de la revista debidamente relleno y firmado a la dirección de email bm.edificacion@upm.es
5. El texto cumple con los requisitos bibliográficos y de estilo indicados en las Normas para autoras/es, que se pueden encontrar en Acerca de la revista.
6. Descripción de la última comprobación que debe realizarse antes de enviar el artículo, con el fin de evitar los errores más comunes:
 - ◆ Aparecen los autores con nombres y apellidos o declaración de autor institucional, utilizando el identificador numérico para cada autor.
 - ◆ Aparece la entidad a la que está adscrito el autor o los autores y sus datos de contacto (incluido e-mail).
 - ◆ Se ha expresado el título, el resumen, las palabras claves y los titulares, en español y en inglés.
 - ◆ El número de palabras es de entre 6000 y 8000 palabras, incluyendo resumen, palabras clave, etc., así como tablas y figuras con una equivalencia de 200 palabras por cada una.
 - ◆ La extensión del resumen se adecua a las normas de

- ◆ Tables, diagrams and figures are entered in a borderless text box, including inside the figure caption in the lower part the table foot and are placed and cited in the text in consecutive numerical order
- ◆ The list of references are made according to the reference requirements of the Journal, and at least the 30% of them are dated in the last four years.
- ◆ Authors' short biography with 50 to 75 words is included.
- ◆ The author has the permission to use the material with rights of another author, even if it is in the Web.

Any inquiry regarding the submission of the article can be resolved in the first instance on the website of the magazine. For other inquiries, the magazine contact email is available: bm.edificacion@upm.es

4. COPYRIGHT

The originals of Building & Management magazine are property of the Universidad Politécnica de Madrid, being necessary to cite the origin of any partial or total reproduction.

All the original articles published in Building & Management are subject to discussion and comments from our readers. Opinions should be sent to the journal's email address, within a period of three months, starting from the date of publication.

Authors retain the copyright of the papers and ensure B&M the right to have a Creative Commons license, Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0), that allow others to share the article within an author recognition and non commercial use.

Authors can also establish independently additional agreements for the not exclusive distribution of the article published versión in the e-journal (as, for example, to place it in an institutional repository or to publish it in a book).

Unless otherwise indicated, all contents of the electronic edition of Building & Management are distributed under a Creative Commons license and distribution.

5. PRIVACY STATEMENT

The personal data provided to in this journal will be used exclusively for the purposes stated by Building & Management and will not be available for any other purpose or another person.



- ◆ El número de palabras clave son entre 4 y 6, y los highlights entre 3 y 5 con 85 caracteres incluidos espacios.
- ◆ Todas las tablas y figuras están insertadas en cuadros de texto, con su correspondiente leyenda, en la parte inferior de las mismas.
- ◆ Todas las referencias citadas en el texto, están referenciadas al final del artículo y viceversa. Y se nombran en orden de aparición.
- ◆ Todas las referencias están en el formato adecuado y el 30% de las mismas están fechadas en los últimos 4 años.
- ◆ Incluye el perfil académico y profesional del autor/es (entre 50 y 75 palabras)
- ◆ El autor dispone del permiso para usar el material con derechos de otro autor, incluso si está en la Web.

Cualquier consulta relativa a la presentación del artículo, puede resolverse en primera instancia en la página web de la revista. Para otras consultas, se dispone del correo de contacto de la revista: bm.edificacion@upm.es

4. NOTA DE COPYRIGHT

Los originales de la revista Building & Management, son propiedad de la Universidad Politécnica de Madrid, siendo necesario citar la procedencia de cualquier reproducción parcial o total.

Todos los artículos originales que se publican en Building & Management quedan sometidos a discusión y al comentario de nuestros lectores. Las opiniones deben enviarse a la dirección de correo electrónico de la revista, dentro del plazo de tres meses, contados a partir de la fecha de su publicación.

Los autores conservan los derechos de autor y garantizan a la revista el derecho de una licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0), que permite a otros compartir el trabajo con un reconocimiento de la autoría y uso no comercial.

Los autores pueden establecer por separado acuerdos adicionales para la distribución no exclusiva de la versión de la obra publicada en la revista (por ejemplo, situarlo en un repositorio institucional o publicarlo en un libro).

Salvo indicación contraria, todos los contenidos de la edición electrónica Building & Management se distribuyen bajo una licencia de uso y distribución Creative Commons.

5. DECLARACIÓN DE PRIVACIDAD

Los nombres y direcciones de correo-e introducidos en esta revista se usarán exclusivamente para los fines declarados por esta revista y no estarán disponibles para ningún otro propósito u otra persona.

TOPICS COVERED BY B&M

Case studies
 Due diligence
 Licence management
 Risk assessment management
 Documentation procurement
 Communication and information management: ICT, Big data, Construction 4.0
 Management of bill of quantities, estimation, analysis and costs control
 Project monitoring
 Deadline management
 Economic, financial, equipment and human and material resources management
 Technical planning management
 Management of strategic planning
 Design management
 Management and control of changes and coordination of activities
 Management of production planning and programming
 Contracts and construction management
 Advanced techniques of construction management
 Process management in building, control and process improvement techniques
 Management of occupational risk prevention and health & safety
 Regulatory management and quality control
 Environmental management
 Management of waste and polluted soils
 Water management
 Materials management
 Energy management
 Other resources management
 Building heritage management
 Management of conservation, maintenance and exploitation
 Facilities management
 Building Management systems
 Sensoring, monitoring and control
 Audit of management systems
 Energy Audit
 Assessment of environmental impact plans, programs and projects
 Energy and environmental certification
 Implementation of environmental management systems
 Management of hygrothermal comfort
 Management of acoustic comfort
 Indoor air quality management
 Accessibility Management
 Diagnosis and methodology
 Intervention criteria
 Reuse
 Territory management
 Urban planning
 Management of environmental resources
 Air quality
 Training for management
 Research in construction
 Integrated project management
 Real estate assessments
 Judicial appraisal
 Management of social matters

LÍNEAS DE PUBLICACIÓN DE B&M

Casos de estudio
 Due diligence
 Gestión de las licencias
 Gestión del análisis de riesgos
 Gestión de la documentación
 Gestión de la comunicación y de la información: TIC, Big data, Construcción 4.0
 Gestión de las mediciones, estimación, análisis y control de los costes
 Monitorización de proyectos
 Gestión de plazos
 Gestión económica, financiera, de equipos y de los recursos humanos y materiales
 Gestión de la planificación técnica
 Gestión de la planificación estratégica
 Gestión del diseño
 Gestión y control de cambios y coordinación de las actividades
 Gestión de la planificación de la producción y programación
 Gestión de la contratación y de las obras
 Técnicas avanzadas de gestión de la construcción
 Gestión del proceso en edificación, técnicas de control y mejora de procesos
 Gestión de la prevención de riesgos laborales y seguridad e higiene
 Gestión de normativa y control de la calidad
 Gestión medioambiental
 Gestión de residuos y de suelos contaminados
 Gestión del agua
 Gestión de los materiales
 Gestión de la energía
 Gestión de otros recursos
 Gestión del patrimonio edificado
 Gestión de la conservación, el mantenimiento y explotación
 Gestión de las instalaciones
 Los sistemas de gestión en el edificio
 Sensorización, monitorización y control
 Auditoría de sistemas de gestión
 Auditoría energética
 Evaluación del impacto ambiental de planes, programas y proyectos
 Certificación energética y medioambiental
 Implantación de sistemas de gestión ambiental
 Gestión del confort higrotérmico
 Gestión del confort acústico
 Gestión de la calidad del aire interior
 Gestión de la accesibilidad
 Diagnóstico y metodología
 Criterios de intervención
 Reutilización
 Gestión del territorio
 Planificación urbanística
 Gestión de recursos del entorno
 Calidad del aire
 Formación para la gestión
 Investigación en edificación
 La gestión integrada de proyectos
 Valoraciones inmobiliarias
 Pericia judicial
 Gestión de los aspectos sociales

