



“Influencia de geometría y sombreado de las condiciones térmicas del patio mediterráneo. Cuatro patios en Mérida.”

Autora: Olalla María Bastida Dalia
Tutor: Carlos A. Rivera Gómez
Trabajo Fin de Grado, Grupo Ñ
Universidad de Sevilla, curso 2017/2018



ÍNDICE

1. Resumen / Abstract
2. Palabras claves
3. Antecedentes
 - 3.1 Estrategias pasivas en el clima cálido
 - 3.2 El patio como articulador del clima cálido
 - 3.3 Clima cálido
4. Justificación
5. Objetivos
 - 5.1 Generales
 - 5.2 Específicos
6. Análisis y localización del caso de estudio
 - 6.1 Índice de porosidad de la ciudad de Mérida
 - 6.2 Tabla de tamaños medios
 - 6.3 Ubicación de los casos de estudio
7. Método empírico
 - 7.1 Diseño del experimento
 - 7.1.1 Emplazamiento, fecha y duración
 - 7.1.2 Casos de estudio
 - 7.1.3 Instrumentos de medición
 - 7.1.4 Diseño y previsión de colocación
 - 7.2 Procedimiento
 - 7.2.1 Programación de instrumentos
 - 7.2.2 Colocación de sensores en los patios
 - 7.3 Discusión y resultados
 - 7.3.1 Caso de estudio 1
 - 7.3.2 Caso de estudio 2
 - 7.3.3 Caso de estudio 3
 - 7.3.4 Caso de estudio 4
 - 7.3.4.1 Sin elemento sombreador
 - 7.3.4.2 Con elemento sombreador
8. Conclusiones
 - 8.1 Casos de estudios 1, 2 y 3
 - 8.2 Caso de estudio 4 sin y con elemento sombreador
9. Bibliografía
10. Figuras

1. RESUMEN / ABSTRACT

El fin del trabajo consistirá en dos tipos de estudios: uno en el que se comparará cómo funcionan tres patios con diferente geometría y otro en el que se comparará el comportamiento de un solo patio sin y con elemento sombreador. Los cuatro patios se localizan en la misma ciudad, Mérida.

Antes de llegar a estas comparaciones se hablará de los antecedentes en los que se explica lo que son las estrategias pasivas y cómo usarlas en el clima cálido. También en este punto se contará como ha influido el patio en la ciudad donde se sitúan los casos de estudio y el tipo de clima de esta.

A continuación, se hará un estudio conciso de la porosidad respecto a los patios situados alrededor de 250m de cada caso de estudio y con esto se sacará una tabla aproximada de tamaños medios de cada zona.

Para poder llevar acabo las comparaciones y las conclusiones tanto generales como específicas, se contará previamente como es cada caso de estudio, su localización, los instrumentos de medición que se usarán con su correspondiente explicación del diseño de estos así como su programación y su colocación en cada patio.

Finalmente, con los datos que proporcionarán los instrumentos de medición se hará una discusión de los datos de cada patio y las comparaciones pertinentes y extrayendo una serie de conclusiones a la hora del uso del patio en las ciudades con el clima cálido.

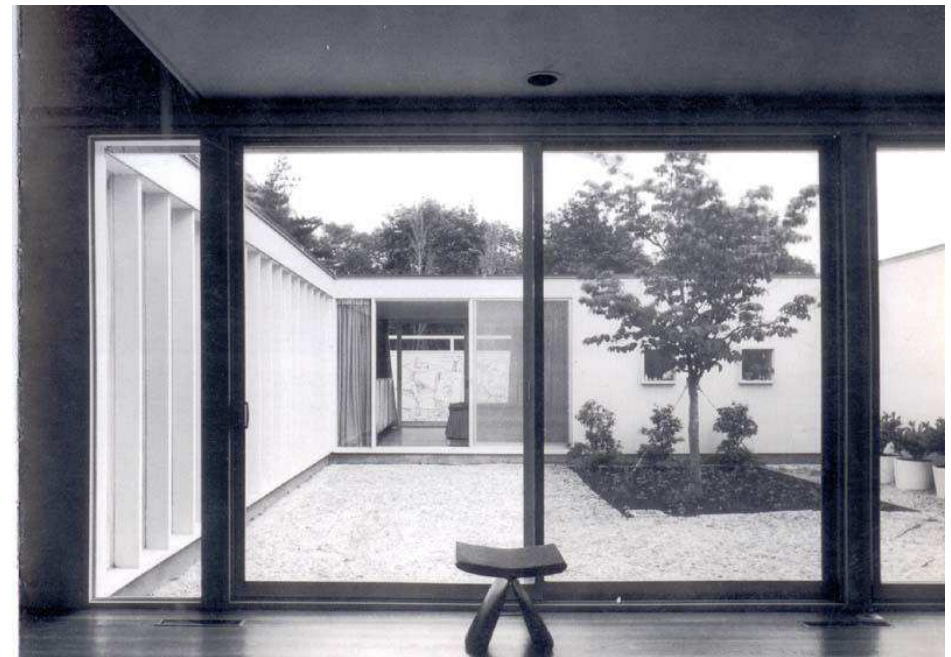


Fig. 1 "Casa-Patio" en Cambrigde de José Luis Sert

The objective of this project consists of two types of studies: one study in which how three geometrically different patios work will be compared and another one in which how a patio with and without shading elements works will be studied. The four patios are located in the same town, Mérida.

Before getting these comparisons, I will talk about the history in which what the passive strategies are and how to use them in warm climate will be explained. At this point, I will also talk about how the patio has influenced in the town where the case studies are located and its climate.

Then, a succinct study about the porosity regarding the patios located around 250 metres of each case study will be carried out and it will help to get an approximate table of medium sizes of each area

To carry out the comparisons and the conclusions, both general and specific, it will be previously explained how each case study is, its location, measuring tools which will be used and an explanation about their design as well as their programming and their placement in each patio.

Finally, data provided by the measuring tools will be discussed and compared getting a series of conclusions when using the patio in warm climate towns.



Fig. 2 Patio de la "Villa Savoye" de Le Corbusier

2. PALABRAS CLAVES

Patio, patio mediterráneo, patio de Mérida, sombreadamiento, elementos sombreadores, sistemas pasivos, geometría.

3. ANTECEDENTES

3.1 ESTRATEGIAS PASIVAS EN EL CLIMA CÁLIDO

“Al diseñar y definir la composición ideal de la envolvente de un edificio hay que tener en cuenta criterios orientados a mejorar su comportamiento térmico pasivo, sin embargo este criterio por sí solo no es suficiente. Dado que el sector de la construcción tiene una enorme influencia en el consumo de recursos económicos y ambientales (materiales, energía, emisiones de CO₂, etc.) conviene realizar un análisis más profundo basado en la sostenibilidad.” [EDEA, Cuaderno 3, 2013].

“La sostenibilidad se define como característica o estado según el cual se pueden satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender a sus propias necesidades.” [Informe Brundtland, 1987].

Dada esta definición, se puede entender que la sostenibilidad en la construcción quiere encontrar una armonía entre los impactos económicos, sociales y ambientales que pueden producir las edificaciones y los materiales de construcción. De manera que, se dice que un edificio es sostenible cuando se merman dichos impactos a lo largo de su vida útil.

Para obtener este equilibrio es necesario emplear recursos mecánicos diseñados para dicho fin o recurrir a sistemas pasivos.

“Se denominan sistemas de acondicionamiento pasivos a aquellos que son parte constituyente del edificio, ya sea como elementos constructivos básicos (muros, ventanas, cubiertas, etc.) o como elementos básicos modificados en su función (invernaderos, galerías, cubiertas, etc.).” [F. Javier Neila González, 2004].

De esta manera, realizando una adecuada elección de materiales y de sistemas constructivos, la edificación se transforma de manera natural en el sistema de captación, acumulación, control, regulación y distribución de la energía necesaria para los habitantes de esta, sin producir sobre costos.



Fig. 3 Sostenibilidad ambiental, económica y social

Estas estrategias pasivas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Estrategias generales
 - Diseño general del edificio
 - Captación de la radiación solar (Ubicación, forma, orientación)
 - Mejora de la envolvente térmica
 - Conservación de la energía (Mejora del aislamiento térmico, fachadas y cubiertas ventiladas, fachadas y cubiertas vegetales o ajardinadas, vidrios y marcos con baja transmitancia térmica)
 - Acumulación térmica (Fachadas y cubiertas con alta inercia térmica)
- Estrategias de calefacción
 - Calefacción solar
 - Directa
 - Indirecta (Ventanas y lucernarios, invernaderos y galerías acristaladas, muros captadores y acumuladores)
- Estrategias de refrigeración
 - Protección solar
 - Exterior (Umbráculos o pérgolas, parasoles)
 - Externa
 - Intermedia
 - Interna (Persianas y contraventanas, vegetación, vidrios especiales, persianas y estores)
 - Ventilación natural
 - Cruzada
 - Con tiro térmico
 - Inducida (Torre de viento, huecos, efecto chimenea, aspiración estática (efecto Venturi))
 - Tratamiento del aire
 - Enfriamiento evaporativo (Agua, vegetación)
 - Reducción de la temperatura del aire (Conductos enterrados, patios, refrigeración nocturna)

Como bien se puede ver en la clasificación anterior, el patio es un método pasivo que se usa, entre otros aspectos como son el control de la luz y el ruido, para el control de las condiciones de humedad y temperatura que afligen a la edificación.

El aire en el patio, pese a que en el exterior sea muy cambiante, se mantiene estable. Esto ayuda a la regularización de la ventilación dentro de la edificación.

La diferencia de densidades entre el aire caliente interior y el aire frío exterior acumulado en el patio es lo que permite el movimiento de estos flujos y dicha ventilación antes nombrada.

El aspect ratio del patio que es la resultante de dividir el ancho de la planta del patio entre su altura, podrá tener un valor de entre 0 y 3 normalmente. Después de realizar varios estudios se ha llegado a la conclusión de que un patio con un aspect ratio de entre 2 y 3 funcionará mucho mejor como elemento pasivo aunque esto no es siempre así, por ejemplo: un patio con demasiada altura también puede hacer el efecto contrario al de aclimatar ya que puede actuar de acumulador de aire caliente (en época de calor) en la parte baja del mismo y la corriente de aire no tenga demasiada fuerza para llegar a renovar todo el flujo de aire contenido en el patio.

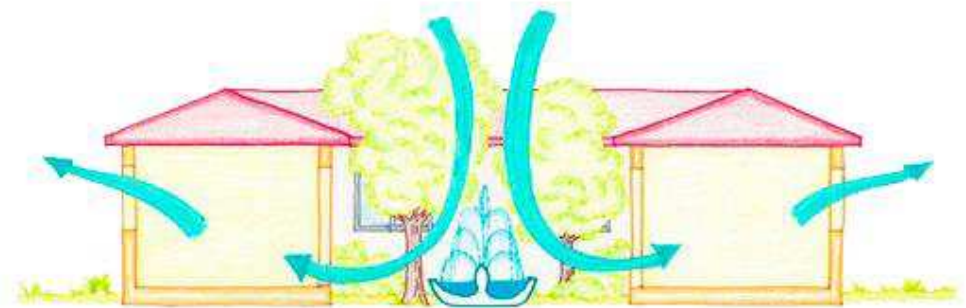


Fig. 4 Reducción de la temperatura del aire mediante el uso del patio

3.2 EL PATIO COMO ARTICULADOR EN EL CLIMA CÁLIDO

“El patio muestra la necesidad del hombre de climas mediterráneos en cualquier geografía, de relacionarse con el ambiente exterior y la naturaleza, aprovechando el recurso de este clima, mediante un fascinante y ambiguo espacio de transición, que no es enteramente exterior ni interior y que no es ni completamente natural ni artificial. Dicho elemento, por ser el eje organizativo y por ser con diferencia la pieza mejor conformada y acondicionada de toda la casa en climas cálidos (forma regular, mayor tamaño, luz, ventilación), se constituye en espacio principal de estancia y reunión (público-privado) y, como consecuencia, en el elemento psicológico de referencia de la misma. Por tanto el patio es el elemento articulador de la arquitectura y del comportamiento energético de los edificios en el mediterráneo.” [Tesis Doctoral, Juan Manuel Rojas Fernández]

El patio no ha sido de uso exclusivo del clima mediterráneo ni de una época en concreto. Tanto las casas mesopotámicas como las egipcias ya contaban con patios.

A continuación en este punto del trabajo se hablará de la influencia del patio a lo largo de la existencia de la ciudad de Mérida mediante seis ejemplos, en la cual se encuentran los cuatro patios que serán los casos de estudio de este¹.

[1] Información recogida de la página web del Consorcio del Conjunto Monumental de Mérida

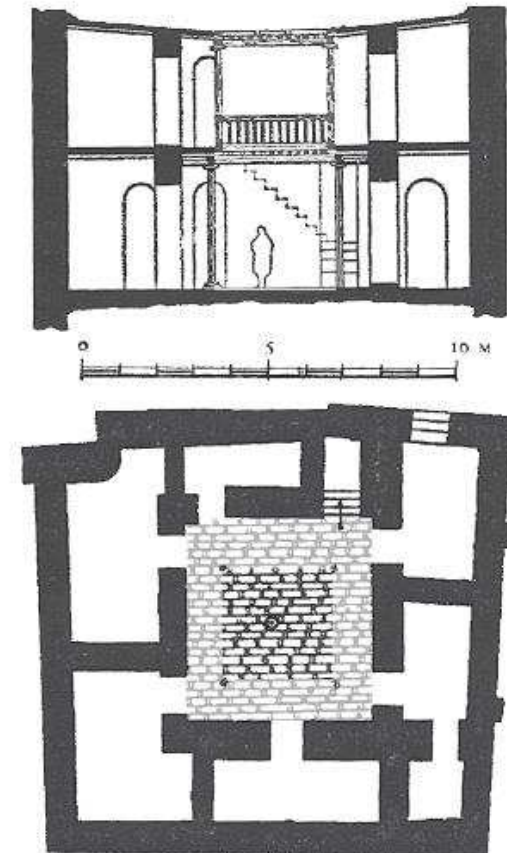


Fig. 5 Casa Patio de Ur (2000 a.C.)

- Casa del Mitreo (Fig. 6 y 7)
Se conoce con el nombre de Casa del Mitreo por su proximidad con los restos de un posible templo dedicado a Mitra, aparecidos en el solar ocupado por la plaza de toros. La casa, situada extramuros de la ciudad romana, se construyó a finales del siglo I o comienzos del siglo II. Algunas de sus estructuras y decoraciones son de fechas posteriores dadas las remodelaciones que su uso, a lo largo de varios siglos, hizo necesarias. Sus dependencias se distribuyen en torno a tres patios que articulan la vida de la casa y le proporcionan luz y ventilación. Está pavimentada con uno de los mosaicos más interesante aparecido en la ciudad: el Mosaico Cosmológico. En él se personifica la concepción del mundo y de las fuerzas de la naturaleza que lo gobiernan, junto con alguna actividad humana.



Fig. 6 Casa del Mitreo

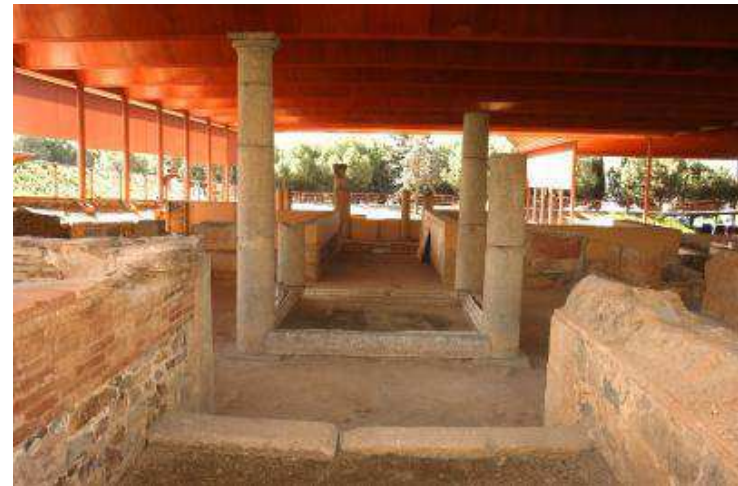


Fig. 7 Casa del Mitreo

- Templo de Diana y Palacio de los Corbos (Fig. 8 y 9)

En época romana este templo destacaba dentro de una gran plaza conocida como “Foro de la Colonia”. Rodeada de importantes edificios públicos, fue el centro urbanístico y el principal lugar de encuentro de los ciudadanos de Augusta Emérita. Aquí transcurría la vida política, se administraba justicia, se hacían transacciones financieras y mercantiles y se ofrecían sacrificios en honor de los dioses. El templo, flanqueado por dos estanques, se ubicaba en la cabecera de la plaza, en un espacio sagrado conocido como Temenos, donde se celebraban actos religiosos al aire libre. Delante del templo existía una tribuna pública, elevada sobre la plaza. Desde ella, las autoridades se dirigían a los ciudadanos.

El templo fue construido con granito procedente de canteras locales y revestido con estuco. Estuvo rodeado de columnas en todos sus lados. Estas apoyan en un podio de tres metros de altura. Mientras el templo estuvo en uso, se accedía a su interior subiendo una escalera monumental, hoy pérdida.

Desde el siglo XVII, es popularmente conocido como Templo de Diana, aunque actualmente sabemos que estuvo consagrado a Roma y al Emperador.

Plaza y templo se planificaron al fundarse la ciudad en época de Augusto, siguiendo el modelo urbanístico de las nuevas ciudades imperiales. Posteriormente, en el siglo I d. C., la plaza se amplió con un segundo recinto en el que se levantó otro templo.

A finales del siglo XV, siguiendo los gustos de la época por los vestigios de la antigüedad, Don Alonso Mexía, caballero de la

Orden de Santiago, construye su residencia palaciega sobre los restos del templo romano. Actualmente se conserva parte de la fachada principal del palacio renacentista. En ella, destacan una sencilla portada y una ventana decorada con reminiscencias góticas. Del interior del palacio se conserva la arquería de un patio. Fue levantada en dos pisos y aprovecha columnas y capiteles romanos, visigodos e islámicos.

En 1972 el edificio fue expropiado con la intención de recuperar el antiguo templo romano aunque, posteriormente, se decidió mantener parte del palacio por su indudable valor patrimonial. La construcción del Palacio de los Corbos, popularmente conocido como “Casa de los Milagros”, facilitó que el templo llegara a nuestros días en un excelente estado de conservación.



Fig. 8 Templo de Diana y Palacio de los Corbos



Fig. 9 Planta del Templo de Diana y Palacio de los Corbos

- Palacio de los Vera Mendoza (Fig. 10 y 11)
Es uno de los edificios más emblemáticos de la Plaza de España. Junto con la Casa de los Pacheco se utiliza como recinto hotelero.
En su fábrica se aprovecharon sillares de época romana. En la fachada se combinan dos estilos constructivos: el gótico final y el barroco clasicista. En el interior destaca un patio clasicista mandado construir por D. Luís de Mendoza en el siglo XV.



Fig. 10 Palacio de los Vera Mendoza



Fig. 11 Patio del Palacio de los Vera Mendoza

- Casa de los Pachecos (Fig. 12)
Esta casa se comenzó a construir a comienzos del siglo XIX. Se trata de un edificio neoclásico de tres plantas. En el interior, destaca uno de sus patios, junto a la entrada de la vivienda, realizado en la segunda década del siglo XX con un estilo neoárabe. Una estructura de hierro, yesería y azulejo hacen de este patio un enclave espectacular. Actualmente, anexionado al colindante Palacio de los Vera Mendoza, forma parte del recinto hotelero de la Plaza de España.



Fig. 12 Patio de la Casa de los Mendoza

- Escuela de Administración Pública (Fig. 13 y 14)
El gran maestro de la arquitectura contemporánea, Francisco Javier Sáenz de Oíza, proyectó en 1990 esta obra en la margen izquierda del río Guadiana, a la salida del puente romano y, aproximadamente, enfrente de la Alcazaba árabe. De esta toma su origen y reflejando en su obra las líneas básicas de las construcciones árabes del Norte de África construye un edificio que se ilumina a través de patios interiores y lucernarios y utiliza, en su fachada, los colores de la arquitectura que le inspira.

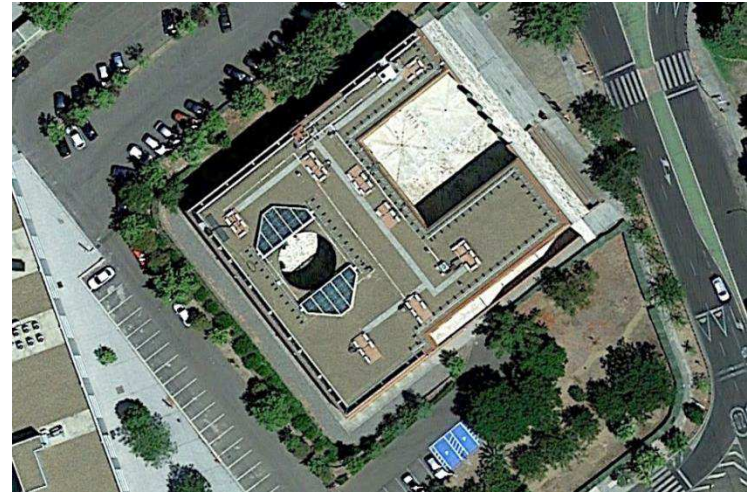


Fig. 13 Planta de la Escuela de Administración Pública



Fig. 14 Patio de entrada de la Escuela de Administración Pública

- Confederación Hidrográfica del Guadiana (Fig. 15 y 16)
En el año 2009, Confederación Hidrográfica del Guadiana inauguró su nueva sede diseñada por los arquitectos Rafael Moneo y Rafael Mesa. Construido en un solar colindante con el Circo romano, se estructura en dos cubos perforados con patios que garantizan la iluminación de cada uno de ellos. Ambos cubos cuentan con sótanos comunicados por una galería subterránea. Igualmente, en el exterior, los edificios se conectan por medio de una pasarela a nivel de la primera planta. Una lámina de agua, delante de la fachada principal, cubre el aparcamiento subterráneo.
En el solar se integran, además, los restos arqueológicos puestos a la luz en la intervención arqueológica previa a la construcción del edificio. El solar, en época romana, tuvo un uso funerario como suele ocurrir en todos los espacios fuera de la muralla y próximos a las vías de comunicación. Se construye, así mismo, un gran edificio, a comienzos del siglo I, que se estructura con un pasillo central y estancias en batería a ambos lados. Se ha interpretado como un establo relacionado con el Circo romano. A finales del siglo II el edificio se reforma y pasa a tener un uso agrícola.



Fig. 15 Confederación Hidrográfica del Guadiana



Fig. 16 Patio de la Confederación Hidrográfica del Guadiana

3.3 ESTRATEGIAS PASIVAS EN EL CLIMA CÁLIDO

“El clima de un lugar, que es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera, queda determinado por los denominados factores climáticos [...] que se pueden resumir en seis:

- La latitud del lugar.
- El factor de continentalidad.
- El factor orográfico.
- La temperatura de la superficie del mar.
- La altitud sobre el nivel del mar.
- La naturaleza de la superficie de la tierra.”

[F. Javier Neila González, 2004]

Existen infinitas formas de clasificación de los climas. Una de ellas, la clasificación climática de Köppen, sitúa a Mérida en un clima cálido (Fig. 17).

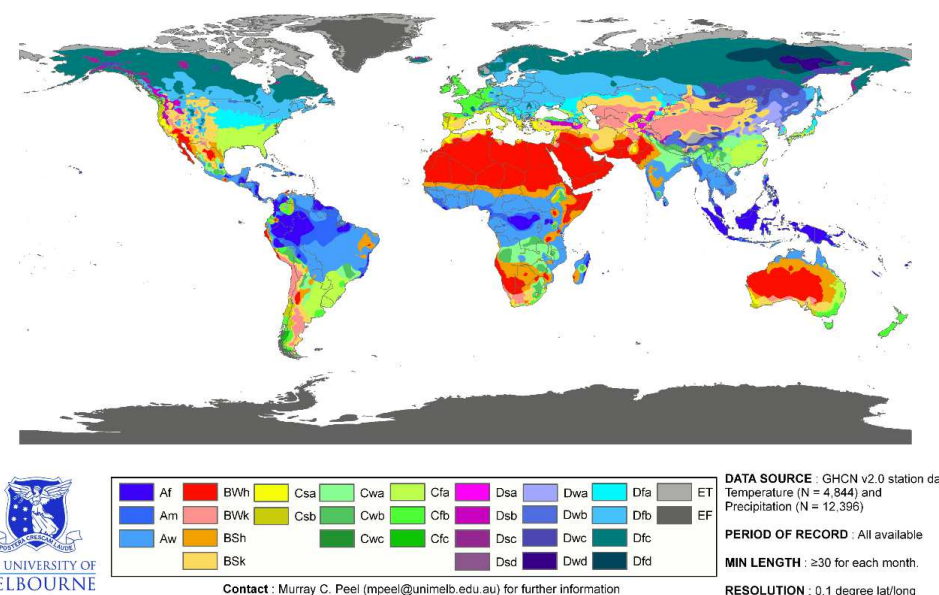


Fig. 17 Mapa mundial de la clasificación climática de Köppen para el periodo 1951-2000

4. JUSTIFICACIÓN

“La existencia de un patio interior en una edificación es un recurso compositivo que permite crear un espacio abierto dentro del volumen de un edificio, tal que genere unas condiciones atmosféricas controladas y actúe como regulador entre las condiciones exteriores e interiores.” [Instituto Valenciano de la Edificación, 2014].

El patio tiene la función de iluminar y ventilar una edificación. Este en Mérida, ciudad donde nací y crecí, desde sus inicios ha sido muy protagonista en sus construcciones.

Por cultura inculcada se desea un patio para la ventilación de la casa y para usos cotidianos como tender la colada. Lo que no se sabe es que un patio con una geometría adecuada y con elementos sombreadores y vegetación ayuda a la refrigeración de la casa.

Con este estudio realizado en el Trabajo Fin de Grado quiero demostrar lo anterior comparando tres patios con plantas y alturas diferentes (por consiguiente cuatro aspect ratios diferentes), e incluso como funciona un mismo patio con y sin elemento sombreador (toldo), todos ellos situados en la misma ciudad, Mérida.



Fig. 18 Área Arqueológica de Mérida

5. OBJETIVOS

5.1 GENERALES

El patio es un elemento que el ser humano asocia más generalmente a la iluminación que a la ventilación de una vivienda. Por ello, el objetivo principal de este trabajo es dar a conocer un estudio termodinámico para verificar que la temperatura interior del patio disminuye respecto a las condiciones climáticas exteriores y de esta manera ayudar a reducir el consumo energético de un edificio.

Para llevar a cabo dicho estudio, se tomarán datos reales de temperatura y humedad de patios, adjuntos en este trabajo, los cuales se compararán entre sí para poder estudiar su comportamiento dependiendo de la forma y elementos de cada uno.

5.2 ESPECÍFICOS

- Analizar y estudiar cuatro patios. Tres de ellos con aspect-ratio y geometría diferente. El cuarto se comparará consigo mismo pero con y sin elemento sombreador. Todos ellos localizados en Mérida.
- Realizar un estudio sobre la importancia del factor forma en el diseño eficiente de un edificio para entender con qué y cómo influye el patio.
- Ejecutar un estudio termodinámico de cada uno, para su posterior estudio individual.
- Realizar una comparativa de los resultados de cada patio para poder obtener un análisis para un futuro diseño eficaz de patios en un clima cálido.

6. ANÁLISIS Y LOCALIZACIÓN DE PATIOS DEL CASO DE ESTUDIO

6.1 ÍNDICE DE POROSIDAD DE LA CIUDAD DE MÉRIDA

ZONA 1 – CASO DE ESTUDIO 1

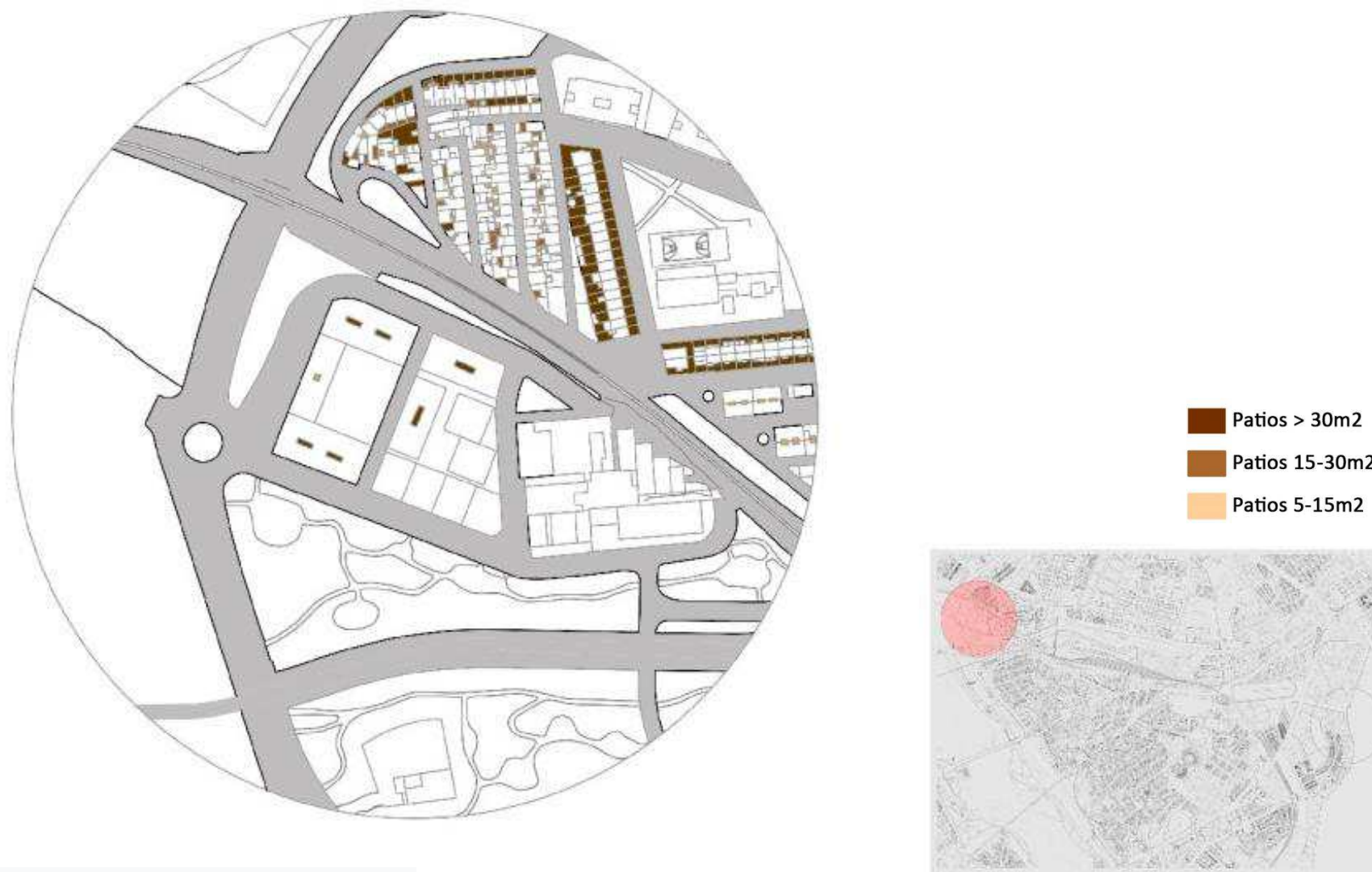


Fig. 19 Zona 1 donde se encuentra el caso de estudio 1

ZONA 2 – CASO DE ESTUDIO 2



- Patios > 30m²
- Patios 15-30m²
- Patios 5-15m²



Fig. 20 Zona 2 donde se encuentra el caso de estudio 2

ZONA 3 – CASO DE ESTUDIO 3 Y 4

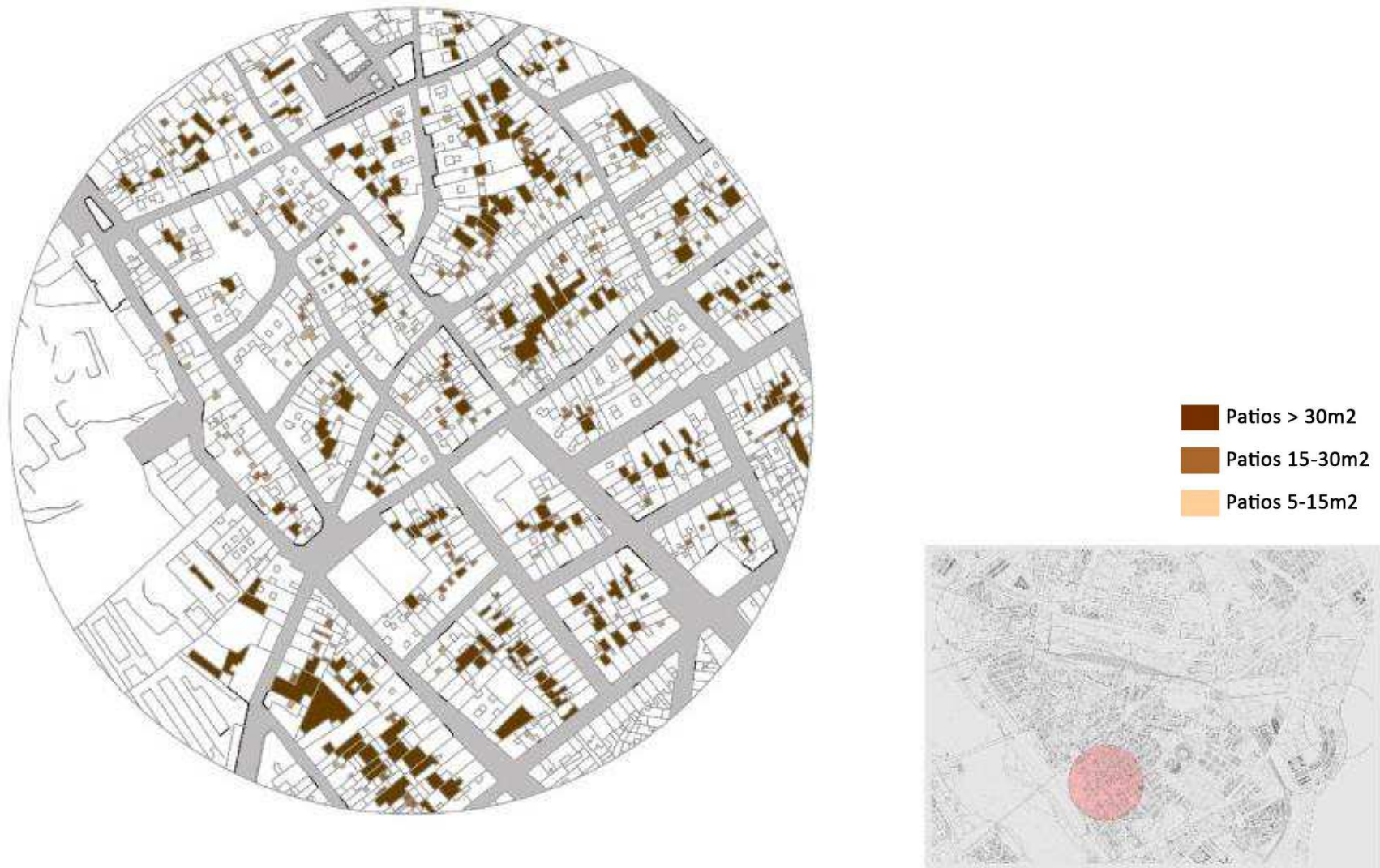


Fig. 21 Zona 3 donde se encuentran los casos de estudios 3 y 4

6.2 TABLA DE TAMAÑOS MEDIOS

Después del estudio dibujado de los patios que se encuentran a un radio de 250m de cada caso de estudio, se ha realizado una tabla de tamaños medios para su comparativa. De esta sacamos que las tres zonas coinciden en que los patios mayores de 30m² son los más abundantes.

Tamaño (m ²)	Zona 1	Zona 2	Zona 3
5 a 15	47	0	147
15 a 30	25	79	166
>30	61	131	198
Total	133	210	511

Fig. 22 Tabla de tamaños medios

En la zona 2, que se encuentra al sureste de la ciudad, no hay patios de 5 a 15 m². Esto es debido a que es una zona relativamente nueva donde la mayoría de las viviendas son unifamiliares con grandes patios y edificaciones en alto con patios también de grandes tamaños.

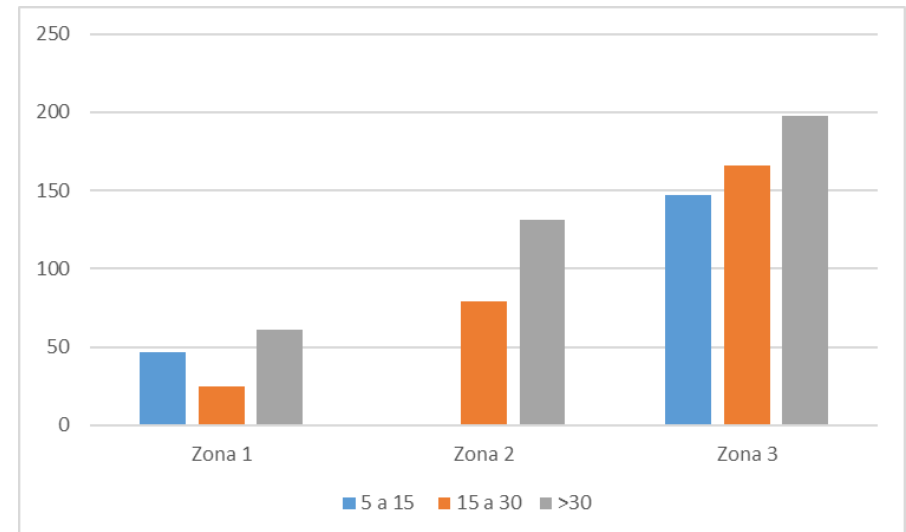


Fig. 23 Gráfico resumen por zonas y tamaños de los patios

6.3 UBICACIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO

La ubicación de los cuatro patios estudiados se encuentra en la ciudad de Mérida (Badajoz).

- Caso de estudio 1:
Este patio se localiza en un bloque de viviendas en la calle Manuel Gil
- Caso de estudio 2:
Este patio se localiza en un bloque de viviendas en la avenida Juan Pablo II
- Caso de estudio 3:
Este patio se localiza en una vivienda en la calle Suárez Somonte
- Caso de estudio 4:
Este patio se localiza en una vivienda en la calle Los Maestros



Fig. 24 Ubicación de los patios

7. MÉTODO EMPÍRICO

De acuerdo a los datos recogidos y monitorizados durante el tiempo experimental, se realizará un estudio donde se recoja el comportamiento térmico del patio de acuerdo a su geometría, dimensión, profundidad, orientación y presencia de elementos sombreadores y vegetación.

7.1 DISEÑO DEL EXPERIMENTO

7.1.1 EMPLAZAMIENTO, FECHA Y DURACIÓN

Como bien se ha indicado anteriormente en el trabajo, los casos de estudio se localizan en Mérida (Badajoz). Dentro del casco histórico se localizan dos (casos de estudio 3 y 4) y a las afueras de este se encuentran los otros dos (casos de estudio 1 y 2). (Fig. 24)

Se tomarán como referencia y apoyo los datos climáticos registrados por la estación meteorológica de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) que se encuentra instalada en el parque de bomberos de Mérida.

Las fechas en las que realizará la recogida de datos será entre 19 de mayo de 2018 al 26 de mayo de 2018 en los casos de estudio 1, 2 y 3; y del 19 de mayo de 2018 al 2 de junio de 2018 en el caso de estudio 4, de tal forma que del 19 de mayo de 2018 al 26 de mayo de 2018 se recogen los datos sin usar el elemento sombreador y del 26 de mayo del 2018 al 2 de junio de 2018 se toman estos usándolo.



Fig. 25 Ortofoto de Mérida

7.1.2 CASOS DE ESTUDIO

CASO DE ESTUDIO 1

El caso de estudio 1 se trata de un patio de luz de un edificio de viviendas de 3 pisos de altura, con cubierta plana transitable, que se ubica en la calle Manuel Gil.

En la planta baja dos vecinos tienen parte del patio al descubierto, otro a la mitad y otro cubierto completamente con toldo.

-Aspect Ratio

Media x e y:

$$(3,17+11,51)/2=7,34\text{m}$$

Relación entre base media y altura:

$$10,81/7,34=1,47$$



Fig. 26 Caso de estudio 1



Fig. 27 Caso de estudio 1



Fig. 28 Señalización caso de estudio 1

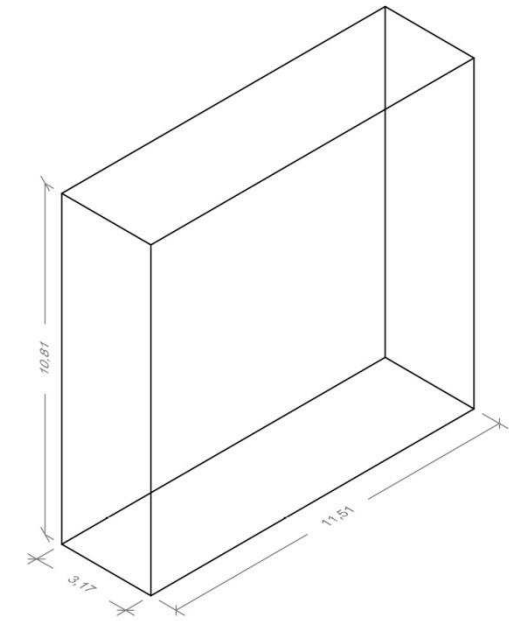


Fig. 29 Medidas del patio del caso de estudio 1

CASO DE ESTUDIO 2

El caso de estudio 2 se trata de un patio de luz de un edificio de viviendas de 4 pisos de altura, con cubierta plana no transitable, que se ubica en la avenida Juan Pablo II.

En la planta baja los vecinos tienen parte del patio al descubierto.

-Aspect Ratio

Media x e y:

$$(6,11+4,12)/2=5,115\text{m}$$

Relación entre base media y altura:

$$12,75/5,115=2,49$$



Fig. 30 Caso de estudio 2



Fig. 31 Caso de estudio 2



Fig. 32 Señalización caso de estudio 2

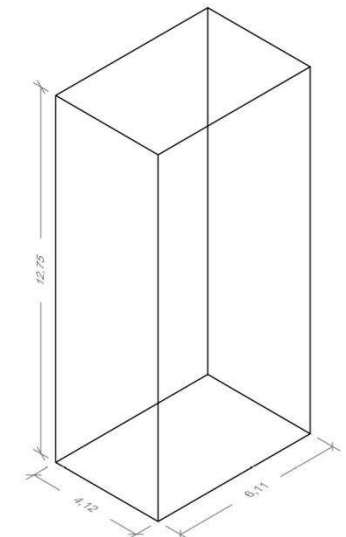


Fig. 33 Medidas del patio del caso de estudio 2

CASO DE ESTUDIO 3

El caso de estudio 3 se trata de un patio de vivienda de una casa de 2 pisos de altura, con cubierta inclinada, que se ubica en la calle Suárez Somonte.

En la planta baja los vecinos tienen el patio al descubierto y con poca vegetación.

-Aspect Ratio

Media x e y:

$$(5,22+6,65)/2=5,92\text{m}$$

Relación entre base media y altura:

$$6,33/5,92=1,07$$



Fig. 34 Caso de estudio 3



Fig. 35 Caso de estudio 3



Fig. 36 Señalización caso de estudio 3

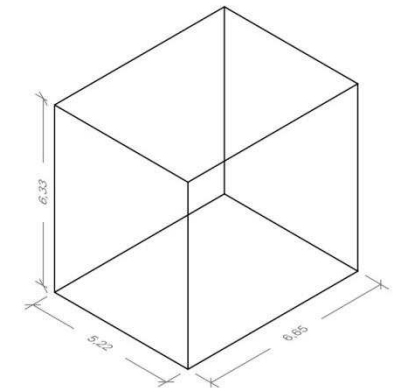


Fig. 37 Medidas del patio del caso de estudio 3

CASO DE ESTUDIO 4

El caso de estudio 4 se trata de un patio de vivienda de una casa de 4 pisos de altura, con cubierta plana no transitable, que se ubica en la calle Los Maestros.

El patio dispone de vegetación y de elemento sombreador (toldo).

-Aspect Ratio

Media pared:

$$(7,496+11+4,88+3,75)/4=6,78\text{m}$$

Media x e y:

$$(6,535+5,216)/2=5,88\text{m}$$

Relación entre base media y altura:

$$6,78/5,88=1,15$$



Fig. 38 Caso de estudio 4

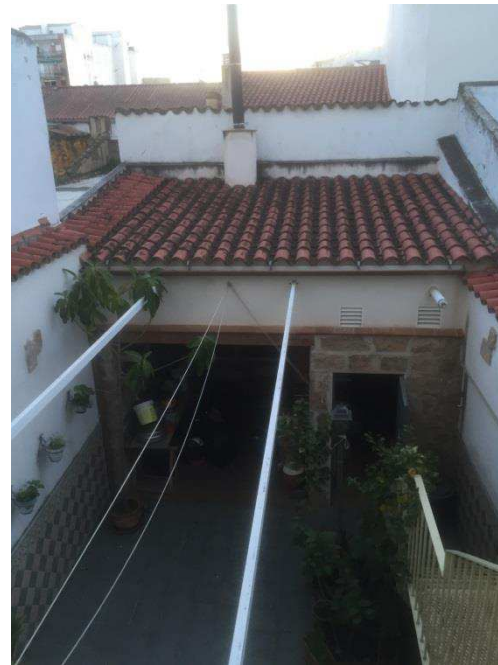


Fig. 39 Caso de estudio 4



Fig. 40 Señalización caso de estudio 4

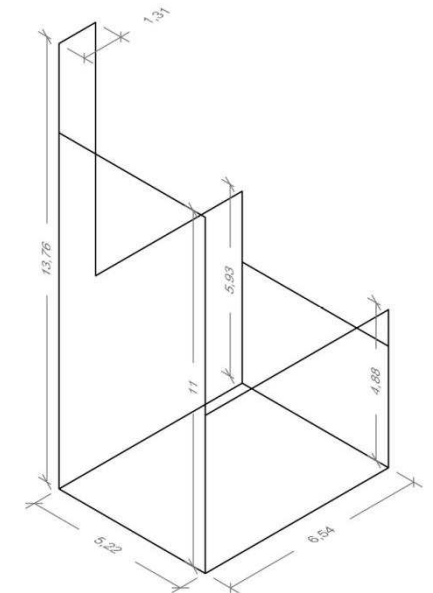


Fig. 41 Medidas del patio del caso de estudio 4

7.1.3 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

- Registradores de datos de temperatura y humedad (Data loggers)

Para la recogida de datos de la temperatura y humedad exterior de los patios de los edificios seleccionados se han usado sensores de la marca “TESTO”. Se han utilizado dos modelos: el 174 T (Fig.42), el cual mide la temperatura; y el 174 H (Fig.43), el cual mide la temperatura y la humedad relativa.

Dada la sensibilidad de estos sensores y para que los datos sean fiables y correctos, se han protegidos frente a la radiación directa del sol y otros factores que puedan moverlos o golpearlos y así producirles daños. Para ello, se ha metido cada sensor en una funda cilíndrica fabricada con un material aislante, la cual se cubre con una tapa hecha con el mismo material. De esta forma se permite la circulación del aire en el interior evitando que al aparato le dé la radiación solar directa (Fig.44).

Para diferenciar los dos modelos, a los que miden la temperatura se nombran con un número y la letra “A” y los que miden además de la temperatura la humedad relativa se nombran con un número y la letra “B” (Fig.45).



Fig. 42 Modelo Data Logger Testo 174 T



Fig. 43 Modelo Data Logger Testo 174 H



Fig. 44 Funda y tapa protectora de los sensores



Fig. 45 Cajas de los sensores con su nomenclatura

- Estación meteorológica

En la cubierta de uno de los edificios del trabajo se ha situado una estación meteorológica, modelo PCE-FWS20 para la recogida de los datos exteriores (temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, lluvia) (Fig.45). Esta se conecta a través de ondas de radio a un centro de mando, el cual se coloca dentro de una vivienda del edificio y almacena los datos anteriormente nombrados y a su vez la temperatura interior de la vivienda (Fig.46).



Fig. 46 Estación meteorológica

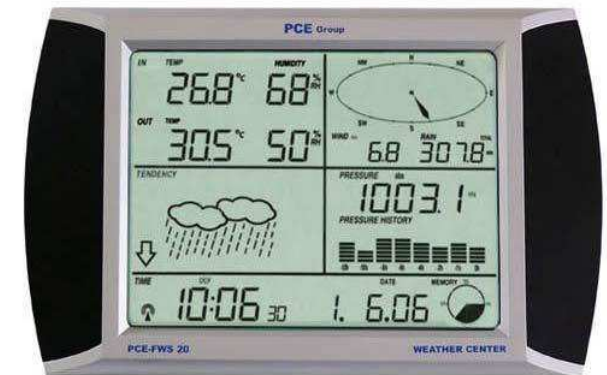


Fig. 47 Centro de mando de la estación meteorológica

7.1.4 DISEÑO Y PREVISIÓN DE COLOCACIÓN

Para la colocación de los sensores en el patio se ha tenido en cuenta la pared del patio que más radiación recibe, la pared situada al sur. Esto es debido a que después de varios estudios de patios con columnas de sensores en todas las orientaciones se ha llegado a la conclusión de que la sur es la que recoge los datos más verídicos.

Se cuenta con catorce sensores, cuatro del modelo Data Logger Testo 174 H (Fig. 43), uno por patio; y los diez restantes del modelo Data Logger Testo 174 T (Fig.42). Se han repartido de forma vertical, el primero colocado a un metro o metro y medio del suelo, que será el modelo que mide la temperatura y la humedad relativa. Los demás se han ido colocando a cada tres metros. Dependiendo de la altura y de la orientación del patio se han dispuesto de la siguiente manera:

- Caso de estudio 1: Un Data Logger Testo 174 H y tres Data Logger Testo 174 T en la fachada sur
- Caso de estudio 2: Un Data Logger Testo 174 H y tres Data Logger Testo 174 T en la fachada sur
- Caso de estudio 3: Un Data Logger Testo 174 H y un Data Logger Testo 174 T en la fachada sur
- Caso de estudio 4: Un Data Logger Testo 174 H y un Data Logger Testo 174 T en la fachada sureste y un Data Logger Testo 174 H y un Data Logger Testo 174 T en la fachada suroeste

No hará falta colocar sensores dentro puesto que la temperatura y humedad interior de la vivienda se toma con el centro de mando de la estación meteorológica (Fig.46), al igual que la exterior. Solo se colocará en una vivienda, ya que todas son habitadas y los valores serán aproximadamente iguales.

7.2 PROCEDIMIENTO

7.2.1 PROGRAMACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

Tanto los sensores como la estación meteorológica se programan para que tomen datos cada 15 minutos, siendo así más fácil la comparación de los mismos. A su vez, los sensores antes se programan todos con la misma configuración para que las horas de toma de datos coincida y para que estos estén en grados Celsius.

ESTACION	Fecha-Hora	Temperatura exterior, °C	Temperatura interior, °C	Dirección del viento	Velocidad del viento(Km/h)	SENSORES	Courtyard T. 5B (1m)	Courtyard T.18A (1m)	Courtyard T. 9A (3m)	Courtyard T. 20A (3m)
1	19/05/2018 21:00	21,80	25,10	S	13,30	19/05/2018 21:00	22,70	22,20	22,50	23,20
2	19/05/2018 21:15	20,60	25,10	SW	2,50	19/05/2018 21:15	22,30	21,90	22,20	22,80
3	19/05/2018 21:30	20,40	25,10	S	3,60	19/05/2018 21:30	21,90	21,60	21,70	22,50
4	19/05/2018 21:45	20,20	25,20	S	5,00	19/05/2018 21:45	21,50	21,20	21,30	22,20
5	19/05/2018 22:00	20,10	25,20	SE	3,60	19/05/2018 22:00	21,50	21,10	21,20	22,10
6	19/05/2018 22:15	20,10	25,30	S	2,50	19/05/2018 22:15	21,30	20,90	21,10	21,70
7	19/05/2018 22:30	20,00	25,30	SW	1,10	19/05/2018 22:30	21,20	20,90	21,00	21,70
8	19/05/2018 22:45	20,10	25,30	E	3,60	19/05/2018 22:45	21,00	20,70	20,90	21,40
9	19/05/2018 23:00	20,00	25,30	S	0,00	19/05/2018 23:00	21,00	20,70	20,90	21,50
10	19/05/2018 23:15	19,50	25,30	S	1,10	19/05/2018 23:15	20,80	20,60	20,70	21,20
11	19/05/2018 23:30	19,30	25,30	SE	0,00	19/05/2018 23:30	20,70	20,50	20,60	21,30
12	19/05/2018 23:45	19,20	25,30	SSE	1,10	19/05/2018 23:45	20,60	20,40	20,60	20,90
13	20/05/2018 0:00	18,30	25,20	NW	1,10	20/05/2018 0:00	20,40	20,20	20,30	20,70
14	20/05/2018 0:15	18,00	25,20	S	0,00	20/05/2018 0:15	20,10	20,00	20,00	20,40
15	20/05/2018 0:30	18,40	25,10	W	1,10	20/05/2018 0:30	20,00	19,80	19,80	20,30

Fig. 48 Tabla de datos de la estación meteorológica y de los sensores

7.2.2 COLOCACIÓN DE LOS SENSORES EN LOS PATIOS

CASO DE ESTUDIO 1

En el caso de estudio 1 se ha colocado una columna de sensores en la pared sur.

Se dispone de:

-Un Data Logger Testo 174 H y tres Data Logger Testo 174 T.

El Data Logger Testo 174 H, el cual se ha nombrado por 7B se ha situado a 1m del suelo. A continuación se han colocado los tres Data Logger Testo 174 T: el 8A a 4m del suelo, el 11A a 7m del suelo y el 19A a 10m del suelo.

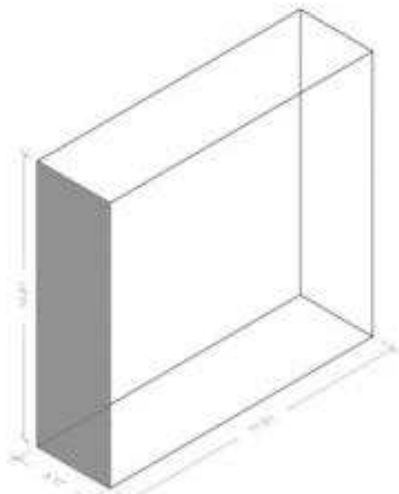


Fig. 49 Geometría del patio señalando la fachada donde se sitúan los sensores en el caso de estudio 1

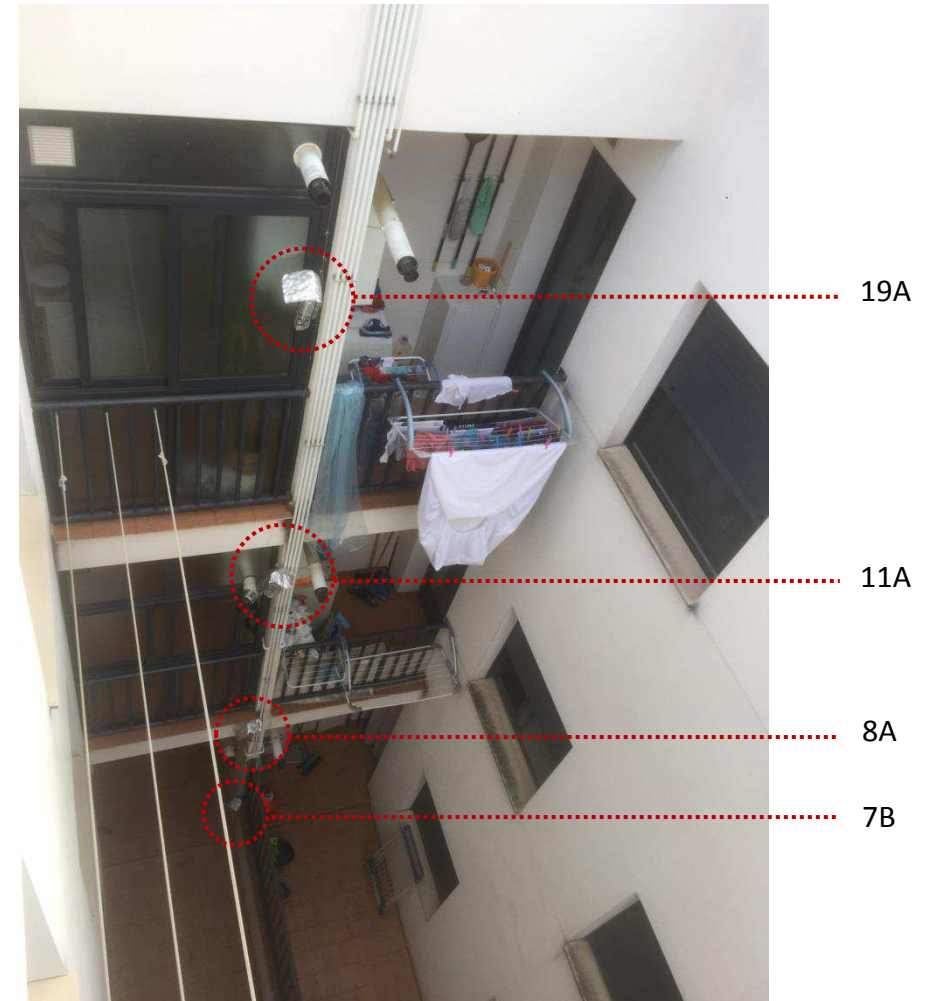


Fig. 50 Columna de sensores colocada en el caso de estudio 1

CASO DE ESTUDIO 2

En el caso de estudio 2 se ha colocado una columna de sensores en la pared sur.

Se dispone de:

-Un Data Logger Testo 174 H y tres Data Logger Testo 174 T.

El Data Logger Testo 174 H, el cual se ha nombrado por 6B se ha situado a 1m del suelo. A continuación se han colocado los tres Data Logger Testo 174 T: el 10A a 4m del suelo, el 12A a 7m del suelo y el 13A a 10m del suelo.

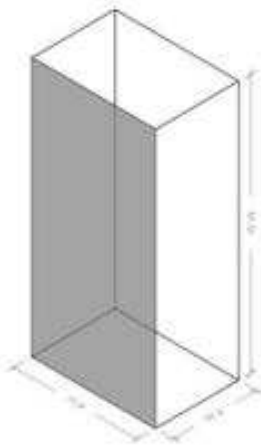


Fig. 51 Geometría del patio señalando la fachada donde se sitúan los sensores en el caso de estudio 2

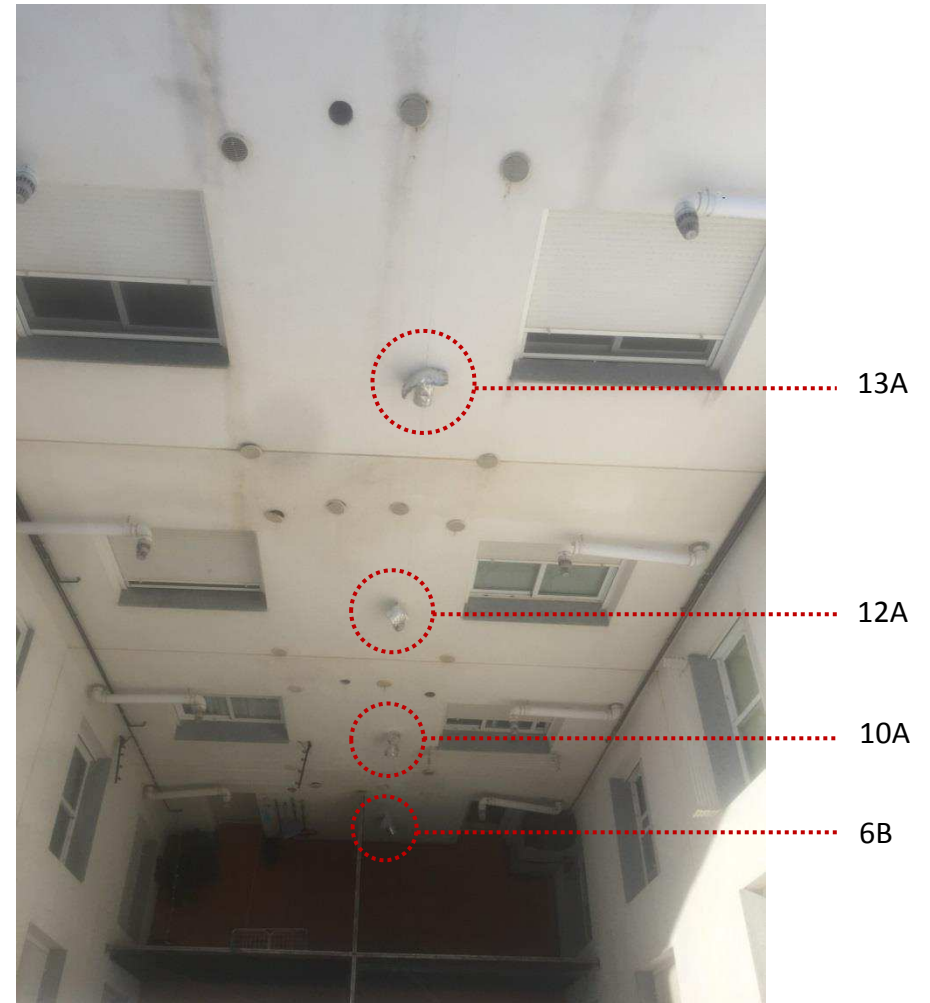


Fig. 52 Columna de sensores colocada en el caso de estudio 2

CASO DE ESTUDIO 3

En el caso de estudio 3 se ha colocado una columna de sensores en la pared sur.

Se dispone de:

-Un Data Logger Testo 174 H y un Data Logger Testo 174 T.

El Data Logger Testo 174 H, el cual se ha nombrado por 3B se ha situado a 1m del suelo. A continuación se ha colocado el Data Logger Testo 174 T: el 17A a 4m del suelo.

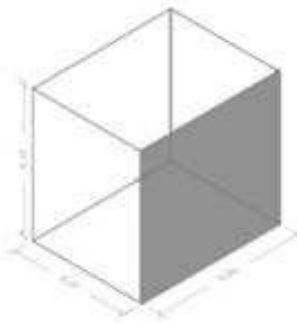


Fig. 53 Geometría del patio señalando la fachada donde se sitúan los sensores en el caso de estudio 3

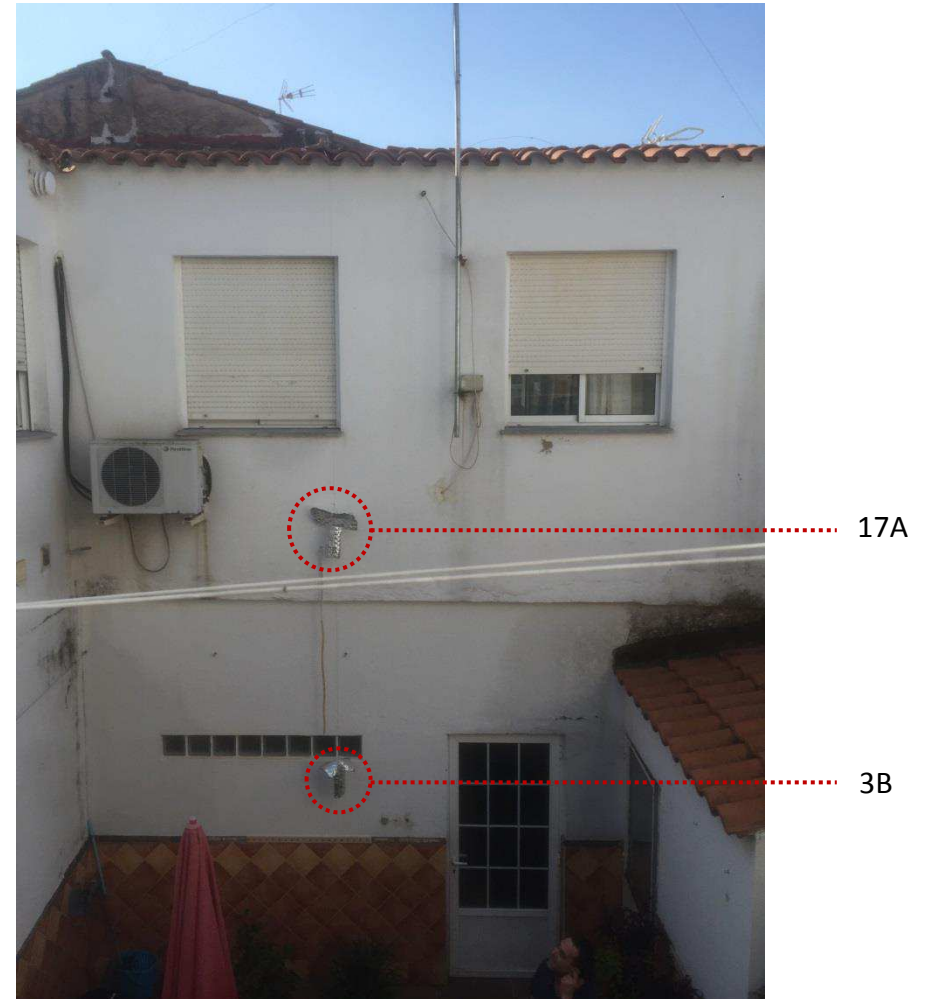


Fig. 54 Columna de sensores colocada en el caso de estudio 3

CASO DE ESTUDIO 4

En el caso de estudio 4 se han colocado dos columnas de sensores: una en la pared sureste y otra en la pared suroeste.

Se dispone de:

- Un Data Logger Testo 174 H y tres Data Logger Testo 174 T.

En la fachada sureste se ha dispuesto a 1m del suelo de un Data Logger Testo 174 H, el cual se ha nombrado por 5B. A continuación se ha colocado el Data Logger Testo 174 T: el 18A a 4m del suelo.

En la fachada suroeste se ha dispuesto a 1m del suelo de un Data Logger Testo 174 T, el cual se ha nombrado por 9A. A continuación se ha colocado el Data Logger Testo 174 T: el 20A a 4m del suelo.

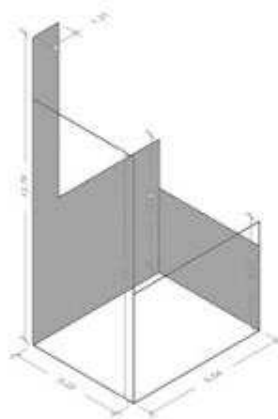


Fig. 55 Geometría del patio señalando la fachada donde se sitúan los sensores en el caso de estudio 4

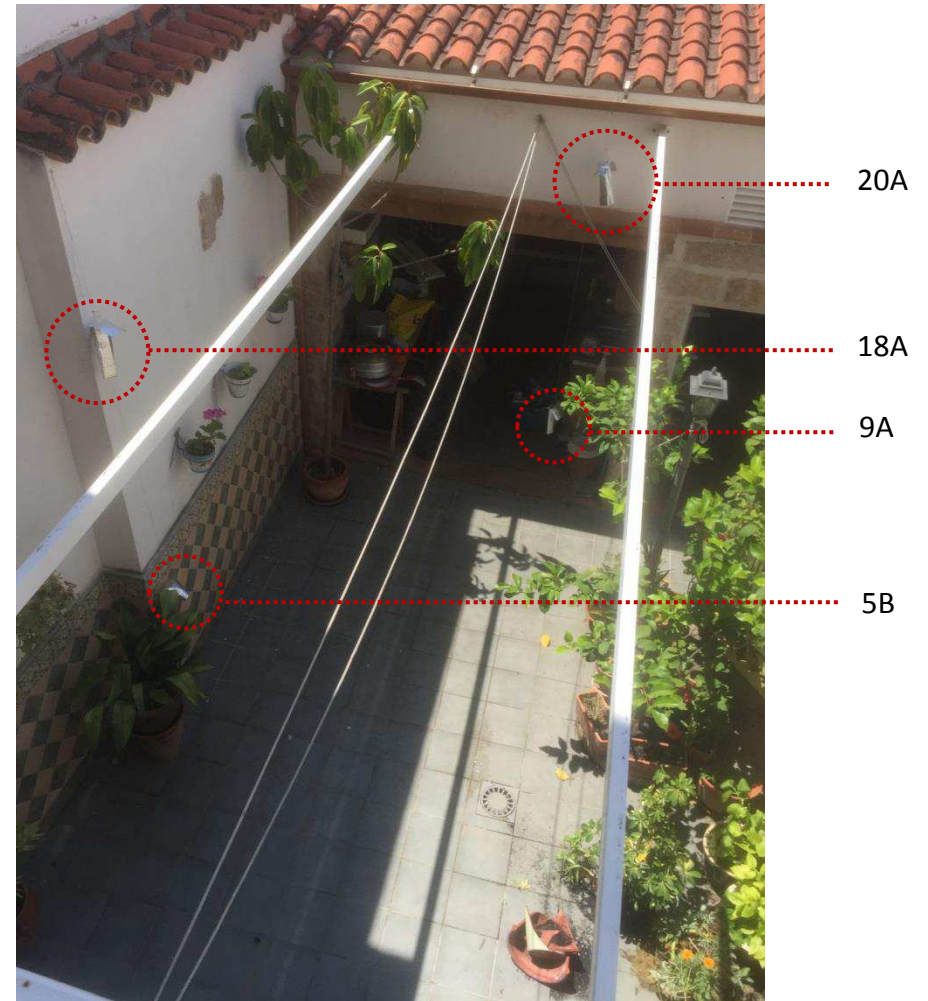


Fig. 56 Columna de sensores colocada en el caso de estudio 4

7.3 DISCUSIÓN Y RESULTADO

7.3.1 CASO DE ESTUDIO 1

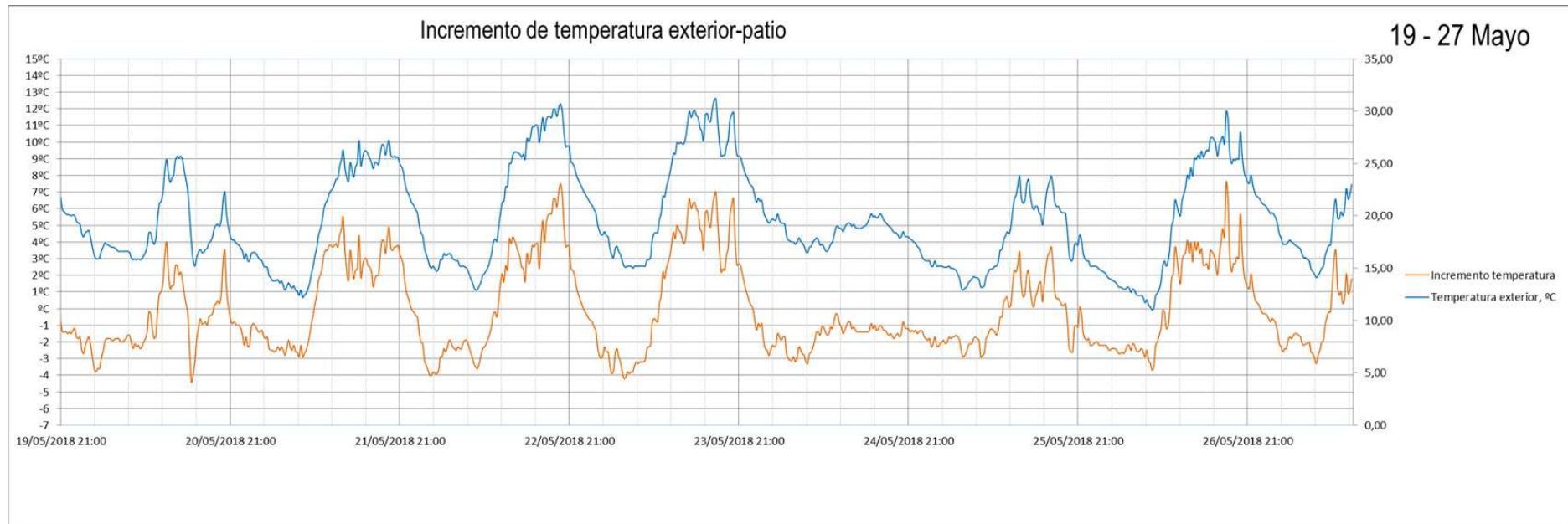


Fig. 57 Gráfica semanal del incremento de temperatura en el caso de estudio 1

El caso de estudio 1 tiene un aspect ratio de 1,47. Después de observar los datos obtenidos por los sensores con sus respectivas tablas y gráficos, se puede deducir que, en función al aspect ratio y a la geometría de este patio, sí funciona como sistema pasivo. Sí que se produce una estratificación en cuanto a los niveles del aire durante el día, produciéndose una reducción máxima de 6°C con referencia a la temperatura exterior. Esta atemperación térmica se produce tanto durante el día como durante la noche, funcionando el patio así para reducir la temperatura durante el día como para impedir que la temperatura baje en exceso durante la noche.

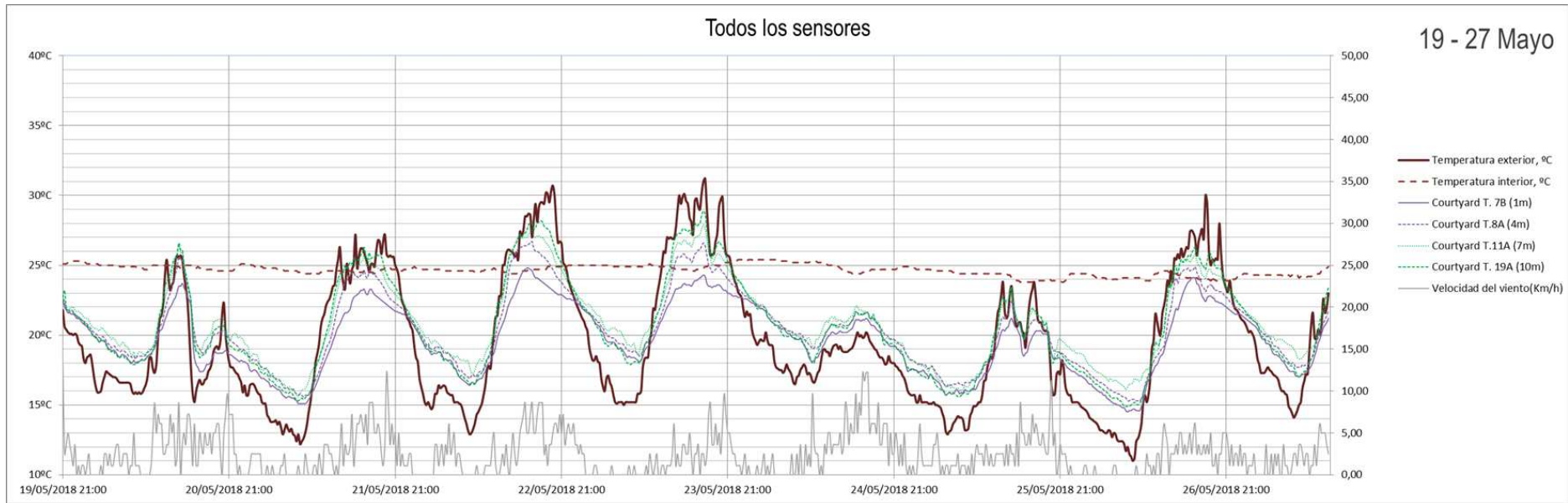


Fig. 58 Gráfica semanal de temperatura en el caso de estudio 1

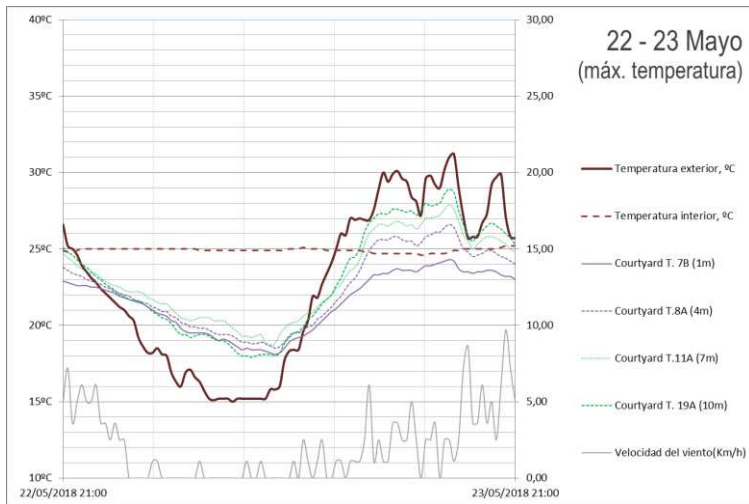


Fig. 59 Día de máxima temperatura en el caso de estudio 1

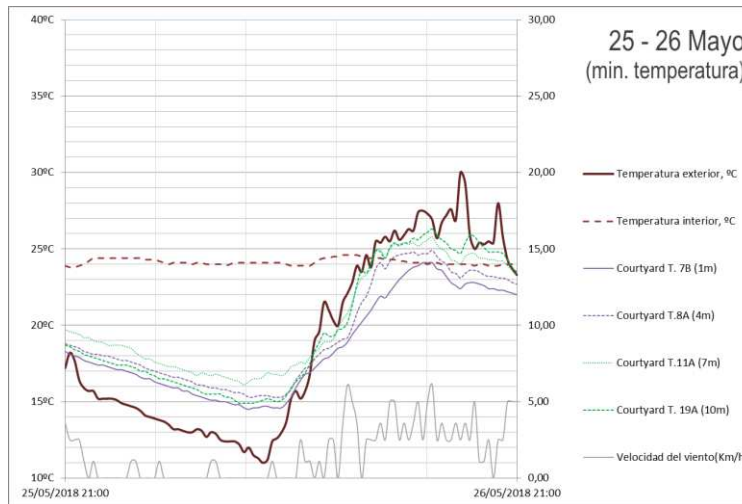


Fig. 60 Día de mínima de temperatura en el caso de estudio 1

		T _e Exterior	T _e Patio	Diferencia
Día	Máxima	31,20	24,20	7,00
	Mínima	11,00	14,70	-3,70
	Media	21,45	20,29	1,16
Noche	Máxima	23,90	22,60	1,30
	Mínima	11,50	14,60	-3,10
	Media	16,67	18,74	-2,08

Fig. 61 Tabla de comparación de datos en el caso de estudio 1

7.3.2 CASO DE ESTUDIO 2

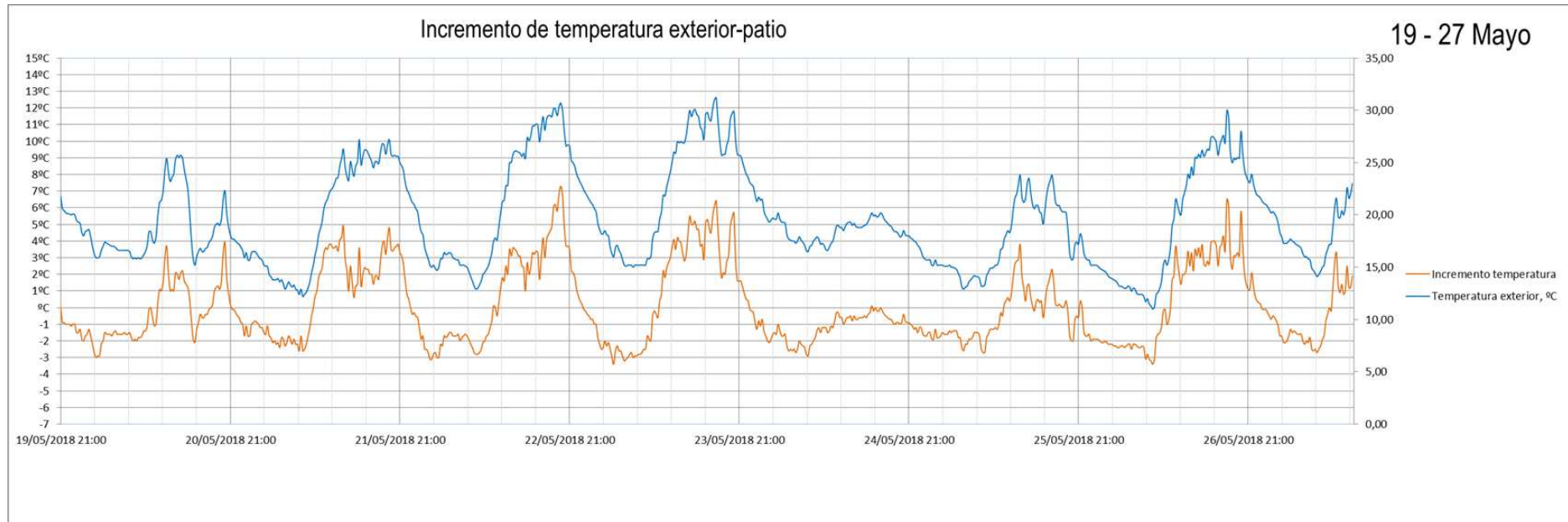


Fig. 62 Gráfica semanal del incremento de temperatura en el caso de estudio 2

El caso de estudio 2 tiene un aspect ratio de 2,49. Después de observar los datos obtenidos por los sensores con sus respectivas tablas y gráficos, se puede deducir que, en función al aspect ratio y a la geometría de este patio, sí funciona como sistema pasivo. Sí que se produce una estratificación en cuanto a los niveles del aire durante el día, produciéndose una reducción máxima de 8°C con referencia a la temperatura exterior. Esta atemperación térmica se produce tanto durante el día como durante la noche, funcionando el patio así para reducir la temperatura durante el día como para impedir que la temperatura baje en exceso durante la noche.

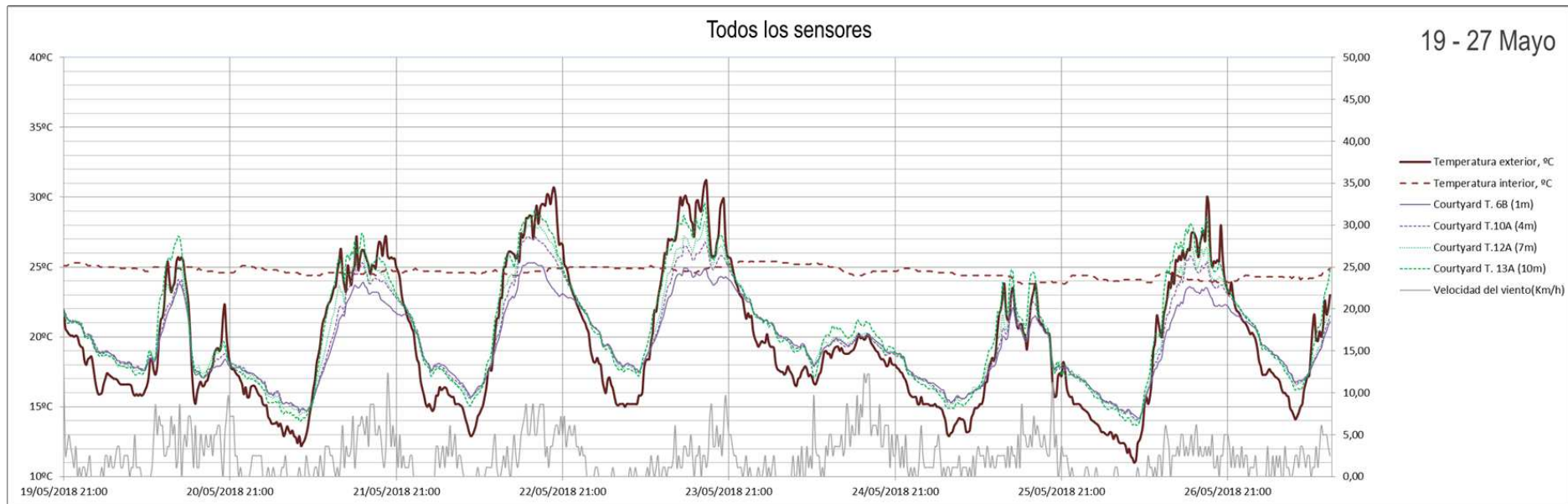


Fig. 63 Gráfica semanal de temperatura en el caso de estudio 2

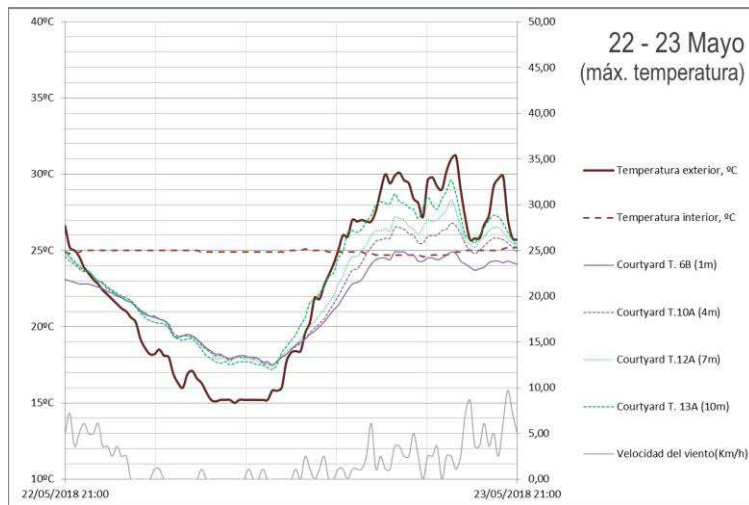


Fig. 64 Día de máxima temperatura en el caso de estudio 2



Fig. 65 Día de mínima temperatura en el caso de estudio 2

		T _e Exterior	T _p Patio	Diferencia
Día	Máxima	31,20	24,80	6,40
	Mínima	11,00	14,40	-3,40
	Media	21,45	20,29	1,15
Noche	Máxima	23,90	22,80	1,10
	Mínima	11,50	14,60	-3,10
	Media	16,67	18,43	-1,77

Fig. 66 Tabla de comparación de datos en el caso de estudio 2

7.3.3 CASO DE ESTUDIO 3

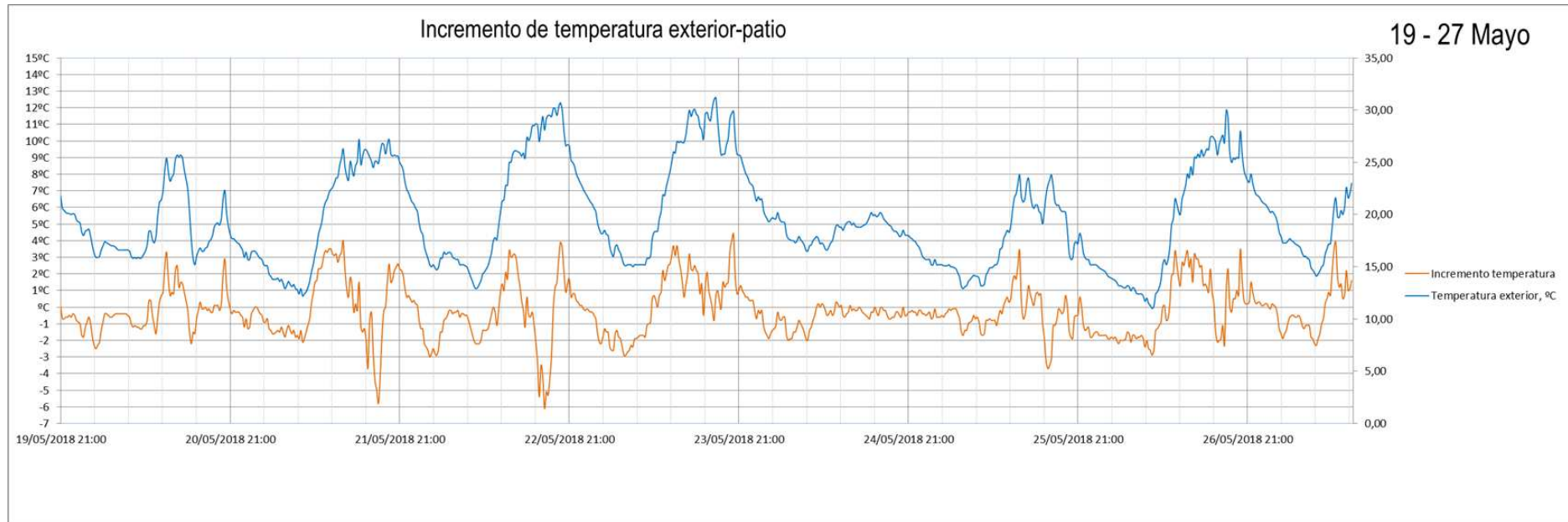


Fig. 67 Gráfica semanal del incremento de temperatura en el caso de estudio 3

El caso de estudio 3 tiene un aspect ratio de 1,07. Después de observar los datos obtenidos por los sensores con sus respectivas tablas y gráficos, se puede deducir que, en función al aspect ratio y a la geometría de este patio, no funciona como sistema pasivo, ya que el efecto atemperador por la noche suele ser medio, cuyo máximo incremento es de 5Cº, mientras que durante el día no llega a reducirse ni un grado, por lo que prácticamente no se reduce la temperatura interior del patio respecto a la temperatura exterior.

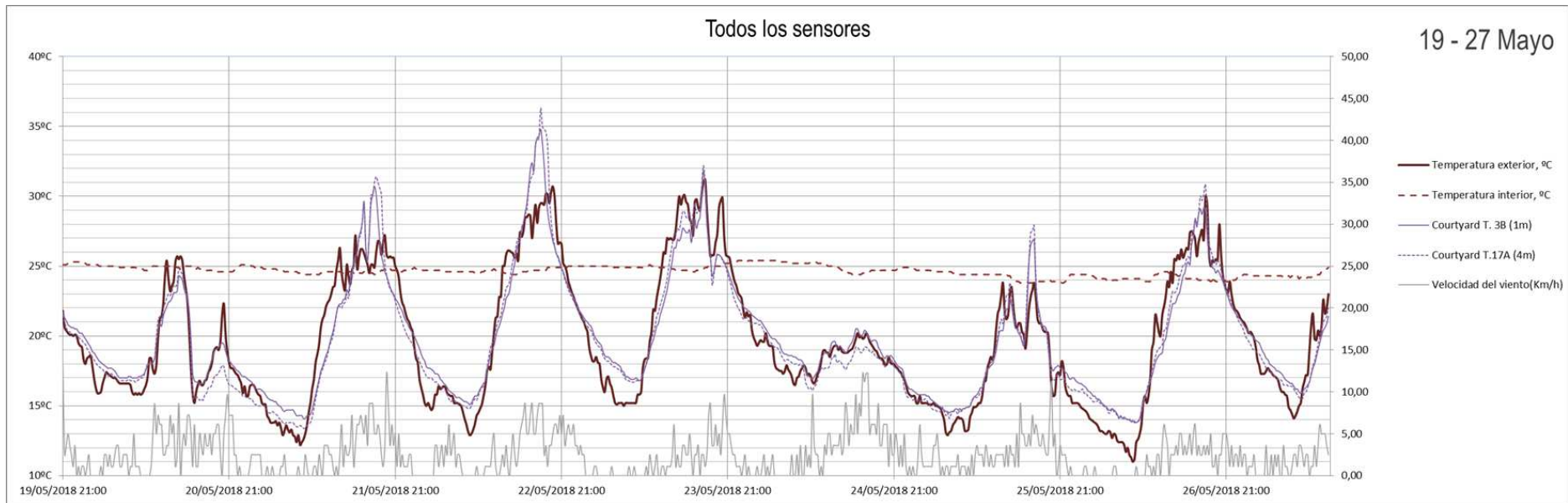


Fig. 68 Gráfica semanal de temperatura en el caso de estudio 3

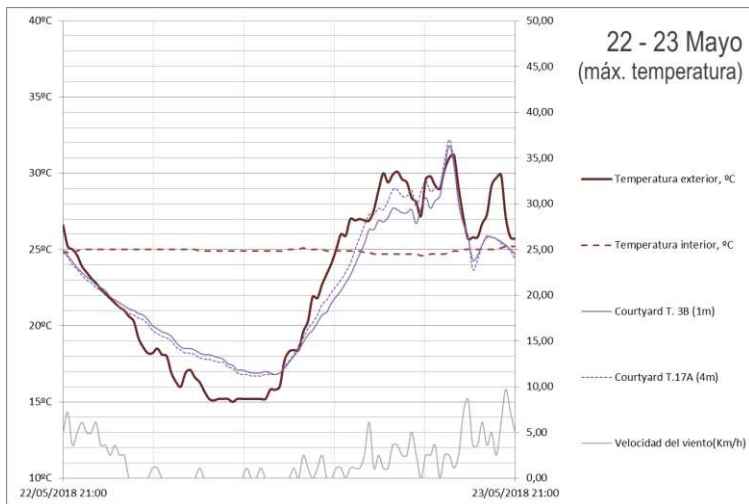


Fig. 69 Día de máxima temperatura en el caso de estudio 3



Fig. 70 Día de mínima de temperatura en el caso de estudio 3

		T ^o Exterior	T ^o Patio	Diferencia
Día	Máxima	31,20	30,50	0,70
	Mínima	11,00	13,90	-2,90
	Media	21,45	21,21	0,24
Noche	Máxima	23,90	23,50	0,40
	Mínima	11,50	14,00	-2,50
	Media	16,67	17,78	-1,11

Fig. 71 Tabla de comparación de datos en el caso de estudio 3

7.3.4 CASO DE ESTUDIO 4

7.3.4.1 SIN ELEMENTO SOMBREADOR

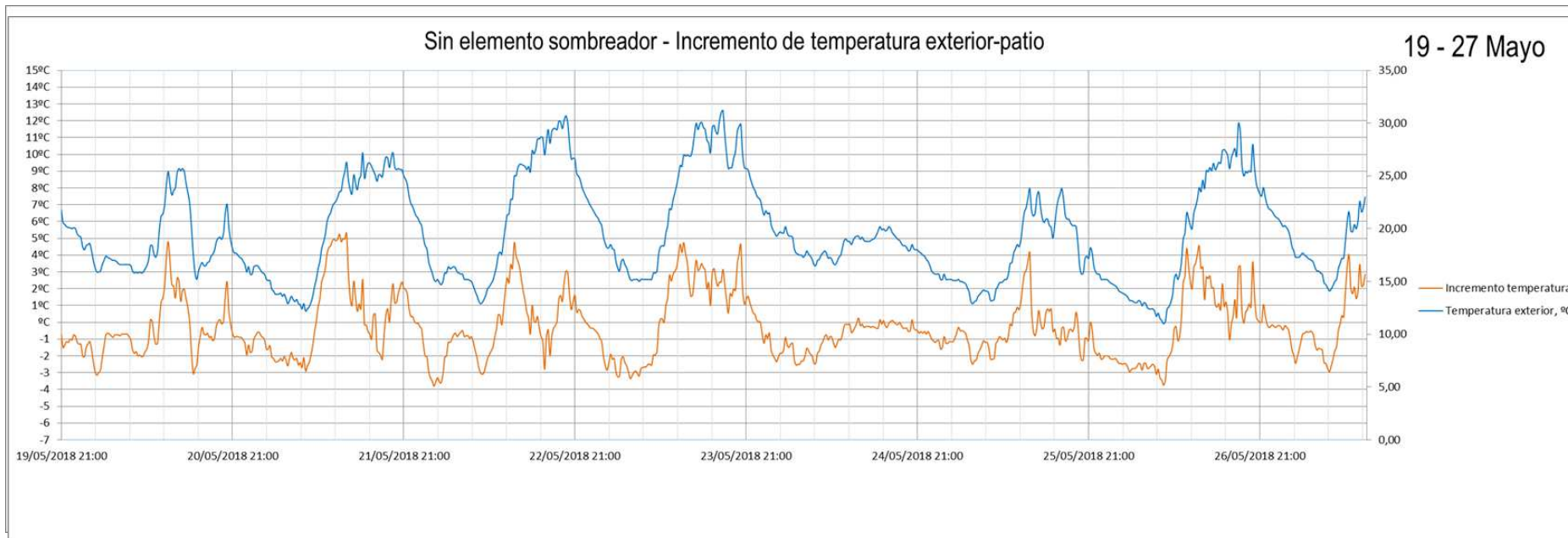


Fig. 72 Gráfica semanal del incremento de temperatura en el caso de estudio 4 sin elemento sombreador

El caso de estudio 4 tiene un aspect ratio de 1,15. Se produce una estratificación de temperatura por alturas cuando no hay elemento sombreador. Al realizar las mediciones sin toldo, se observa que de 22°C a 30°C el patio no es efectivo, es decir, que a una temperatura relativamente suave el tener este patio sin toldo no realiza ningún efecto amortiguador.

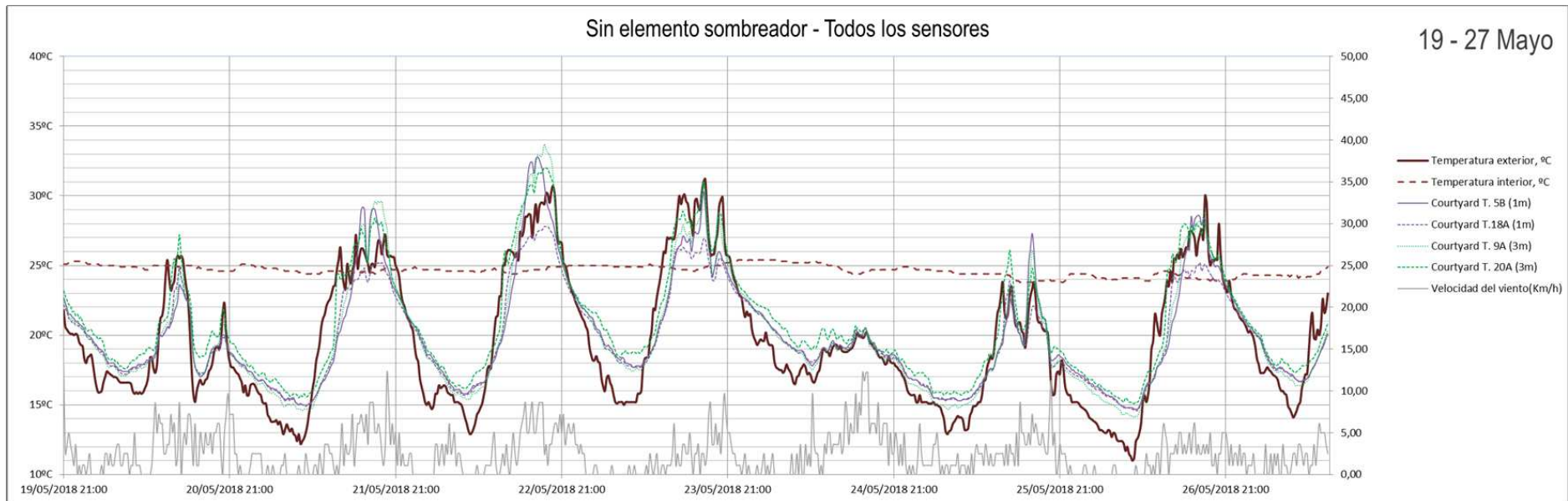


Fig. 73 Gráfica semanal de temperatura en el caso de estudio 4 sin elemento sombreador

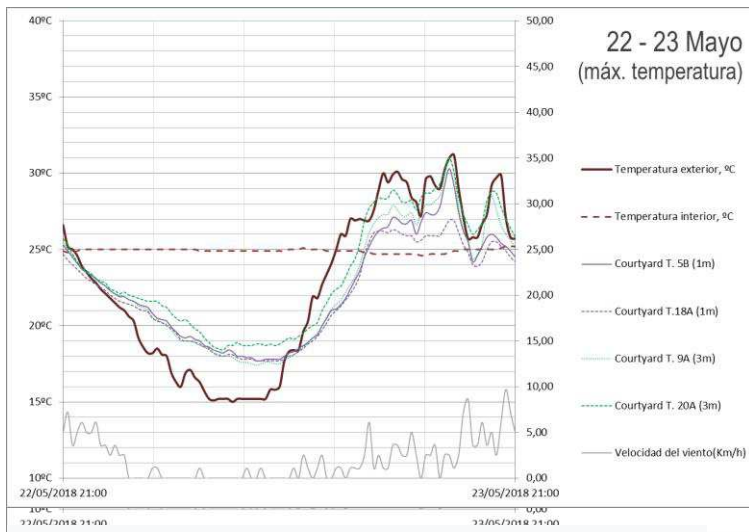


Fig. 74 Día de máxima temperatura en el caso de estudio 4 sin elemento sombreador

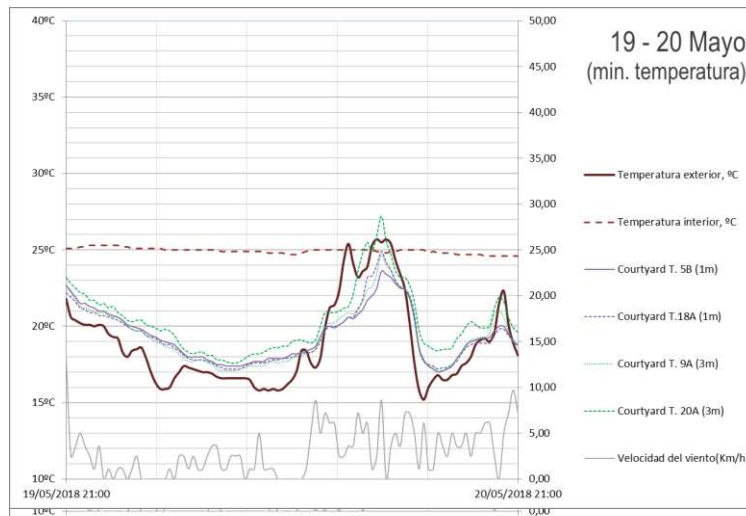


Fig. 75 Día de mínima de temperatura en el caso de estudio 4 sin elemento sombreador

		T _e Exterior	T _e Patio	Diferencia
Día	Máxima	31,20	28,05	3,15
	Mínima	11,00	14,75	-3,75
	Media	21,45	20,91	0,54
Noche	Máxima	23,90	23,55	0,35
	Mínima	11,50	14,80	-3,30
	Media	16,67	18,31	-1,64
	Media	16,67	17,78	-1,11

Fig. 76 Tabla de comparación de datos en el caso de estudio 4 sin elemento sombreador

7.3.4.2 CON ELEMENTO SOMBREADOR

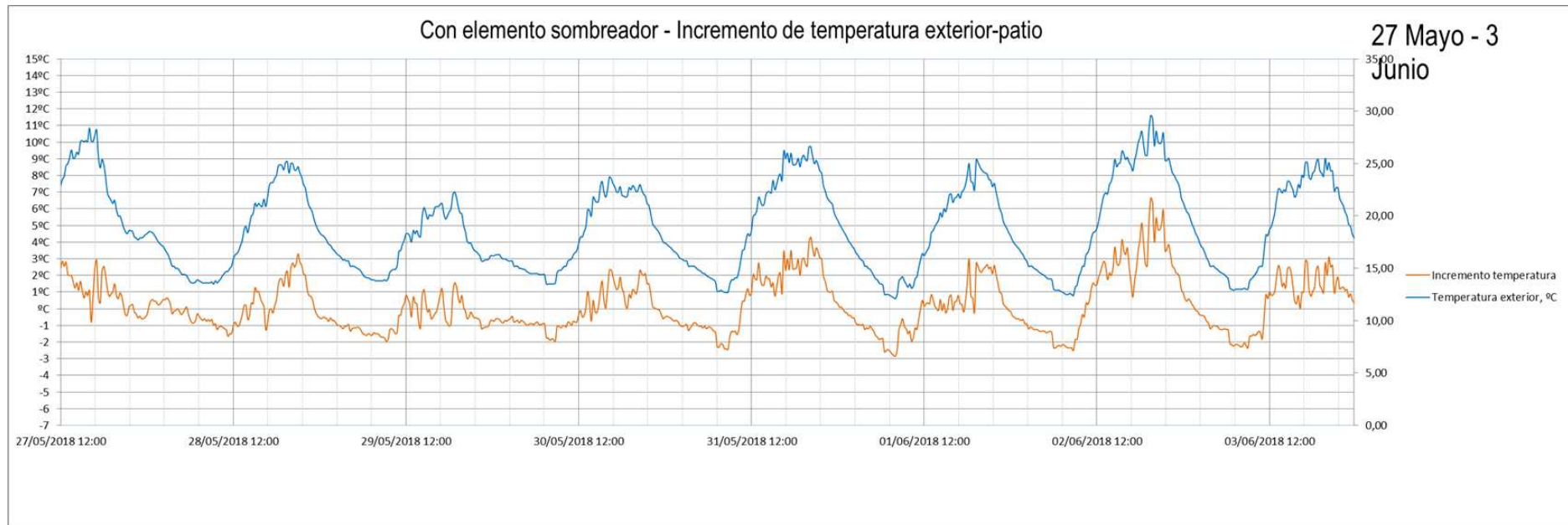


Fig. 77 Gráfica semanal del incremento de temperatura en el caso de estudio 4 con elemento sombreador

El caso de estudio 4 tiene un aspect ratio de 1,15. Se produce una estratificación de temperatura por alturas cuando hay elemento sombreador. Cuando las temperaturas son bajas coinciden tanto en el interior del patio como en el exterior, es decir, que no se pierde temperatura con respecto del exterior, pero cuando las temperatura son altas la temperatura en el interior del patio desciende mostrándose su efecto beneficioso de protección frente al calor.

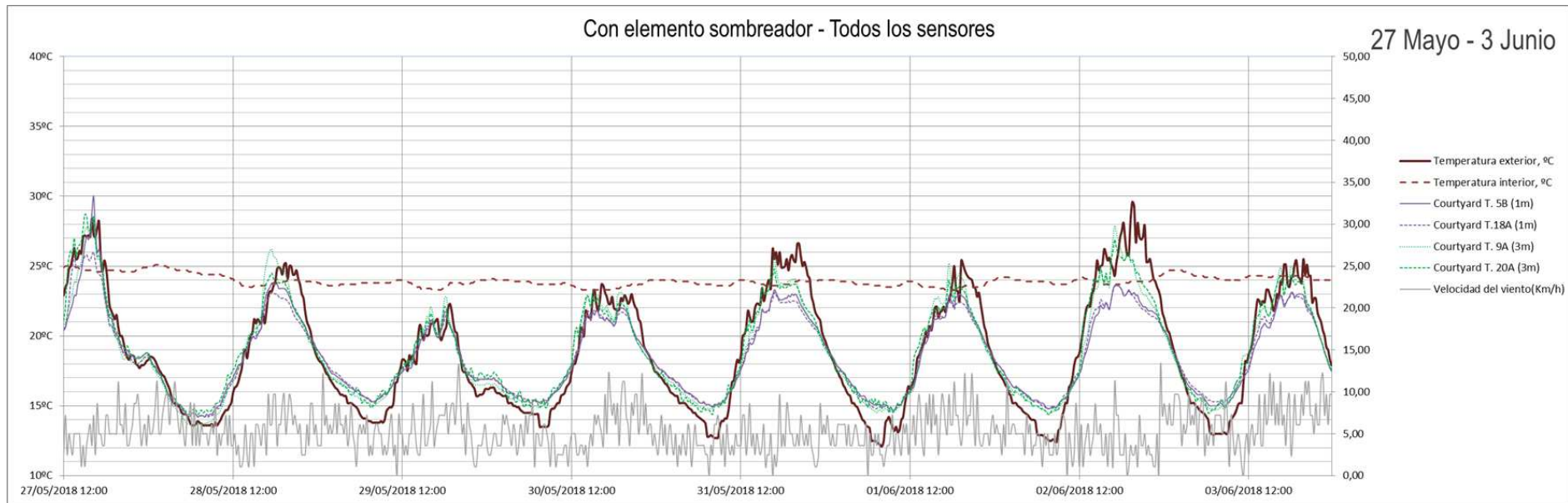


Fig. 78 Gráfica semanal de temperatura en el caso de estudio 4 con elemento sombreador

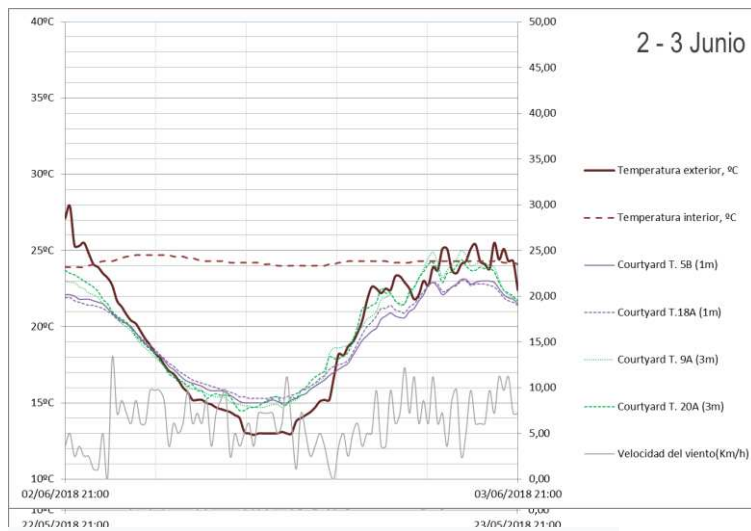


Fig. 79 Día de máxima temperatura en el caso de estudio 4 con elemento sombreador

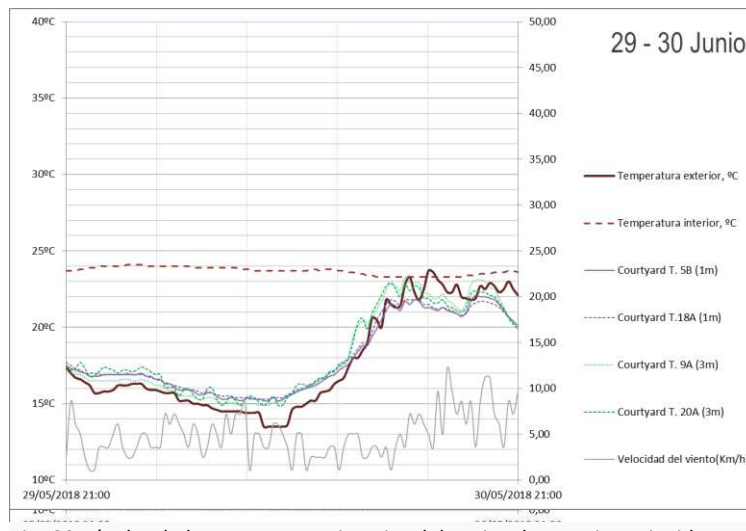


Fig. 80 Día donde la temperatura interior del patio y la exterior coinciden en el caso de estudio 4 con elemento sombreador

		T _{Exterior}	T _{Patio}	Diferencia
Día	Máxima	29,60	22,95	6,65
	Mínima	12,10	14,95	-2,85
	Media	20,12	19,52	0,60
Noche	Máxima	25,50	22,50	3,00
	Mínima	12,50	14,95	-2,45
	Media	16,66	17,14	-0,49
	Media	16,67	17,78	-1,11

Fig. 81 Tabla de comparación en el caso de estudio 4 con elemento sombreador

8. CONCLUSIONES

8.3 CASOS DE ESTUDIO 1, 2 Y 3

La relación aspect ratio en el sistema de patios mejora los sistemas de acondicionamiento pasivos mediante la utilización de estos. A una mejor relación aspect ratio con la geometría del patio, el funcionamiento pasivo del acondicionamiento de las viviendas mejora.

En cuanto a la estratificación, se saca en conclusión que cuanto mayor sea esta, mayor atemperamiento. Por tanto, mejor funcionamiento del patio como sistema de acondicionamiento pasivo.

Cuando la geometría del patio y el aspect ratio de este sean concordantes, la relación del comportamiento del patio con las temperaturas máximas exteriores será más efectiva, pues funcionará mejor como elemento atemperador y estratificador. En climas como el de Mérida, con temperaturas muy altas en verano, la existencia de patios mejora radicalmente el acondicionamiento pasivo de las viviendas, reduciendo la temperatura interior de las mismas sustancialmente.

8.4 CASO DE ESTUDIO 4 SIN Y CON ELEMENTO SOMBREADOR

En este patio, tanto sin elemento sombreador como con él, se produce la estratificación por alturas.

Sin embargo, a la hora de llegar a ser un sistema de acondicionamiento pasivo solo funciona cuando se usa el elemento sombreador. En este caso, cuando las temperaturas con altas en el exterior, estas descenderán en el interior del patio, pero en temperaturas suaves, coincidirán.

Cuando el patio funciona sin elemento sombreador no es efectivo por geometría y aspect ratio.

9. BIBLIOGRAFÍA

Alonso, M., Benítez, V., Guillén, I., Higón, J., López, P., & Pla, F. (2014). Guía de estrategias de diseño pasivo para la edificación. Valencia, España: Instituto Valenciano de la Edificación.

Blaser, W. (1997). Patios. 5000 años de evolución. Barcelona, España: Gustavo Gili.

Capitel, A. (2005). La arquitectura del patio. Barcelona, España: Gustavo Gili.

Conejero, S., Moreno, F., Morillo, B., Prieto, F., Ruiz, M., & Vizcaíno, A. (2013). EDEA : Desarrollo de la Eficiencia Energética en la Arquitectura. Guía metodológica de la sostenibilidad del Proyecto EDEA. CUADERNO 1. Mérida, España: Gobierno de Extremadura.

Conejero, S., Moreno, F., Morillo, B., Prieto, F., Ruiz, M., & Vizcaíno, A. (2013). EDEA : Desarrollo de la Eficiencia Energética en la Arquitectura. Guía metodológica de la sostenibilidad del Proyecto EDEA. CUADERNO 2. Mérida, España: Gobierno de Extremadura.

Conejero, S., Moreno, F., Morillo, B., Prieto, F., Ruiz, M., & Vizcaíno, A. (2013). EDEA : Desarrollo de la Eficiencia Energética en la Arquitectura. Guía metodológica de la sostenibilidad del Proyecto EDEA. CUADERNO 3. Mérida, España: Gobierno de Extremadura.

Conejero, S., Moreno, F., Morillo, B., Prieto, F., Ruiz, M., & Vizcaíno, A. (2013). EDEA : Desarrollo de la Eficiencia Energética en la Arquitectura. Guía metodológica de la sostenibilidad del Proyecto EDEA. CUADERNO 4. Mérida, España: Gobierno de Extremadura.

Neila, F. (2004). Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. Madrid, España: Munilla-Lería.

Olgay, V. (2004). Arquitectura y clima : manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona, España: Gustavo Gili.

Ramírez, N., & Torres, J. (2001). La casa meridional. Sevilla, España: Junta de Andalucía.

Agencia Estatal de Meteorología. (s.f.). Recuperado de <http://www.aemet.es>

Clasificación climática. (s.f.). Recuperado de http://enciclopedia.us.es/index.php/Clasificaci%C3%B3n_clim%C3%A1tica_de_K%C3%B6ppen

Consortio Ciudad Monumental de Mérida. (s.f.). Recuperado de <http://www.consorciomerida.org/>

Rojas, J. (2017). Termodinámica del Patio Mediterráneo. Recuperado de Tesis Doctoral

Rojas, J., Galán, C., Roa, J., & Rivera, C. (2017, 6 diciembre). Correlations between GIS-Based Urban Building Densification Analysis and Climate Guidelines for Mediterranean Courtyards. Recuperado de <http://www.mdpi.com/2071-1050/9/12/2255/htm>

Turismo de Mérida. (s.f.). Recuperado de <http://turismomerida.org>

10. FIGURAS

Fig. 1 “Casa-Patio” en Cambridge de José Luis Sert. Fuente: <https://veredes.es/blog/la-casa-sert-en-cambridge-josep-lluis-sert/>

Fig. 2 Patio de la “Villa Savoye” de Le Corbusier. Fuente: https://fotos.habitissimo.es/foto/patio-y-salon-villa-saboya_1014454

Fig. 3 Sostenibilidad ambiental, económica y social. Fuente: Alonso, M., Benítez, V., Guillén, I., Higón, J., López, P., & Pla, F. (2014). Guía de estrategias de diseño pasivo para la edificación. Valencia, España: Instituto Valenciano de la Edificación.

Fig. 4 Reducción de la temperatura del aire mediante el uso del patio. Fuente: <https://ar.pinterest.com/pin/506936501778864901/?lp=true>

Fig. 5 Casa Patio de Ur (2000 a.C.). Fuente: Tesis Doctoral Termodinámica del Patio Mediterráneo, Juan Manuel Rojas

Fig. 6 Casa del Mitreo. Fuente: <http://www.consorciomerida.org/>

Fig. 7 Casa del Mitreo. Fuente: <http://www.consorciomerida.org/>

Fig. 8 Templo de Diana y Palacio de los Corbos. Fuente: <http://www.consorciomerida.org/>

Fig. 9 Planta del Templo de Diana y Palacio de los Corbos. Fuente: <http://www.consorciomerida.org/>

Fig. 10 Palacio de los Vera Mendoza. Fuente: <http://www.consorciomerida.org/>

Fig. 11 Palacio de los Vera Mendoza. Fuente: <http://www.consorciomerida.org/>

Fig. 12 Patio de la Casa de los Mendoza. Fuente: <http://www.consorciomerida.org/>

Fig. 13 Planta de la Escuela de Administración Pública. Fuente: Google Earth Pro

Fig. 14 Patio de entrada de la Escuela de Administración Pública. Fuente: <http://www.consorciomerida.org/>

Fig. 15 Confederación Hidrográfica del Guadiana. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 16 Patio de la Confederación Hidrográfica del Guadiana. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 17 Mapa mundial de la clasificación climática de Köppen para el periodo 1951-2000. Fuente: <https://es.wikipedia.org/>

Fig. 18 Área Arqueológica de Morería. Fuente: <http://www.consorciomerida.org/>

Fig. 19 Zona 1 donde se encuentra el caso de estudio 1. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 20 Zona 2 donde se encuentra el caso de estudio 2. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 21 Zona 3 donde se encuentran los casos de estudios 3 y 4. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 22 Tabla de tamaños medios. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 23 Gráfico resumen por zonas y tamaños de los patios. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 24 Ubicación de los patios. Fuente: Google Earth Pro

Fig. 25 Ortofoto de Mérida. Fuente: Google Earth Pro

Fig. 26 Caso de estudio 1. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 27 Caso de estudio 1. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 28 Señalización caso de estudio 1. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 29 Medidas del patio del caso de estudio 1. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 30 Caso de estudio 2. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 31 Caso de estudio 2. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 32 Señalización caso de estudio 2. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 33 Medidas del patio del caso de estudio 2. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 34 Caso de estudio 3. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 35 Caso de estudio 3. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 36 Señalización caso de estudio 3. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 37 Medidas del patio del caso de estudio 3. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 38 Caso de estudio 4. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 39 Caso de estudio 4. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 40 Señalización caso de estudio 4. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 41 Medidas del patio del caso de estudio 4. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 42 Modelo Data Logger Testo 174 T. Fuente: Testo (TESTO)

Fig. 43 Modelo Data Logger Testo 174 H. Fuente: Testo (TESTO)

Fig. 44 Funda y tapa protectora de los sensores. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 45 Cajas de los sensores con su nomenclatura. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 46 Estación meteorológica. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 47 Centro de mando de la estación meteorológica. Fuente: <https://www.pce-iberica.es/medidor-detallestecnicos/logger-de-datos/logger-datos-pce-fws20.htm/>

Fig. 48 Tabla de datos de la estación meteorológica y de los sensores. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 49 Geometría del patio señalando la fachada donde se sitúan los sensores en el caso de estudio 1. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 50 Columna de sensores colocada en el caso de estudio 1. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 51 Geometría del patio señalando la fachada donde se sitúan los sensores en el caso de estudio 2. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 52 Columna de sensores colocada en el caso de estudio 2. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 53 Geometría del patio señalando la fachada donde se sitúan los sensores en el caso de estudio 3. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 54 Columna de sensores colocada en el caso de estudio 3. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 55 Geometría del patio señalando la fachada donde se sitúan los sensores en el caso de estudio 4. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 56 Columna de sensores colocada en el caso de estudio 4. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 57 Gráfica semanal del incremento de temperatura en el caso de estudio 1. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 58 Gráfica semanal de temperatura en el caso de estudio 1. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 59 Día de máxima temperatura en el caso de estudio 1. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 60 Día de mínima de temperatura en el caso de estudio 1. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 61 Tabla de comparación de datos en el caso de estudio 1. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 62 Gráfica semanal del incremento de temperatura en el caso de estudio 2. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 63 Gráfica semanal de temperatura en el caso de estudio 2. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 64 Día de máxima temperatura en el caso de estudio 2. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 65 Día de mínima de temperatura en el caso de estudio 2. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 66 Tabla de comparación de datos en el caso de estudio 2. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 67 Gráfica semanal del incremento de temperatura en el caso de estudio 3. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 68 Gráfica semanal de temperatura en el caso de estudio 3. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 69 Día de máxima temperatura en el caso de estudio 3. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 70 Día de mínima de temperatura en el caso de estudio 3. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 71 Tabla de comparación de datos en el caso de estudio 3. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 72 Gráfica semanal del incremento de temperatura en el caso de estudio 4 sin elemento sombreador. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 73 Gráfica semanal de temperatura en el caso de estudio 4 sin elemento sombreador. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 74 Día de máxima temperatura en el caso de estudio 4 sin elemento sombreador. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 75 Día de mínima de temperatura en el caso de estudio 4 sin elemento sombreador. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 76 Tabla de comparación de datos en el caso de estudio 4 sin elemento sombreador. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 77 Gráfica semanal del incremento de temperatura en el caso de estudio 4 con elemento sombreador. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 78 Gráfica semanal de temperatura en el caso de estudio 4 con elemento sombreador. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 79 Día de máxima temperatura en el caso de estudio 4 con elemento sombreador. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 80 Día donde la temperatura interior del patio y la exterior coinciden en el caso de estudio 4 con elemento sombreador. Fuente: Elaborado por la autora

Fig. 81 Tabla de comparación en el caso de estudio 4 con elemento sombreador. Fuente: Elaborado por la autora