

**EL USO DE LA ENERGÍA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES  
INTERIORES EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN HILERA EN CLIMA  
MEDITERRÁNEO**



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE SEVILLA

**TFG**

**GRADO EN FUNDAMENTOS DE ARQUITECTURA**

Autora: Carmen Rodríguez Moya

Tutora: Alicia Alonso Carrillo

17/06/2020

EL USO DE LA ENERGÍA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES INTERIORES EN  
LA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN HILERA EN CLIMA MEDITERRÁNEO

---

Carmen Rodríguez Moya

Grado en Fundamentos de Arquitectura

A mi familia por acompañarme siempre en  
este largo viaje.

A Alicia por su tiempo y confianza  
depositados en mí.

Y al resto de personas que se cruzaron en el  
camino y aportaron su granito de arena para  
que alcanzara mi objetivo.

**Muchas gracias.**

**EL USO DE LA ENERGÍA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES INTERIORES EN  
LA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN HILERA EN CLIMA MEDITERRÁNEO**

---

Carmen Rodríguez Moya

Grado en Fundamentos de Arquitectura

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	Pág. 7
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	Pág. 9
1.1 ANTECEDENTES.....	Pág. 9
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	Pág. 10
<b>2. ESTADO DE LA CUESTIÓN</b> .....	Pág. 14
2.1 MARCO NORMATIVO.....	Pág. 21
2.1.1 Planes nacionales y Estrategias sobre Energía.....	Pág. 21
2.1.2 Normativa de ámbito Europeo.....	Pág. 22
2.1.3 Normativa de ámbito Nacional. España.....	Pág. 23
2.1.4. Normativa de ámbito la Comunidad Autónoma. Andalucía.....	Pág. 24
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	Pág. 25
3.1 OBJETIVOS GENERALES.....	Pág. 25
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	Pág. 25
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	Pág. 26
4.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO.....	Pág. 26
4.2 ENCUESTAS REALIZADAS A USUARIOS.....	Pág. 26
4.3 MONITORIZACIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES.....	Pág. 28
4.4 MODELOS DE SIMULACIÓN ENERGÉTICA.....	Pág. 28
<b>5. CASOS DE ESTUDIO</b> .....	Pág. 29
5.1 JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN.....	Pág. 29
5.1.1 Vivienda Unifamiliar en Hilera en España.....	Pág. 29
5.1.2 Viviendas en España.....	Pág. 29
5.1.3 Asentamientos Urbanos en España.....	Pág. 30

**EL USO DE LA ENERGÍA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES INTERIORES EN  
LA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN HILERA EN CLIMA MEDITERRÁNEO**

---

Carmen Rodríguez Moya

Grado en Fundamentos de Arquitectura

5.1.4 Visados de Dirección de Obra en Andalucía.....	Pág. 32
<b>5.2. DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO.....</b>	<b>Pág. 34</b>
5.2.1 Localización.....	Pág. 34
5.2.1.1 Origen.....	Pág. 35
5.2.1.2 Arquitectura de los pueblos mineros. Cuenca Minera de Riotinto.....	Pág. 38
5.2.2 Condiciones climáticas.....	Pág. 39
5.2.3 Caso de Estudio A.....	Pág. 41
5.2.4 Caso de Estudio B.....	Pág. 43
<b>6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>Pág. 46</b>
<b>6.1. USO DE LA ENERGÍA Y OCUPACIÓN DE LAS VIVIENDAS.....</b>	<b>Pág. 46</b>
6.1.1 Caso de Estudio A.....	Pág. 46
6.1.2 Caso de Estudio B .....	Pág. 48
<b>6.2. EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES.....</b>	<b>Pág. 51</b>
6.2.1 Caso de Estudio A.....	Pág. 52
6.2.1.1 Periodo 1: Previo cuarentena (16 de febrero – 16 de marzo).....	Pág. 52
6.2.1.2 Periodo 2: Durante cuarentena (17 de marzo – 30 de abril).....	Pág. 54
6.2.1.3 Periodo 3: Durante cuarentena (1 de mayo – 29 de mayo).....	Pág. 55
6.2.2 Caso de Estudio B.....	Pág. 57
6.2.2.1 Periodo 1: Previo cuarentena (16 de febrero – 16 de marzo).....	Pág. 57
6.2.2.2 Periodo 2: Durante cuarentena (17 de marzo – 30 de abril).....	Pág. 58
6.2.2.3 Periodo 3: Durante cuarentena (1 de mayo – 29 de mayo).....	Pág. 60
6.2.3 Conclusiones obtenidas tras la recogida de datos.....	Pág. 61

6.3. SIMULACIÓN CASOS DE ESTUDIO.....	Pág. 62
6.3.1 CASO DE ESTUDIO A. Comparación con datos monitorizados.....	Pág. 62
6.3.1.1 Periodo 1: Previo cuarentena (16 de febrero – 16 de marzo).....	Pág. 63
6.3.1.2 Periodo 2: Durante cuarentena (17 de marzo – 30 de abril).....	Pág. 63
6.3.1.3 Periodo 3: Durante cuarentena (1 de mayo – 29 de mayo).....	Pág. 64
6.3.1.4 Conclusiones obtenidas de la simulación. Caso A.....	Pág. 65
6.3.2 CASO DE ESTUDIO B. Comparación con datos monitorizados.....	Pág. 66
6.3.2.1 Periodo 1: Previo cuarentena (16 de febrero – 16 de marzo).....	Pág. 66
6.3.2.2 Periodo 2: Durante cuarentena (17 de marzo – 30 de abril).....	Pág. 67
6.3.2.3 Periodo 3: Durante cuarentena (1 de mayo – 29 de mayo).....	Pág. 68
6.3.2.4 Conclusiones obtenidas de la simulación. Caso B.....	Pág. 69
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>Pág. 70</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>Pág. 72</b>

## RESUMEN

En la actualidad proyectar nuevas viviendas o rehabilitar existentes que tengan consumo de energía casi nulo es una de políticas prioritarias tanto a nivel regional, nacional y europeo. No obstante, el conocimiento sobre cómo usamos la energía en nuestros hogares es muy limitado, y prácticamente todas esas políticas se implementan con procedimientos que utilizan patrones de uso estandarizados.

La pandemia mundial por el Covid-19 y la declaración del Estado de Alarma en España ha supuesto un cambio en el comportamiento de los usuarios y las formas de ocupación y uso de las viviendas. La inclusión del teletrabajo, la realización de estudios a distancia o el cese de la actividad laboral han establecido unos nuevos patrones de uso y ocupación de las viviendas, antes a tiempo parcial. Este nuevo modo de vida genera incertidumbre sobre la adecuación de la edificación residencial para situaciones de ocupación absoluta, que no serán objeto de estudio en este trabajo pero sí asentará las bases sobre las variaciones obtenidas como consecuencia de los cambios mencionados.

El objetivo principal del trabajo es profundizar en el conocimiento sobre el uso de la energía y la evolución de las condiciones ambientales interiores en una de las tipologías más frecuentes en poblaciones pequeñas y medias de Andalucía (clima mediterráneo): la vivienda unifamiliar en hilera.

Para ello, hemos empleado varios métodos: la realización de encuestas a usuarios, la monitorización de variables ambientales interiores (temperatura seca, humedad relativa y nivel de concentración de CO<sub>2</sub>) y la simulación de modelos para la evaluación energética. Como consecuencia de la pandemia mundial del Covid-19 que tuvo lugar durante el desarrollo del trabajo, el análisis realizado se establecerá antes y durante el confinamiento, con el fin de establecer las variaciones en el uso de la vivienda.

Con todo ello, hemos podido establecer diferentes perfiles de uso y ocupación de las viviendas de estudio, observar las diferencias entre los periodos previos a la cuarentena y durante ella, así como la importancia de emplear los ajustes de variables acordes a la realidad en los modelos de simulación energética para obtener resultados veraces a los que aportar las soluciones de mejora más adecuadas en cada caso concreto.

**PALABRAS CLAVE:** consumo de energía, variables ambientales, perfiles de uso, evaluación energética, vivienda unifamiliar en hilera.

**EL USO DE LA ENERGÍA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES INTERIORES EN  
LA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN HILERA EN CLIMA MEDITERRÁNEO**

---

Carmen Rodríguez Moya

Grado en Fundamentos de Arquitectura



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

La preocupación por un desarrollo de la vida en la Tierra más sostenible es una premisa que todos debemos tener presentes diariamente. El cambio climático es una situación real y debemos hacerle frente con todos los medios de los que dispongamos, pero principalmente creando una consciencia transversal para todos los grupos sociales, con una perspectiva hacia situaciones futuras que garanticen la vida en nuestro planeta.

En la Conferencia de la ONU sobre medio ambiente humano de Estocolmo (ONU, 1972) surgió la preocupación por los temas ambientales y se creó el Programa para el medio ambiente (UNEP, siglas en inglés de *United Nations Environment Programme*) con el fin de promover el uso racional y el desarrollo sostenible del medio ambiente a nivel mundial.

No fue hasta que tuvo lugar la Convención Marco de las Naciones Unidas por el Cambio Climático en Nueva York el 9 de mayo de 1992, cuando la preocupación por la eficiencia energética entró a formar parte de los factores que incidían en el medioambiente (García-Márquez Robledillo, González Jiménez, & González Pérez, 2013). El principal objetivo de esta Convención fue la preocupación por los cambios que el planeta estaba sufriendo como consecuencia del impacto antropogénico con respecto al cambio climático, además de erradicar la pobreza.

El Protocolo de Kyoto (ONU, 1998), cuyo objetivo principal es frenar el cambio climático con la reducción del calentamiento global consecuencia de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), formulado en 1997 y puesto en vigor en el año 2005, supuso un acuerdo internacional entre países de todo el mundo con un mismo fin. Las reducciones de estas emisiones debían situarse en torno al 70% para alcanzar niveles que no perjudicaran el clima en la Tierra. No obstante, en el ámbito de la Unión Europea se comprometieron a reducir un 8% las emisiones empleando la eficiencia energética como medio para este fin. No fue hasta la posterior Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro de las Naciones Unidas el 3 de junio de 1992, cuando se enunció por primera vez el concepto de “desarrollo sostenible” como: “principio teórico que pretende satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las del futuro”(García-Márquez Robledillo et al., 2013).

En España, se aprobó en 2003 el Plan Estratégico de Ahorro y Eficiencia Energética 2004-2012 (Empresa, 2003) , en el que se establecían directrices para la eficiencia energética en los ámbitos: edificación, industria y transporte, a nivel nacional. Entre 2005 y 2007 se redactó el Primer Plan de Acción, con el que se consiguió un 42% de ahorro energético en edificación, industria y transporte (García-Márquez Robledillo et al., 2013).

A partir de este momento y con el segundo Plan de Actuación (2008-2012) comenzó una campaña de concienciación para la población sobre el ahorro energético y lo que ello suponía en el impacto ambiental que se estaba desencadenando por la producción energética con respecto al cambio climático. Posteriormente, en una segunda fase de este plan conocido como Plan de Acción de E4 Plus (PAE4+), se buscó fomentar sobre todo la rehabilitación de las envolventes del parque edificatorio existente, así como mejorar la eficiencia energética de las instalaciones (climatización e iluminación); y para la nueva construcción, buscar una máxima eficiencia energética. Este plan pretendía un ahorro energético del 9% para el 2016, de acuerdo con la Directiva Europea 2012/27/UE (Parlamento Europeo, 2012) (García-Márquez

Robledillo et al., 2013). Todo ello se llevó a cabo con la colaboración entre el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) y las Comunidades Autónomas.

En este contexto surgió la actual normativa de la edificación en España, el Código Técnico de la Edificación (M. y A. U. Ministerio de Transportes, 2006), en vigor desde el año 2007, cuya base queda recogida en la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación, con actualizaciones en su Documento Básico de Ahorro de Energía (CTE-DB-HE), con el objetivo de conseguir mejores resultados en el rendimiento energético de la edificación.

Como consecuencia, surgió el Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020 en España (Ministerio de Industria, 2011), que promocionaba el uso de energía renovables y el empleo de tecnologías de transformación más eficientes. Además, entre los años 2013 y 2020 comenzó la segunda fase del Protocolo de Kyoto, con el fin de concienciar a la ciudadanía sobre el cambio climático y la necesidad de mejorar en eficiencia energética.

En 2015 se llevó a cabo el Acuerdo de París (ONU, 2015) con el fin de llevar a cabo lo establecido por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático del año 1992. Entre las medidas propuestas, se concretó el mantenimiento de la temperatura media mundial y la limitación del aumento de la temperatura con respecto a los datos de periodos anteriores al desarrollo industrial, el aumento de la capacidad de adaptación a los efectos del cambio climático, la promoción de la resiliencia al clima y una disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, así como la situación de los flujos financieros a un nivel compatible que conduzcan a un desarrollo resiliente al clima y unas bajas emisiones de gases de efecto invernadero (ONU, 2015).

## 1.2 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La energía se ha convertido en un servicio imprescindible para el desarrollo de la vida en nuestro planeta. Como consecuencia de los avances tecnológicos y el crecimiento demográfico de las últimas décadas, el consumo de energía ha aumentado notablemente y de forma continuada en el tiempo. Este hecho junto con la carencia, en ocasiones, de un comportamiento responsable y sostenible genera un gran impacto en el medio ambiente y contribuye en gran medida al cambio climático, principalmente por la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que se emiten a la atmósfera.

En relación con esto, la Organización de las Naciones Unidas determinó los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (ONU, 2020a) aprobados en 2015 para la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. En ellos se hace alusión de forma directa o indirecta a la problemática que el uso, a veces inconsciente, de la energía supone para la sostenibilidad del planeta. Entre todos los ODS establecidos en el documento, cabe destacar aquellos que establecen una relación más directa con el sector de la edificación:

El ODS 7 (Energía asequible y no contaminante) establece que la energía representa aproximadamente el 60% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI) (ONU, 2020e), por lo que las energías renovables y la mejora de la eficiencia energética en el ámbito de la construcción resultan imprescindibles.

El ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura) tiene en cuenta las emisiones de CO<sub>2</sub> durante los procesos de fabricación (ONU, 2020f). Sobre este aspecto, en la

construcción debemos tener en cuenta el ciclo de vida de los materiales que empleamos en nuestras edificaciones, pues el “coste” ambiental de un producto viene determinado por su ciclo de vida, desde los procesos de extracción de materias primas, hasta la puesta en funcionamiento, pudiendo ser reutilizado o reciclado para otros usos, con objeto de que el proceso sea siempre cíclico. Con esta nueva consciencia sobre los materiales y con el ahorro de energía disminuirémos las emisiones de GEI en la edificación.

El ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) busca reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, prestando atención principalmente a la calidad del aire y la gestión de residuos (ONU, 2020b). En el ámbito de la construcción, la gestión de los residuos con el reciclaje en la propia obra de los mismos y su posterior correcta deposición en vertederos o plantas autorizadas ayudarán a reducir este impacto.

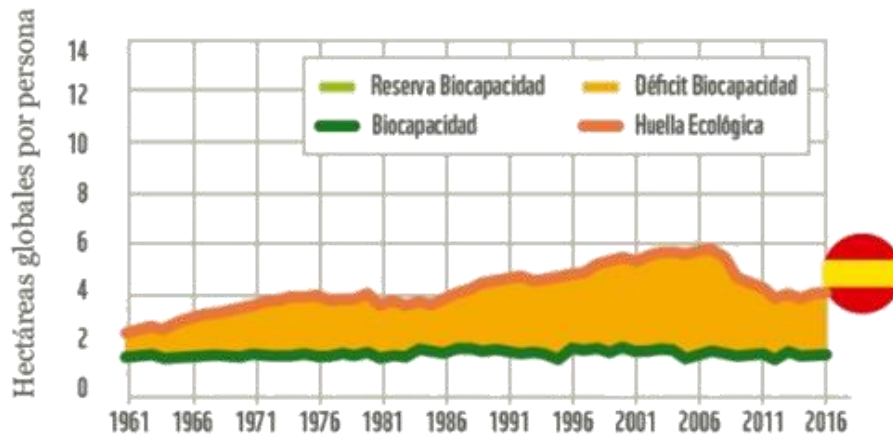
El ODS 12 (Producción y consumo responsables) consiste principalmente en fomentar el uso eficiente de los recursos y la energía, entre otros aspectos (ONU, 2020c). El consumo doméstico de energía es la segunda área de uso de energía que más se ha incrementado. Los hogares consumen el 20% de la energía mundial y como consecuencia contribuyen al 21% de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Tan solo el 17'5% del consumo energético final se obtiene de fuentes de energía renovables (ONU, 2020c), a pesar de que en otras áreas se ha conseguido alcanzar hasta el 75% de producción energética mediante fuentes de energía renovables (caso de Escocia, Reino Unido) (WWF, 2019c).

Y, por último, el ODS 13 (Acción por el clima) enfocado a adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos (ONU, 2020d), pues el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero sobre todo están teniendo un gran impacto en el aumento de la temperatura del planeta.

Por otro lado, resulta importante hacer referencia a la huella ecológica, definida como un indicador de sostenibilidad que evalúa el impacto de las actividades humanas sobre el medio ambiente (WWF, 2019b), y que proporciona información suficiente sobre la repercusión que las actividades antropogénicas están teniendo en el planeta, indicando la superficie necesaria para producir los recursos y absorber los impactos de dicha actividad. Según estudios de la World Wildlife Found (WWF), para satisfacer las necesidades de la humanidad en la actualidad se están consumiendo los recursos equivalentes a 1'6 planetas como la Tierra (promedio mundial), por encima de nuestras posibilidades, con previsiones de alcanzar los 2'5 planetas en 2050 (WWF, 2019b). Uno de los grandes factores que influyen en esta medida es el consumo de energía.

El 28 de mayo de 2019 España ya había consumido todos los recursos naturales capaces de generar en un año, 15 días antes que en 2018 (WWF, 2019a). La globalización ha permitido que consumamos recursos de todo el mundo, provocando grandes impactos en el medio ambiente que pueden derivar en desastres naturales (desforestación, pérdida de biodiversidad, contaminación del aire, etc.). A este ritmo necesitaríamos aproximadamente 2'3 planetas para satisfacer nuestra demanda de recursos, pero debemos tener en cuenta que esto no es posible y que debemos tomar consciencia de las posibilidades de mejora que están a nuestro alcance para reducir estos valores, de forma que la vida en el planeta sea sostenible.

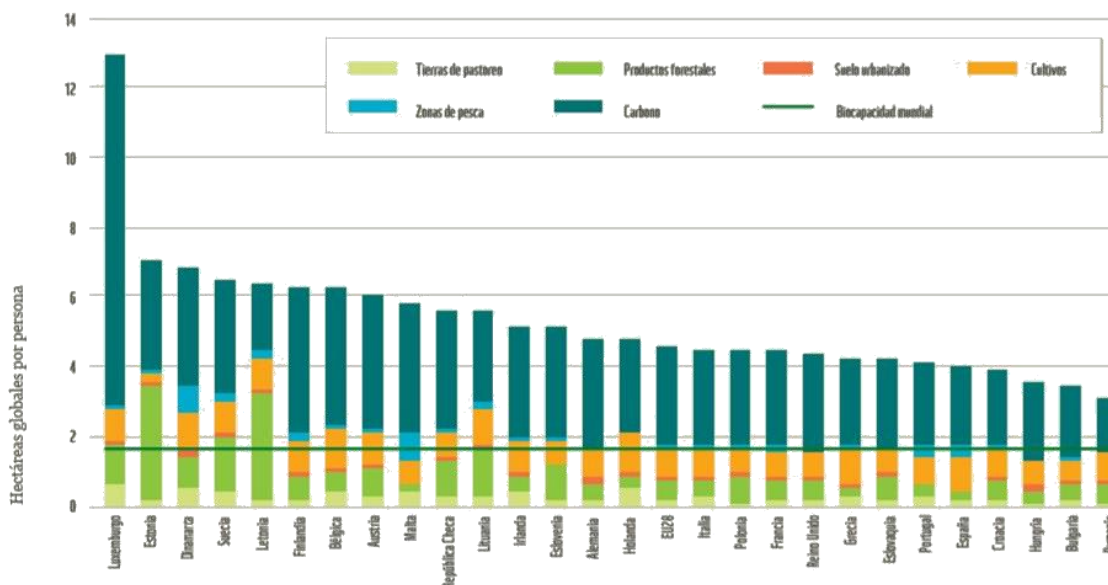
## ESPAÑA



**Figura 1.** Huella ecológica y biocapacidad de España 1961-2016. World Wildlife Found (WWF).

La biocapacidad, definida como la capacidad que tienen los ecosistemas para renovarse por sí mismos (WWF, 2019c), es otro de los conceptos que deben ser mencionados en esta reflexión sobre el consumo sostenible de recursos naturales en el planeta. La Unión Europea representa sólo el 7% de la población mundial, pero a pesar de ello emplea el 20% de la biocapacidad global (WWF, 2019c). La *Figura 1*, muestra la situación respecto a la huella ecológica y la biocapacidad de España, denotando que en este caso la población consume una cantidad de recursos del planeta que en gran medida se encuentran más allá de las fronteras nacionales.

## HUELLA ECOLÓGICA PER CÁPITA POR PAÍS (2016)



**Figura 2.** Huella ecológica y biocapacidad per cápita por país UE (2016). World Wildlife Found (WWF)

Según la clasificación de los distintos tipos de huella ecológica (de las tierras de pastores, de los productos forestales, de las zonas de pesca, de las áreas de cultivo, de la superficie urbanizada y de carbono), la huella ecológica de carbono mide las emisiones del carbono por la quema de combustibles fósiles y la producción de cemento. El dióxido de carbono supone el mayor impacto en las huellas ecológicas de todos los países de la Unión Europea, con un 60% del total (WWF, 2019c). Esto queda reflejado en el *Figura 2*.

Sobre la huella ecológica de carbono también influye la producción de energía, estableciendo una relación directa con la contaminación atmosférica. En el ámbito de la edificación, el 40% de la producción energética total de es empleada para uso doméstico, con altas emisiones de CO<sub>2</sub> principalmente, de un 36% aproximadamente. En el caso de España, el 25% de la demanda de energía eléctrica es para viviendas (Pombo, Neila, & Rivela, 2014).

Como consecuencia de la crisis económica de España que se inició en 2008, el sector de la construcción ha reducido su velocidad productiva. Además, se ha producido una reducción en el crecimiento de la población en los últimos años según los datos del censo del Instituto Nacional de Estadística (INE, 2013a). Estos factores socio-económicos junto con las preocupaciones ambientales de la actualidad, así como por la existencia de un porcentaje próximo al 15% de viviendas vacías en España (INE, 2013b), ponen en duda la promoción de construcciones de nueva planta, dando paso a la rehabilitación del parque edificado como una de las salidas para el ámbito de la construcción. Esta rehabilitación debe tener en cuenta dos enfoques basados tanto en sus características constructivas (estructura, reparación de daños, incorporación o actualización de las instalaciones), como en sus propiedades térmicas (calidad de la envolvente, principalmente), con objeto de alcanzar una mayor eficiencia energética y su contribución a una mejora de la situación en el mundo respecto a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, consecuencia de la producción de energía para consumo doméstico.

Por todos estos factores, en este estudio nos centraremos en el análisis del uso de la energía en la vivienda en clima mediterráneo. Para ello, estableceremos las condiciones higrotérmicas del aire interior (mediante la monitorización de datos), las características de la edificación (sistemas constructivos, calidades de la envolvente) y de los usuarios (ocupación, uso, tamaño del hogar, etc.) para finalmente realizar unas propuestas de mejoras en las viviendas adecuadas a cada caso. Para la realización del estudio se ha seleccionado la tipología de vivienda unifamiliar en hilera localizada en el Sur de España, sin embargo, la metodología aplicada y el análisis desarrollado será aplicable a otras muestras, adecuando los datos de entrada. La finalidad del trabajo es determinar cómo reducir el consumo de energía en las viviendas para contribuir al ahorro económico de los hogares, al incremento del confort térmico y sobre todo, a mejorar las condiciones del medio ambiente y contribuir a la reducción del cambio climático en el mundo.

## 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

En relación con las líneas temáticas que se establecen en este estudio, podemos encontrar diversas investigaciones que ponen de manifiesto las cuestiones a tener en cuenta en el consumo energético de las viviendas, la relación con el comportamiento de los ocupantes y las características del hogar (número de habitantes, edad, etc.). En estudios sobre viviendas sociales, el consumo de energía esperado según cálculos y el real no coinciden, pues los datos calculados parten de estándares que no se adecuan al uso energético real de la vivienda en cada caso. Esta diferencia entre consumos ha sido extensamente estudiada en diferentes investigaciones y se atribuye este fenómeno al comportamiento del usuario y minoritariamente a una pobre identificación de las características del edificio. Algunos de los estudios más destacados, realizados por diversos investigadores, se muestran a continuación.

En relación a los métodos para la recolección de datos hay que mencionar el trabajo de (Guerra-Santín & Tweed, 2015), en el que muestra una visión general y una clasificación de dichas técnicas, con la monitorización del consumo energético, el confort térmico de los ocupantes y el funcionamiento de los edificios en uso. Se determina que para reducir el consumo energético y las emisiones de carbono es necesario evaluar el rendimiento de la envolvente térmica del edificio, y la evaluación del rendimiento en periodo de funcionamiento de los sistemas y del edificio. Este enfoque tiene como fin integrar la supervisión del rendimiento del edificio a las prácticas estándares aplicadas.

Para reducir el impacto de la actividad humana en el medio ambiente, las tecnologías han evolucionado en vías de reducir el consumo del carbono. No obstante, la aplicación de estas medidas afecta en menor medida a las edificaciones existentes, por las incertidumbres de los periodos de amortización de estas inversiones y por las limitaciones que impone el propio edificio. Además, los fallos en la envolvente y en los sistemas afectan al consumo energético, siendo los primeros más incidentes en el rendimiento energético.

Por otro lado, el comportamiento de los ocupantes también influye notablemente en el rendimiento energético y se ha convertido en un fenómeno difícil de identificar y corregir por la gran variedad de perfiles, las preferencias de confort y la interacción usuario-tecnologías. Las influencias que pueden establecer son identificadas de la siguiente forma: comportamiento en hogares (horas de ocupación y funcionamiento), el efecto rebote (los usuarios consumen más energía que antes de las intervenciones para el ahorro energético), la interacción usuario-edificio (falta de conocimiento sobre el funcionamiento de los sistemas del edificio) y el efecto pre-rebote (los ahorros de consumo son más bajos de los esperados por suposiciones incorrectas aplicadas al funcionamiento del edificio y la ocupación).

La clasificación obtenida de los métodos de recolección de datos que se expone en este documento es la siguiente: según el tipo de datos que reúnen pueden ser objetivos (parámetros físicos: temperatura, humedad, CO<sub>2</sub>, consumo energético, etc.) y subjetivos (datos sobre el confort térmico y encuestas a los ocupantes sobre su experiencia en el interior); y según el tipo de métodos en los que los datos obtenidos pueden ser empleados, se distinguen cualitativos y cuantitativos. También establecen una relación de estos métodos con la naturaleza de la investigación (indicativa, diagnóstico e investigativa), la profundidad del análisis (básico, medio, avanzado y a medida).

Con la clasificación establecida en esta publicación, se obtiene una visión general sobre los métodos que se podrían llevar a cabo y cuáles son los más adecuados para la monitorización



del rendimiento del edificio de acuerdo con los objetivos de la evaluación y su área de investigación. A partir del desarrollo de este análisis se busca influir en la práctica estándar sobre el método de monitorización del rendimiento del edificio más efectivo para cada caso.

En relación a trabajos que desarrollan un análisis del consumo y rendimiento energético mediante el uso de programas informáticos cabe señalar la investigación de Cuerda et al. (2020), cuyo principal objetivo busca reducir la brecha entre el rendimiento energético real y el calculado por programas de simulación energética, el cual se ha demostrado que, en ocasiones, es diferente a los datos reales monitorizados en viviendas de iguales características. Esta brecha podría ser resultado de modelos de simulación incoherentes con la realidad (Cuerda, Guerra-Santin, Sendra, & Neila, 2020).

Estos programas son usados normalmente para predecir el confort térmico y el rendimiento energético, incluyendo las condiciones de la construcción, los patrones de ocupación, los sistemas de ventilación y climatización y las condiciones del clima del entorno. No obstante, a pesar de la importancia que poseen los datos para una correcta correspondencia con la realidad, en la introducción de datos se realizan numerosas suposiciones y existen diversos factores que no son definidos para cada caso individualizado, sino que resulta necesario generalizar e introducir un valor medio, lo que da lugar a consumos energéticos no acordes a la realidad. Por ejemplo, uno de los parámetros estimados son las horas de ocupación o el número de personas que habitan en la vivienda, para lo cual se emplea el hogar medio de cuatro miembros que trabajan o estudian durante las horas centrales del día.

Para poder solventar esta diferencia, en muchos casos se emplea la monitorización de datos para ajustar los modelos a la realidad. En edificaciones existentes, a través de la monitorización se pueden establecer los consumos energéticos y patrones de ocupación reales.

Por otro lado, la envolvente de la edificación, la climatología y el comportamiento de los ocupantes son principales factores de influencia sobre el rendimiento energético. La caracterización de la envolvente mediante ensayos y pruebas en la misma, junto con los datos monitorizados del clima en su ubicación exacta, pueden reducir algunas de las suposiciones empleadas en los modelos de simulación (calidad de la envolvente y características climáticas generales dadas por la zona climática). A través de la envolvente, pueden darse rangos de diferencias en las pérdidas de calor de entre el 20% y el 300% más alto del calculado, siendo entre el 10% y el 15% valores de diferencia razonables entre lo previsto y lo calculado.

En consecuencia, este trabajo trata de establecer una metodología enfocada a reducir la diferencia con respecto a la predicción aportada por los modelos de simulación ajustados a los datos reales y los estándares del consumo energético. Dicha metodología se basa en la recopilación de la mayor cantidad de datos posibles en referencia a la vivienda y sus ocupantes. Todo ello, con una visión hacia futuros planes de rehabilitación del parque edificado y para la proyección de nueva edificación. De esta forma, se estima de forma fiable el ahorro energético real y los periodos de amortización de la inversión realizada, con más precisión. Se puede concluir que la monitorización de las viviendas permite establecer modelos que reducen la brecha entre el rendimiento energético real y el estimado; y a partir de los modelos de simulación basados en estos datos recogidos, se deben tomar las decisiones adecuadas para el reacondicionamiento óptimo de las viviendas en cada caso

Otra de las investigaciones desarrolladas en relación al consumo energético en viviendas sociales es el trabajo de Domínguez-Amarillo et al. (2020). Esta investigación se centra en edificios de viviendas sociales del Sur de España, analizando unas 700 viviendas sociales habitadas de la ciudad de Málaga (España), con el fin de marcar directrices para el desarrollo de políticas de mejoras en la eficiencia energética y el reacondicionamiento de las viviendas existentes, basándose en el conocimiento en profundidad del funcionamiento y las necesidades del usuario.

A pesar de estar llevándose a cabo intervenciones que incrementan la eficiencia energética en la nueva construcción gracias a las actuales regulaciones y avances tecnológicos, resulta necesario promover estrategias orientadas a la edificación existente, con el fin de alcanzar los rangos de alta eficiencia energética, establecidos por los objetivos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, uno de los principales problemas del cambio climático en Europa.

Normalmente las actuaciones de reacondicionamiento de la envolvente junto con las actualizaciones de los sistemas de climatización y ventilación, han sido las estrategias seguidas para conseguir este objetivo, a pesar de haberse identificado el comportamiento del ocupante como un factor de gran impacto en el consumo energético de la edificación residencial. Por tanto, el objetivo principal de esta investigación es contribuir a la identificación de los hábitos y prácticas reales de los usuarios estableciendo perfiles de uso más detallados y patrones energéticos de la vivienda social para entender de mejor forma las características y tendencias del consumo energético. Este conocimiento más real, debe ser tenido también en cuenta puesto que el coste de las intervenciones en la edificación se basa en un ahorro energético previsto, que de no ser acertado no tendría los resultados esperados.

De esta forma, la metodología debe estar basada en: la monitorización de parámetros físicos, la evaluación de las prácticas energéticas de los usuarios, la derivación de los patrones reales de consumo y la percepción del rendimiento de los usuarios en sus hogares. Además, podrían ser incluidas las influencias socio-económicas y las singularidades del emplazamiento para proporcionar la evaluación general del rendimiento energético de la vivienda. Esto conllevará a una mejor representación del rendimiento real de las viviendas.

De este estudio, se obtuvo que la principal fuente de energía para este grupo de viviendas es la electricidad, complementándose con gas butano para el agua caliente sanitaria. La contribución energética de fuentes de energía renovables mediante captación solar térmica y fotovoltaica era inexistente. El nivel de ingresos de los encuestados era el principal factor que afectaba al consumo energético real. Con respecto a la ventilación, se vincula íntegramente a los niveles de ingresos, discrepando en su totalidad con las prácticas asumidas en los modelos de simulación estandarizados.

Otro trabajo desarrollado por Domínguez-Amarillo et al. (2019) estudia las bajas calidades en el rendimiento energético y el control ineficiente del consumo energético de viviendas sociales colectivas construidas en Sevilla entre los años 40 y 70, desarrollando un análisis de las capacidades térmicas para escenarios futuros por el cambio climático.

En Sevilla, el 48% de las viviendas plurifamiliares se construyeron entre 1939 y 1979. De este número, el 60% se califica como "vivienda social", representando a más del 30% del total de viviendas en Sevilla, que se encuentra en riesgo de bajo rendimiento energético. Por lo general, los hogares que habitan estas viviendas tienen ingresos bajos o medios, afectando a



los recursos para controlar la calidad del ambiente interior. Estos colectivos requieren soluciones para mejorar el confort interior y reducir la demanda energética. Para ello, la adecuación de la envolvente es de vital urgencia. Además, en este tipo de viviendas normalmente la climatización interior depende del nivel de ingresos del hogar. Las principales innovaciones de este estudio, son la inclusión de variaciones climáticas y el efecto de los factores consecuencia del cambio climático, afectando al balance energético.

Tanto el reacondicionamiento de las edificaciones existentes para la reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), como la mejora del ahorro energético son aspectos evaluados en condiciones de clima actual y suponen un aporte importante de información para la planificación de construcciones en condiciones climáticas futuras. Se prevé que el cambio climático suponga a su vez un cambio en el rendimiento de la edificación, por el incremento de necesidades de enfriamiento de las viviendas, sobre todo en aquellas cuyas calidades constructivas de la envolvente son menores.

No obstante, para situaciones futuras, es necesaria una transición hacia un modelo de rendimiento energético en el que la edificación dependa en menor medida de la resistencia térmica de la envolvente y más del tipo de edificación y la administración de la radiación solar. El aumento de periodos de las estaciones cálidas incrementará la contribución de captación de radiación solar, provocando una brecha de rendimiento energético entre las edificaciones con orientaciones óptimas y aquellas que no. Por otro lado, también la orientación del solar y las condiciones de contorno jugarán un papel en el incremento de la demanda energética, condicionando el aumento o reducción de las demandas de calefacción o refrigeración.

Cabe destacar la investigación realizada por (Escandón, Suárez, & Sendra, 2017) en la cual trata de cuantificar el confort térmico y el consumo de energía en las viviendas sociales existentes en el Sur de Europa para los periodos de invierno en clima mediterráneo, partiendo del modelo de confort adaptativo establecido en la normativa (EN-15251) y el consumo energético. Para ello se basará en la monitorización de datos, además del desarrollo de patrones de uso y ocupación reales definidos para cada caso analizado, con el fin de conseguir modelos de simulación más adecuados al comportamiento real. El estudio se aplicó a tres casos de estudio representativos de la mencionada tipología de vivienda social, construidas previas a las primeras normativas de regulación energética en la edificación.

En el caso de las viviendas sociales, la mencionada diferencia en el consumo energético calculado y real es aún mayor, puesto que, a pesar de estar las viviendas ocupadas, las condiciones ambientales interiores no se encuentran en condiciones de confort, mientras en los modelos se asume que cuando la vivienda está ocupada, siempre el espacio está en estado de confort. Además, en muy pocos casos las viviendas construidas antes de 1979 poseen sistema de climatización.

Esta situación de pobreza energética de las viviendas sociales, provocan que las inversiones sobre rehabilitación energética se vean amortizadas en largos periodos de tiempo, desde el punto de vista del ahorro energético. No obstante, a pesar de que en estos casos la rehabilitación energética no aporte ahorros en los costes, al tener consumos bajos, las mejoras de las condiciones de confort de los usuarios se ven claramente incrementadas, convirtiéndose en el objetivo final de la inversión.

La monitorización de datos (temperatura por hora, humedad relativa y evolución de la concentración del CO<sub>2</sub>) se llevó a cabo durante los meses fríos. En dos de los casos las viviendas se encontraban en situación de disconfort el 100% del tiempo; para el tercer caso este porcentaje disminuyó levemente al 90% del tiempo aproximadamente.

La investigación concluye afirmando que los patrones de uso estandarizados no pueden ser usados para obtener las medidas de rehabilitación energética para cada tipo de vivienda, por la variedad de perfiles de los usuarios. Por otro lado, las bajas calidades de la envolvente también provocan que las condiciones térmicas del interior estén lejos del confort. Esto ligado a la carencia de sistemas de climatización eficientes y de las restricciones provocadas por factores económicos, exponen a este tipo de viviendas a caer en situación de pobreza energética. Por todo ello, las normativas en relación con el rendimiento energético deben tener en cuenta el comportamiento ambiental de las viviendas sociales en el Sur de España y enfocar las actuaciones de rehabilitación energética a medidas pasivas que mejoren el confort térmico de los usuarios e incluso generar ahorros para los mismos, partiendo de unos modelos de simulación energética que se basen en los datos obtenidos de la monitorización de las viviendas y de las características de los propios usuarios.

Posteriormente, también (Escandón, Suárez, & Sendra, 2019) desarrolla una investigación centrada también en el análisis, mediante monitorización in-situ, de las viviendas sociales en el Sur de Europa que se encuentran obsoletas en términos de energía, con un hogar que se acoge a perfiles socioeconómicos específicos. Las políticas de rehabilitación energética actuales cuya base está definida por patrones estandarizados, provocan que el consumo real y el estimado difieran en gran medida.

En el Sur de Europa, entre el 63% y el 76% de las viviendas existentes fueron construidas antes de las primeras normativas que incidían sobre la demanda de energía en la edificación. Por ello, muchas no poseen aislamiento en sus envolventes. Como consecuencia, para el desarrollo de políticas de rehabilitación energética adecuadas, es necesario analizar térmicamente la envolvente y los perfiles de uso.

Se evaluaron las condiciones de confort térmico y el consumo energético para tres casos específicos de viviendas sociales, con el objetivo de probar que los modelos adaptados de confort funcionan mejor para condiciones específicas de cada caso de estudio, además de resaltar la influencia del comportamiento del usuario que reducen el confort térmico.

Tal y como se indicaba en la investigación de Cuerda et al. (2020), existe una diferencia entre los valores reales y calculados, habiéndose demostrado que la mayoría de las veces el consumo real es más elevado que el estimado. No obstante, en este estudio se centran en la situación contraria, con un consumo real más bajo del estimado. Este fenómeno podría deberse a la deficiente predicción del comportamiento del usuario y las características relacionadas con el mismo, ya que parámetros como al nivel de ingresos y el coste del consumo energético no se tienen en consideración en los modelos de simulación de energía. En el caso de los factores económicos, normalmente si los ingresos son bajos, los ocupantes prefieren mantenerse en situaciones de disconfort por el ahorro que supone la ausencia de sistemas de climatización. Este trabajo trata de probar mediante la aplicación de técnicas de monitorización si los modelos de confort establecidos en la normativa funcionan mejor o si un modelo alternativo sería conveniente, así como determinar el comportamiento de uso real y,

de esta forma, refutar que la mayoría de las viviendas no se encuentran la mayor parte del tiempo en situación de confort térmico.

Una vez realizado el análisis de los casos de estudio, es posible concluir que existe una gran variedad de perfiles de los usuarios y que las regulaciones nacionales deberían adecuarse a diferentes perfiles de uso, incluyendo las características del hogar (edad y número de componentes), horas de uso de la vivienda y las condiciones climáticas específicas para su localización. Además, los resultados muestran que las horas de ocupación junto con el uso inadecuado de medidas pasivas, tales como la ventilación y las protecciones solares, provocan situaciones de disconfort en las viviendas por condiciones económicas, con usos de los sistemas de climatización muy bajos.

En investigaciones anteriores, Guerra-Santín (2010) busca proporcionar información sobre el efecto de las regulaciones del rendimiento energético sobre el consumo de energía de los espacios climatizados y establecer cuál es el papel que el comportamiento del ocupante tiene sobre esta efectividad. Para ello, desarrollaron diversas investigaciones en búsqueda de sacar conclusiones sobre los factores que influyen en el consumo energético (comportamiento del ocupante, características del hogar y de la edificación).

- En la primera de ellas (Guerra-Santín, L.Itard, & H.Visscher, 2009) se determina que a raíz de la mejora de las propiedades térmicas de los edificios debido a las regulaciones sobre rendimiento energético, la influencia de dichas características sobre el uso de la energía ha decrecido y es la que ejercen los ocupantes la que no se ha explorado en gran medida y cuya influencia se encuentra en torno al 5% sobre el consumo energético final. Por ello, el objetivo de esta investigación se ha centrado en determinar el efecto del comportamiento del ocupante en el consumo energético para calefacción y agua caliente sanitaria, y la importancia de las características del edificio y del hogar. Se emplearon como bases de datos las ofrecidas por el Ministerio de Vivienda de Holanda (KWR).

Este estudio mostró que el comportamiento del usuario afecta al uso energético final de los sistemas en un 4'2% aproximadamente y las características de la edificación en torno al 42%. Además, las características del hogar (número de ocupantes, ingresos) también influyen sobre este consumo energético.

Entre las conclusiones obtenidas de este análisis cabe señalar que en espacios aislados, edificios más nuevos y viviendas colectivas, se disminuye la energía empleada y en los espacios no habitables (garaje, almacenes), sótanos y termostatos aumenta el uso de la energía. También las horas de ocupación de las viviendas incrementan el uso energético.

- En la segunda de las investigaciones (Guerra-Santín & L.Itard, 2010) se analiza la determinación de los factores clave del comportamiento de los ocupantes que afectan en el uso de la energía para el calentamiento de espacios.

Tras la implantación de las medidas reguladoras sobre el rendimiento energético, los estudios indican que los edificios se vuelven energéticamente más eficientes, y es entonces el papel del ocupante el que aporta un aumento en el consumo de la energía.

A esto se atribuyen las diferencias en el consumo de energía en viviendas similares y las diferencias entre el consumo real y el esperado.

Fue posible determinar conclusiones en relación al comportamiento observado mediante encuestas realizadas, como el hecho de que el número de horas de uso del sistema de calefacción en su ajuste más alto aumenta el consumo energético. Además, las viviendas con termostatos programables tenían un mayor consumo energético que las viviendas con termostatos manuales, puesto que las horas de funcionamiento de los equipos son mayores en el primer caso. Otro factor de influencia son las características del hogar, ya que cuando la presencia de personas mayores era mayor, el sistema de calefacción se empleaba en durante más horas frente a menores horas de ventilación, y en el caso de presencia de niños, las viviendas estaban más ventiladas.

Por lo tanto, el uso del termostato (horas de uso y ajustes empleados) con configuración manual y los sistemas de ventilación mecánica, junto con la ocupación del espacio por los ocupantes y su interacción con los sistemas expuestos, podrían proporcionar una reducción en el consumo energético.

- El tercer trabajo (Guerra-Santín, 2010a) se centra en determinar estadísticamente los patrones de comportamiento asociados a la energía consumida para calefacción en viviendas construidas recientemente, identificando las características del hogar y del edificio que podrían ayudar al desarrollo de perfiles de uso de la energía. Se establecieron patrones de comportamiento que podrían ser usados en cálculos energéticos, así como diferentes grupos de hogares. Además, se estableció una relación entre el comportamiento del usuario y las características del hogar.

Las diferencias entre el consumo real y el previsto en las viviendas se han considerado causa de la calidad de la construcción, la eficiencia de los sistemas y el uso de los servicios del hogar (sistemas de calefacción y ventilación) reales. Las variables de comportamiento para el uso de los servicios del hogar se pueden usar para el desarrollo de los perfiles de comportamiento y posteriormente ser aplicados a los programas de simulación o para cálculos de ahorro energético.

- Finalmente, la cuarta investigación (Guerra-Santín, 2010b) trata de analizar el efecto del comportamiento del ocupante en el consumo energético en viviendas construidas después de las regulaciones de rendimiento energético en los Países Bajos. En éstas, el tipo de control de temperatura y el tipo de ventilación podrían influir sobre el comportamiento de los usuarios. A pesar de que se prevé una reducción del consumo por las mejoras en las calidades del edificio, los usuarios que habitan en estas viviendas tienden a un mayor consumo de energía por el empleo de los sistemas de ventilación y climatización. Esto podría estar nuevamente relacionado con la mencionada brecha entre en consumo real de energía mayor que el consumo estimado.

Por otro lado, también se estableció una relación entre las características del edificio y su influencia en el comportamiento de los ocupantes. Las propiedades constructivas provocan en los usuarios formas de comportamiento diferentes en relación con la ventilación y los ajustes de temperatura, influyendo por lo tanto en la situación de

confort interior. Como recomendaciones a esta situación, se determina que en el caso de la ventilación se deben establecer unas condiciones para cada estancia por las diferencias establecidas (ventanas, rejillas y sistemas de ventilación mecánica). Y con respecto al consumo energético, el cambio a termostatos manuales provocará una disminución del mismo y como consecuencia ahorros económicos también.

Una vez analizadas estas investigaciones distinguimos que líneas temáticas se centran en el estudio del rendimiento energético en las viviendas y de las condiciones de confort interior mediante la aplicación de técnicas de recogida de datos, las cuales se ha podido determinar que resultan realmente importantes a la hora de determinar los distintos parámetros y características de los ocupantes.

Por un lado, la recopilación de datos in-situ sobre cada caso concreto, ha resultado ser el método más eficiente para conseguir ahorros energéticos reales y establecer unos consumos energéticos acordes con el hogar que ocupa las viviendas. El desarrollo de los perfiles de uso y ocupación, las encuestas a los usuarios sobre las condiciones de confort sensorial que perciben en el interior de sus viviendas, la interacción del usuario con los sistemas del edificio, las propiedades térmicas de la edificación junto con la monitorización de las variables ambientales de la propia localización; permitirá generar modelos de simulación energética de las viviendas que permitan establecer las distintas intervenciones necesarias para conseguir reducciones del consumo energético, y con ello, una disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> generado por la producción de energía para edificación.

Se ha observado que el factor principal que influye sobre este consumo energético es la mejora de las propiedades térmicas del edificio. No obstante, con las diferentes normativas que se han establecido para la mejora en lo que a eficiencia energética se refiere, en nueva edificación el impacto de la envolvente del edificio en el consumo energético ha disminuido por sus mejores calidades. En el campo de la rehabilitación energética del parque edificado debe ser el foco de atención de nuestras investigaciones, con el objetivo de conseguir intervenciones adecuadas para cada caso. Estas mejoras constructivas junto con una mayor conciencia del usuario del uso eficiente de la edificación. De esta forma conseguiremos disminuir del consumo energético y las emisiones de CO<sub>2</sub>, con visiones de futuro para las situaciones tanto climáticas como sociales y económicas venideras.

## **2.1 MARCO NORMATIVO**

### **2.1.1 Planes Nacionales y Estrategias sobre Energía**

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (MITECO, 2020), prevé reducciones del consumo eléctrico de la energía final en el año 2030 pase del 23% al 27%. También pretende el aumento de la generación de electricidad mediante energías renovables, alcanzando en 2030 el 74% de la producción (siendo en la actualidad entre el 30-40%), y con ello conseguir una reducción de la emisión de GEI de un 72% como objetivo principal. Y, por último, una mejora de la eficiencia energética del 39'5%, para lo cual serán necesarias grandes inversiones económicas a largo plazo.

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (Ministerio de Medio Ambiente, 2006), tiene como objetivo adaptarnos a las condiciones futuras que vengan dadas por el cambio climático, puesto que es un fenómeno que está ocurriendo y aún no estamos preparados para

subsancar sus efectos. Con este plan, España cumple el objetivo en el contexto internacional de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y de la Unión Europea (UE).

Por otro lado, la Estrategia Nacional Contra la Pobreza Energética 2019-2024 (MITECO, 2019) es un plan de política energética cuyo objetivo es conseguir un nuevo modelo energético sostenible, dirigido al consumidor y en el que figura el acceso a la energía como un derecho del ciudadano. Pretende paliar los efectos que tienen incidencia sobre la pobreza energética como los ingresos económicos del hogar y la ineficiencia energética de la vivienda.

Asimismo, esta Estrategia tiene en cuenta a su vez una serie de instrumentos nacionales e internacionales: el Paquete de Invierno de la Unión Europea (Directivas y Reglamentos antes enunciados), el Pilar Europeo de los Derechos Sociales (UE) (El Parlamento Europeo, El Consejo de la Unión Europea, & La Comisión Europea, 2017), Nueva Agenda Urbana (ICOMOS et al., 2008), Estrategia de Transición Energética Justa (MITECO, 2016), el Plan Nacional de Energía y Clima 2021-2030 (MITECO, 2020) antes enunciado, la Estrategia Nacional de Prevención y Lucha Contra la Pobreza y Exclusión Social 2019-2023 (ENPE)(de Sanidad Consumo y Bienestar Social, 2019) , el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (Ministerio de Medio Ambiente, 2006); el Real Decreto Ley 15/2018, de 5 de octubre (BOE, 2018), de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores, y por último la Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España (ERESEE) (MITECO, 2017).

Respecto a la Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España (MITECO, 2017), en el sector de la Edificación en España el 18'5% aproximadamente pertenece a uso residencial (datos hasta el año 2015). Con la primera ERESEE (2014), se impulsó la rehabilitación del parque edificado en España, registrándose un crecimiento en la actualización entre los años 2014 y 2016, pues el número de Visados de Dirección de Obra para Reforma y/o Restauración incrementó durante esos años a nivel nacional un 12'8% para todo tipo de edificios, y cerca de un 16% para edificios de uso global residencial (M. y A. U. G. de E. Ministerio de Transportes, 2019a). Este plan estratégico establece una serie de medidas para impulsar la rehabilitación en España.

### **2.1.2 Normativa de ámbito Europeo**

El paquete de Energía Limpia o paquete de invierno de la Unión Europea recoge el conjunto de normas en materia energética hasta 2030, estableciendo el nuevo Marco Legislativo para regular el mercado interior de electricidad. Está formado por las siguientes directivas:

- La Directiva UE 2018/844 modifica las anteriores Directiva 2010/31/UE sobre eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a eficiencia energética. Establece nuevas normas para el rendimiento energético de la edificación con el objetivo de ayudar a abordar los problemas del consumo energético de la edificación (40%), las emisiones de CO<sub>2</sub> (36%) y la ineficiencia energética del parque edificado (75% del total) (Parlamento Europeo, 2018b).
- La Directiva UE 2018/2001 apuesta por el empleo de la energía procedente de fuentes renovables como formas de producción energética en Europa con vistas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y cumplir el Acuerdo de París (2015) sobre el



Cambio Climático. También con el objetivo de proporcionar la energía necesaria en todas las localizaciones posible por el suministro de energía procedente de fuentes renovables (Parlamento Europeo, 2020).

- La Directiva UE 2018/2002 modifica la anterior Directiva 2012/27/UE relativa a eficiencia energética. Pretende reducir el consumo energético aumentando la eficiencia energética en la edificación para todos los sectores al menos el 32'5% para el año 2030, una vez conseguido el 20% para el 2020. Ello promueve el ahorro económico, abordar los problemas de salud, reducir la contaminación del aire y mejorar la calidad de vida de las persona, además de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Parlamento Europeo, 2018a).

- La Directiva UE 2019/944 también modifica la anterior Directiva 2012/27/UE sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad. El objetivo de esta Directiva es crear un mercado de innovación sobre los procedimientos para obtención de energía a partir de fuentes renovables, adaptándose a las nuevas realidades del mercado energético más allá de las fronteras de la Unión Europea (Parlamento Europeo, 2019a).

- El Reglamento UE 2018/1999 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima, modifica los Reglamentos del Parlamento Europeo y del Consejo CE 663/2009 y CE 715/2009 UE 525/2013; y las Directivas 94/22/CE, 98/70/CE, 2009/31/CE, 2010/31/UE, 2012/27/UE, 2013/30/UE del Parlamento Europeo y del Consejo y las Directivas 2009/119/CE y UE 2015/652 del Consejo. Este reglamento asienta la base legislativa para el desarrollo de las medidas necesarias para alcanzar los objetivos de la Unión de la Energía para el 2030 y en coherencia con el Acuerdo de París (2015) sobre el Cambio Climático (Parlamento Europeo, 2018c).

- El Reglamento UE 2019/943 relativo al mercado interior de la electricidad. Establece normas para garantizar el funcionamiento del mercado interior de la electricidad, empleando energías renovables y formulando la política medioambiental, por la responsabilidad que tenemos con respecto al medioambiente.; y ampliando las posibilidades de mercado, eliminando las fronteras y el monopolio del mercado interior sobre electricidad (Parlamento Europeo, 2019b).

### **2.1.3 Normativa de ámbito Nacional. España**

-El Código Técnico de la Edificación aprobado en 2006 y puesto en vigor en 2007, recoge una serie de exigencias básicas que deben cumplirse en la edificación en España. En su Documento Básico de Ahorro Energético se recogen las medidas necesarias a tomar con respecto a la mejora del rendimiento energético en la edificación. En diciembre de 2019 se produjo una revisión del mismo documento en el que se modificaban algunas cuestiones como el empleo de fuentes de energía renovables antes no contempladas (M. y A. U. G. de E. Ministerio de Transportes, 2019b).

-Reglamento de Instalaciones Térmicas de la Edificación (RITE), aprobado por el Real Decreto 1027/2007 (Ministerio de la Presidencia, 2007), en el que se establecen una serie de exigencias para las instalaciones térmicas de los edificios en temas de eficiencia energética y seguridad, con el fin de atender la demanda de bienestar e higiene de las personas, durante la fase de diseño, ejecución, mantenimiento y uso.

#### **2.1.4 Normativa de ámbito la Comunidad Autónoma. Andalucía**

A raíz del Real Decreto Ley 235/2013 a nivel Nacional, en la Comunidad Autónoma de Andalucía se redactó el Decreto 2/2013 (Andalucía, 2013), de 15 de enero por el que se modifica del Decreto 169/2011, de 31 de mayo, que aprueba el Reglamento de Fomento de las Energías Renovables, el Ahorro y la Eficiencia Energética de Andalucía.

Por otro lado, la Ley 1/2014 (Andalucía, 2015), regula el Programa de Impulso a la Construcción Sostenible en Andalucía, que recoge como uno de sus objetivos el desarrollo de la construcción sostenible en base a la rehabilitación de la vivienda y su ecoeficiencia energética. Tiene como finalidad reducir el consumo energético de los edificios para acercarse a la media europea de eficiencia energética, reducir el gasto económico de sus ocupantes en materia de energía, el aumento de empleo por esta actividad en el ámbito de la construcción y mejorar el confort de los habitantes.



### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVOS GENERALES**

El presente estudio tiene como objetivo principal profundizar en el conocimiento sobre el uso de la energía en la vivienda unifamiliar en hilera, tipología predominante en poblaciones de densidades medias y bajas en el territorio de la Comunidad Autónoma de Andalucía, así como promover la propuesta de actuaciones e intervenciones que deriven en la disminución del consumo energético, con el fin de mejorar la eficiencia energética y contribuir a un desarrollo sostenible.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Como objetivos específicos que permitan alcanzar los objetivos generales planteados, se distinguen los siguientes:

1. Definir y justificar la elección de la tipología de vivienda seleccionada como objeto de estudio en el presente trabajo
2. Caracterizar geométrica y constructivamente los casos de estudio elegidos, definiendo el entorno y ubicación, las condiciones climáticas, la planimetría y la composición constructiva de los elementos y sistemas que conforman la envolvente térmica.
3. Recabar información sobre los hábitos y la forma de uso de la energía en las viviendas objeto de estudio, mediante la recopilación de documentos que proporcionen datos de consumo, así como el planteamiento de cuestionarios que permitan determinar las principales características de la vivienda y la sensación de confort de los usuarios.
4. Analizar las condiciones higrotérmicas (temperatura seca, humedad relativa) y la calidad del aire (concentración de CO<sub>2</sub> en el aire) mediante la monitorización de dos espacios principales (salón y dormitorio principal) de dos casos de estudio seleccionados. La monitorización de las condiciones ambientales interiores se realizará en los periodos antes de la cuarentena y durante la cuarentena, estableciendo a su vez diferencias estacionales.
5. Analizar la aproximación entre los resultados obtenidos a partir de la monitorización de variables ambientales y los resultados calculados por modelos de simulación que reproduzcan las condiciones de los casos de estudio evaluados.
5. Evaluar el comportamiento energético actual de los casos de estudio mediante la creación de modelos de simulación energética, e identificar las principales carencias.

## 4. METODOLOGÍA

La metodología de investigación llevada a cabo parte de la obtención de datos de los casos de estudio y a partir de ésta, determinar patrones de comportamiento por parte de los ocupantes en relación al uso de la energía y llegar a unas conclusiones que nos servirán para establecer directrices, pautas y posibles mejoras en lo que a consumo energético se refiere. Para la obtención de los perfiles de uso y el análisis de las condiciones higrotérmicas de los diferentes casos de estudio, cuya selección se justifica en posteriores apartados, se desarrolla un proceso metodológico que se atiene a los siguientes pasos o etapas:

### 4.1 SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO

Se ha justificado la selección del caso de estudio a partir de un estudio desarrollado en el que se analiza la tipología de vivienda unifamiliar entre medianeras, proporcionando datos relacionados con el número de viviendas en España, asentamientos urbanos y visados concedidos. De la información recogida se tratará de justificar la elección de esta solución tipológica como representante de un gran porcentaje de viviendas unifamiliares en España.

Por otra parte, se llevará a cabo la caracterización y el análisis de los sistemas constructivos empleados en cada caso definirá cómo la edificación y las condiciones de confort térmico bajo las que se han regido. Esta información es de gran utilidad para la definición de las condiciones constructivas actuales y los datos serán empleados en el posterior modelo de simulación.

### 4.2. ENCUESTAS REALIZADAS A USUARIOS

Las encuestas realizadas a los usuarios servirán para definir los perfiles de uso reales que se dan en cada uno de los casos de estudio, para ajustarnos a un modelo similar al real.

En primer lugar obtendremos información sobre las características del hogar: número de ocupantes y edades de los mismos, clasificándolos en grupos de edad tal y como se muestra en la *Tabla 1*.

I Datos de la unidad familiar (habitantes de la vivienda).	
Grupo de Habitantes	Número
Habitantes menores de 10 años (Grupo A)	
Habitantes entre 10 y 17 años (Grupo B)	
Habitantes entre 18 y 25 años (Grupo C)	
Habitantes entre 26 y 44 años (Grupo D)	
Habitantes entre 45 y 70 años (Grupo E)	
Habitantes mayores de 70 años (Grupo F)	

**Tabla 1.** Datos de la unidad familiar (habitantes de la vivienda). Encuestas (extracto). Elaboración propia.

Una vez determinados las características propias de los ocupantes, procederemos a estimar la ocupación por horas para cada uno de los usuarios, estableciéndose dos periodos en los que podrían existir variaciones de ocupación notables: laborables (lunes a viernes) y no laborables (sábado y domingo). Emplearemos la siguiente *Tabla 2*.

**EL USO DE LA ENERGÍA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES INTERIORES EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN HILERA EN CLIMA MEDITERRÁNEO**

Carmen Rodríguez Moya

Grado en Fundamentos de Arquitectura

<b>II Estimación de Ocupación Media diaria por habitante.</b>																									
Ocupación Media Diaria por habitante (horas del día)																									
Por favor, rellene las casillas de las horas que cada persona está habitualmente en la vivienda, en días de trabajo y durante los fines de semana:																									
HABITANTE		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	L-V																								
	S-D																								
	L-V																								
	S-D																								
	L-V																								
	S-D																								
	L-V																								

**Tabla 2.** Estimación de la Ocupación Media diaria por habitante). Encuestas (extracto). Elaboración propia.

De esta forma, estableceremos un patrón de ocupación de la vivienda para el conjunto del hogar.

Posteriormente, obtendremos información sobre los distintos aparatos que se emplean en la vivienda (sistema de calentamiento de agua, climatización y electrodomésticos), así como las horas de uso para cada uno de estos equipos, en función también de los dos periodos anteriores (L-V y S-D), tal y como se muestra en la *Tabla 3*.

<b>IV Horas de uso de los principales aparatos.</b>																									
Uso medio de los aparatos (horas del día)																									
Por favor, indique qué aparatos tiene en su vivienda y rellene las casillas de las horas de utilización de los mismos:																									
APARATO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TV	L-V																								
	S-D																								
PC	L-V																								
	S-D																								
...																									

**Tabla 3.** Horas de uso de los principales aparatos. Encuestas (extracto). Elaboración propia.

A continuación, realizaremos un estudio sobre los hábitos propios de los ocupantes, en los que conoceremos los siguientes aspectos: intensidad de uso de los electrodomésticos por semana, las fuentes principales de calor y frío en la vivienda y la frecuencia con la que se mantuvo encendida (por la noche para la calefacción y por el día para la refrigeración) y el lugar de uso de estos equipos. También estableceremos el proceso de los ocupantes para mantenerse en calor o frescos para determinar cuándo se ponen en uso los sistemas de climatización según el caso.

Por último, obtendremos información sobre el empleo de la ventilación natural de las viviendas mediante la apertura de puertas y ventanas, el tiempo de duración de la misma y la frecuencia diaria para los periodos fríos y cálidos.

### 4.3. MONITORIZACIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES

La base de datos generada se establece a partir de mediciones tomadas in-situ sobre las condiciones ambientales de temperatura del aire, humedad relativa y nivel de concentración de CO<sub>2</sub>. Se han registrado durante un periodo aproximado de tres meses en los que se abarcan las siguientes estaciones a efectos térmicos: invierno (final), primavera y verano (inicio).

Realizaremos un análisis de los datos en tres periodos en relación con la situación de la pandemia del Covid-19 que tuvo lugar durante el desarrollo del trabajo. Estos periodos son los siguientes: periodo 1 previo a cuarentena 16 febrero -16 marzo; periodo 2 durante cuarentena 17 marzo- 30 abril; y periodo 3 durante cuarentena 1 mayo – 29 mayo.

Las mediciones se han recogido en intervalos de 30 minutos en cada dispositivo. Para ello, se han utilizado un dispositivo Wöhler CDL 2010 en el Caso de Estudio A, y dos dispositivos en el Caso de Estudio B. Estos se han situado en las estancias habitables con mayor ocupación diaria, siendo estas el salón para el Caso de estudio A; y dormitorio principal y salón para el Caso de Estudio B.

Para la posterior generación de modelos de simulación, con objeto de asemejar las condiciones climáticas lo máximo posible a la realidad, se consultarán los datos de las condiciones ambientales del exterior previstos partiendo de estaciones meteorológicas pertenecientes a la Agencia Estatal de Meteorología de España (AEMET).

### 4.4 MODELOS DE SIMULACIÓN ENERGÉTICA

La geometría de los modelos de simulación energética se ha elaborado a partir de la herramienta informática Scketchup Pro 2017, empleando para el posterior modelado el simulador avanzado de verificación energética SG-Save. Este programa es una herramienta informática oficial y está basado en el proceso de verificación actualizado establecido en el Documento Básico Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE-DB-HE). Tendremos en cuenta de que la aplicación de este apartado de la normativa de la edificación es de aplicación a edificios a rehabilitar cuando se va a intervenir sobre la envolvente térmica para la mejora de las condiciones de confort térmico.

Para el modelado, la definición constructiva de los paramentos que delimitan los espacios así como los huecos que se hayan dispuesto en cada uno de ellos, serán representados de acuerdo con la realidad para cada situación concreta y en aquellos lugares en los que se está realizando la monitorización.

Para que las condiciones de contorno sean las mismas que en la ubicación real, los distintos espacios serán referenciados mediante la geolocalización. De esta forma, las posibles sombras que se proyecten sobre cada habitáculo se ajustaran al tiempo y forma de su emplazamiento.

Además, se han introducido los patrones de uso y ocupación de la vivienda en cada caso, para obtener unos resultados más acordes con la situación real.

## 5. CASOS DE ESTUDIO

### 5.1 JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN

#### 5.1.1 Vivienda Unifamiliar en Hilera en España

En este apartado, justificaremos la elección del tipo de casos de estudio que han sido seleccionados en el siguiente trabajo.

La tipología en la que nos centraremos para el desarrollo del estudio será la vivienda unifamiliar en hilera, también conocida como viviendas adosadas o entre medianeras. Esta tipología se dispone conformando una hilera con las viviendas anexas, configurando de este modo el espacio público: la calle. Por lo general, la configuración de la parcela queda definida habitualmente por una forma geométrica rectangular, cuyo contorno delimita con diferentes piezas o espacios. El lindero frontal está directamente vinculado con el viario público, los linderos laterales se encuentran anexas a otras parcelas contiguas, siendo posible que la propia construcción comparta medianera con la vivienda contigua y, por último, el lindero trasero puede estar en contacto con otro viario o también con otra parcela. La edificación se alinea a cada uno de los límites, pudiéndose dar el caso de que en la zona más interior de la parcela se ubique un patio. El programa de este tipo de viviendas responde normalmente a las necesidades de una familia de tamaño medio (4 personas aproximadamente), con el siguiente reparto de estancias: cocina, comedor, baño y dormitorios (de 2 a 4).

Esta tipología surge por razones de economía constructiva (elementos constructivos compartidos, producciones en serie, etc.), y porque, además, se resuelve la ventilación e iluminación de todas las estancias con un mínimo contacto con el viario público. Asimismo, cabe señalar que principalmente se desarrolla en barrios o comunidades de baja densidad en Europa tras la I Guerra Mundial (Noguerol, 1976).

#### 5.1.2 Viviendas en España

Es preciso denotar por qué nos hemos centrado en el estudio específico de esta tipología de viviendas entre todo el parque edificatorio que existe en el panorama nacional. Para justificar la selección, nos centraremos en los datos sobre la edificación que hemos obtenido a partir del Instituto Nacional de Estadística (INE), respecto a los Censos de Población y Vivienda de 2011 (INE, 2011), concretamente en los datos relacionados con la vivienda. Cabe señalar que esta tipología conforma aproximadamente el 31% del total de viviendas de todo el parque residencial existente (Machí, 2006).

Según la información consultada en el INE (INE, 2013), en España existe un total de 25.208.623 viviendas, de las cuales 4.353.146 viviendas corresponden a la Comunidad Autónoma de Andalucía, aproximadamente un 17'3% del total. Las edificaciones destinadas a viviendas conforman el ámbito más amplio de la edificación, luego la aplicación de las conclusiones obtenidas en el presente análisis tendrá una mayor cabida sobre todo para localizaciones con unas condiciones climáticas similares a las del emplazamiento de los casos de estudio.

En la siguiente *Tabla 4*, se muestra la estimación del parque de viviendas para la Comunidad Autónoma de Andalucía y su desglose por provincias, obtenido del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (M. y A. U. G. de E. Ministerio de Transportes, 2018). El periodo analizado abarca desde el último Censo de Población y vivienda de 2011 hasta el 2018. Debido

## EL USO DE LA ENERGÍA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES INTERIORES EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN HILERA EN CLIMA MEDITERRÁNEO

Carmen Rodríguez Moya

Grado en Fundamentos de Arquitectura

a la crisis financiera de 2008, el ritmo de construcción de la vivienda en España se ralentizó significativamente, incluso registrando cifras que corresponden al mínimo histórico de visados de viviendas de nueva planta. No obstante, tal y como podemos observar en la *Tabla 4*, el número de viviendas en Andalucía ha ido incrementando de forma continuada durante los años, con algunos crecimientos más pronunciados y otros menos significativos. Este hecho confirma que la vivienda continúa siendo uno de los puntos más importantes del desarrollo de la construcción en España y la Comunidad Autónoma de Andalucía.

ESTIMACIÓN DEL PARQUE DE VIVIENDAS. COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ANDALUCÍA Y PROVINCIAS								
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>TOTAL NACIONAL</b>	25.249.053	25.382.415	25.441.306	25.492.335	25.541.915	25.586.279	25.645.100	25.712.744
<b>Andalucía</b>	4.362.573	4.384.954	4.394.515	4.401.817	4.407.793	4.413.250	4.422.047	4.432.048
Almería	395.226	396.217	396.987	397.507	397.750	398.043	398.500	399.434
Cádiz	619.411	622.213	623.633	624.518	625.020	626.042	626.672	627.695
Córdoba	396.578	398.920	400.253	400.755	401.549	401.864	402.743	403.301
Granada	532.668	534.409	535.247	535.918	536.546	537.183	538.806	539.798
Huelva	288.375	289.710	290.509	290.989	291.852	292.733	293.085	293.576
Jaén	344.884	347.859	348.570	349.147	349.560	350.091	350.647	351.344
Málaga	901.290	905.038	905.761	906.754	907.871	908.685	911.382	914.283
Sevilla	884.141	890.588	893.555	896.229	897.645	898.609	900.212	902.617

**Tabla 4.** Datos del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Estimación del Parque de vivienda. Total de viviendas por comunidades autónomas y por provincias. Elaboración Propia.

### 5.1.3 Asentamientos Urbanos en España

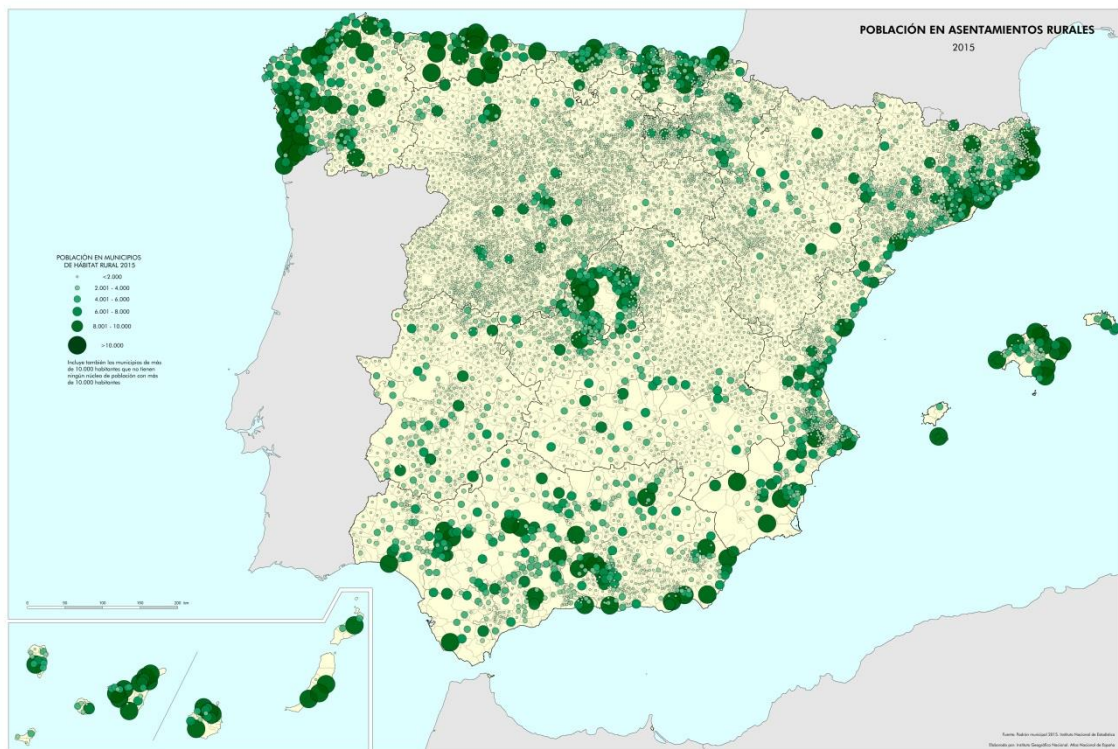
Como justificación de la tipología seleccionada en este trabajo, cabe destacar que, en el ámbito rural, cerca del 70% de las viviendas principales son de tipo unifamiliar, mientras que en el ámbito urbano la estadística determina que únicamente el 20% pertenecen a este tipo (Machí, 2006). En relación a ello, hay que señalar que la vivienda unifamiliar en hilera se localiza principalmente en pequeños núcleos urbanos del ámbito rural, con una demografía entre 5.000 y 10.000 habitantes y con una densidad de población reducida. Es precisamente en dichos núcleos donde se ubica la mayor parte de las viviendas unifamiliares de España, un 42% del total aproximadamente (Moliní & Salgado, 2010), por lo que se convierte en la tipología predominante en poblaciones de densidades medias y bajas. La *Figura 3* representa el mapa extraído del Atlas Geográfico elaborado por el Instituto Geográfico Nacional (Instituto Geográfico Nacional (IGN), 2019), donde podemos observar de forma gráfica cómo ha sido ocupado el territorio y los tipos de asentamientos que allí se dan.



## EL USO DE LA ENERGÍA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES INTERIORES EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN HILERA EN CLIMA MEDITERRÁNEO

Carmen Rodríguez Moya

Grado en Fundamentos de Arquitectura



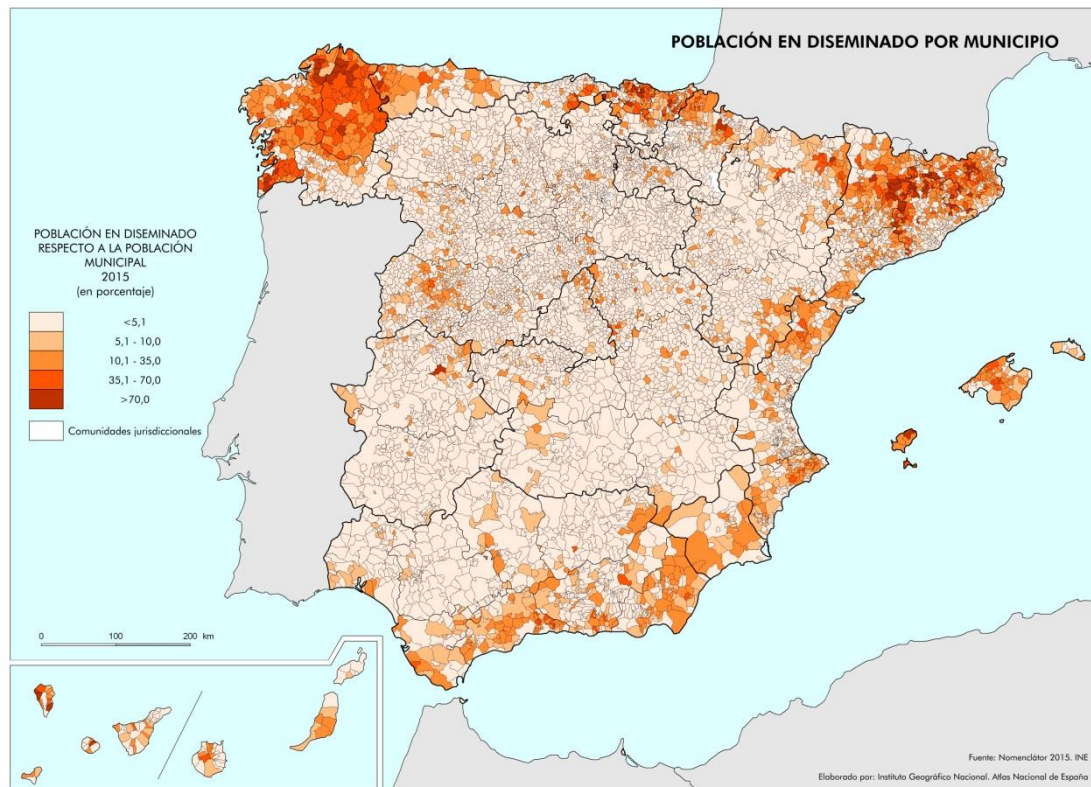
**Figura 3.** Mapa Atlas Nacional de España. Instituto Geográfico Nacional. Población en Asentamientos Rurales.

El mapa muestra gráficamente que, en la mayor parte del territorio, los núcleos de población poseen menos de 2.000 habitantes, siendo las zonas costeras y las capitales de provincia, principalmente, las que presentan una mayor concentración de población (>10.000 habitantes) y en las que las tipologías de vivienda plurifamiliar –bloques, torres- serán las predominantes.

Por otro lado, la compacidad de los núcleos poblacionales potencia la conformación de una tipología edificatoria determinada. De esta forma, observamos que, en España, la mayor parte del territorio está ocupado por poblaciones compactas o concentradas, donde la tipología entre medianeras es la más empleada.

A continuación, la *Figura 4* muestra el mapa extraído del Atlas Geográfico elaborado por el Instituto Geográfico Nacional (Instituto Geográfico Nacional (IGN), 2019) donde se establece el porcentaje de población que habita en espacios diseminados, es decir, en núcleos poblacionales dispersos, donde la tipología edificatoria se caracteriza por ser aislada, principalmente.

Comprobamos que la mayor parte del territorio español posee un porcentaje de población en núcleos diseminados por municipios, es decir, con edificaciones aisladas principalmente, de menos del 5'1%, exceptuando las zonas costeras y algunos sistemas montañosos, principalmente en la zona Norte de la geografía española, donde este índice es más elevado. Podemos concluir que la mayoría de la edificación que se encuentra en el territorio pertenece a núcleos compactos, con edificación entre medianeras.



**Figura 4.** Mapa Atlas Nacional de España. Instituto Geográfico Nacional. Población en diseminado por municipio.

Todas las observaciones que hemos podido determinar a partir de la información aportada, es aplicable al enclave de la Comunidad Autónoma de Andalucía, en la que se ubican nuestros casos de estudio. Centrándonos más en este ámbito, respecto a la *Figura 3*, las poblaciones de entre 2.000 y 6.000 habitantes son las predominantes, existiendo algunos núcleos con hasta 10.000 habitantes y siendo los principales las capitales de provincias y las áreas metropolitanas de éstas. Además, con respecto a la cantidad de población diseminada existente, en las zonas costeras y en las provincias de Málaga y Almería es donde predomina esta situación, y cuya tipología edificatoria se corresponderá mayoritariamente a las viviendas unifamiliares aisladas y las viviendas plurifamiliares, tal y como anteriormente se ha descrito en el ámbito nacional.

#### 5.1.4 Visados de Dirección de Obra en Andalucía

Por otra parte, toda la información aportada se complementa para el caso de Andalucía con los datos obtenidos del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (M. y A. U. G. de E. Ministerio de Transportes, 2019a).



**EL USO DE LA ENERGÍA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES INTERIORES EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN HILERA EN CLIMA MEDITERRÁNEO**

Carmen Rodríguez Moya

Grado en Fundamentos de Arquitectura

VISADOS DIRECCIÓN DE OBRA. OBRA NUEVA. Nº de edificios según destino principal. ANDALUCÍA		PERIODO										
		2019		2018		2017		2016		2015		
		nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	
OBRA NUEVA	Total de edificios	6709	100	6357	100	5507	100	4609	100	4055	100	
	Edificios destinados a viviendas familiares (no colectivos)	5730	85,4	5255	82,7	4516	82,0	3669	79,6	3201	78,9	
	Viviendas familiares	ADOSADAS	1473	25,7	1206	22,9	911	20,2	733	20,0	538	16,8
		AISLADAS	3175	55,4	3028	57,6	2765	61,2	2497	68,1	2276	71,1
EN BLOQUE		1082	18,9	1021	19,4	839	18,6	439	12,0	387	12,1	

**Tabla 5.** Datos del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Visados de Dirección de Obra: Obra Nueva. Nº de edificios según destino principal. Andalucía. Elaboración Propia.

Contemplando los datos proporcionados por el Ministerio y reflejados en la *Tabla 5*, observamos que, en el periodo de 2015 a 2019, entre el 79% y el 85% de los edificios de obra nueva que se han construido son de uso residencial. Además, si atendemos a la distinción entre las tipologías edificatorias, se observa que la categoría de vivienda familiar adosada, objeto de estudio, se corresponde con un 25% aproximadamente del total de viviendas de obra nueva, siendo superada sólo por las viviendas aisladas. Por lo tanto, la tipología de vivienda unifamiliar adosada en Andalucía en los últimos años ha ocupado un papel importante en el ámbito de la edificación.

VISADOS DE DIRECCIÓN DE OBRA. AMPLIACIÓN DE EDIFICIOS. Nº de edificios, superficie y presupuesto de ejecución según destino principal. ANDALUCÍA		PERIODO									
		2019		2018		2017		2016		2015	
		nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
AMPLIACIÓN DE EDIFICIOS	Total de edificios	895	100	676	100	774	100	693	100	454	100
	Viviendas	671	75,0	505	74,7	589	76,1	517	74,6	326	71,8
	Otros usos	224	25,0	171	25,3	185	23,9	176	25,4	128	28,2

**Tabla 6.** Datos del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Visados de Dirección de Obra: Ampliación de edificios. Nº de edificio, superficie y presupuesto de ejecución según destino principal. Andalucía. Elaboración Propia.

Por otro lado, respecto a los visados de dirección de obra de ampliación de edificios, cuyos datos están reflejados en la *Tabla 6*, comprobamos que en torno al 75% de la edificación que ha sufrido transformación tiene como uso principal el uso residencial, posicionando este tipo de edificación como la principal a nivel de Andalucía.

## EL USO DE LA ENERGÍA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES INTERIORES EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN HILERA EN CLIMA MEDITERRÁNEO

Carmen Rodríguez Moya

Grado en Fundamentos de Arquitectura

VISADOS DE DIRECCIÓN DE OBRA. REFORMA Y/O RESTAURACIÓN DE EDIFICIOS. Nº de edificios y presupuesto de ejecución según destino principal. ANDALUCÍA		PERIODO									
		2019		2018		2017		2016		2015	
		nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
REFORMA Y/O RESTAURACIÓN DE EDIFICIOS	Total de edificios	4015	100	4229	100	4000	100	3763	100	4074	100
	Viviendas	3105	77,3	3207	75,8	3009	75,2	2903	77,1	3179	78,0
	Otros usos	910	22,7	1022	24,2	991	24,8	860	22,9	895	22,0

**Tabla 7.** Datos del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Visados de Dirección de Obra: Reforma y/o Restauración de edificios. Nº de edificio y presupuesto de ejecución según destino principal. Andalucía. Elaboración Propia.

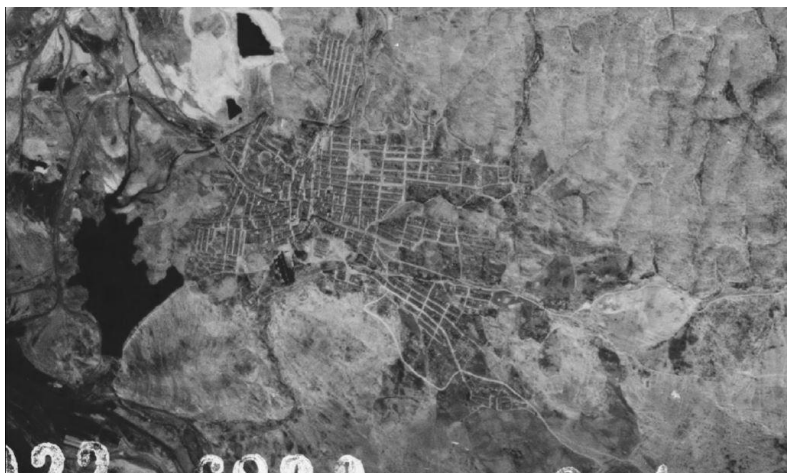
Por último, respecto a la información contenida en la *Tabla 7*, en la que se muestra el número de visados de dirección de obra para reforma y/o restauración de edificios, de igual forma se mantienen las proporciones de edificios que han sido intervenidos son de uso residencial, alcanzando nuevamente el 75% aproximadamente de las obras que se llevan a cabo con este fin.

De esta forma, con los datos aportados, justificamos la elección de la tipología objeto de estudio: la vivienda unifamiliar en hilera.

## 5.2. DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO

### 5.2.1 Localización

Las viviendas unifamiliares en hilera seleccionadas se encuentran en el pueblo de la Cuenca Minera de Riotinto, Nerva, municipio de la provincia de Huelva (Andalucía). Ambas se construyeron antes de las primeras normativas que regulaban la edificación, las Normas MV de 1957, pues ambas datan de antes de 1950 según las imágenes ofrecidas por el Plan Nacional de Ortografía Aérea (PNOA), *Figura 5*; junto con las del Laboratorio Rediam, *Figura 6*.

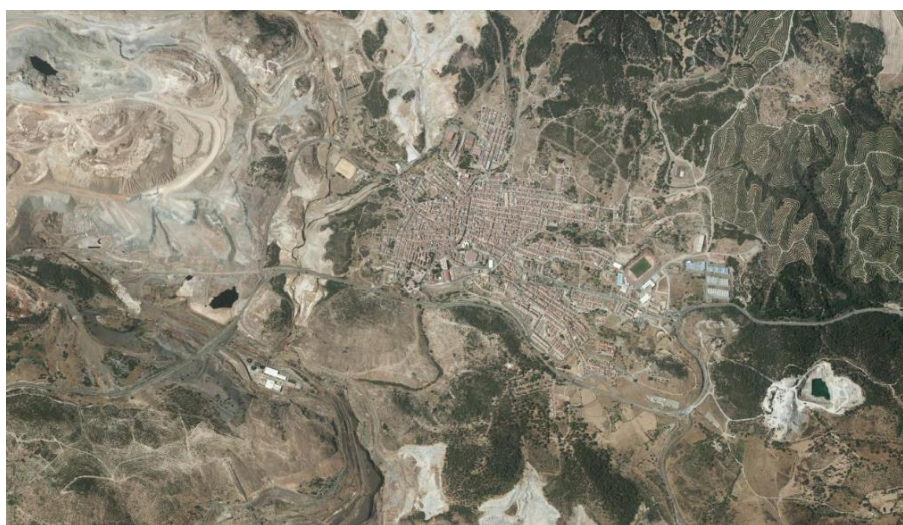


**Figura 5.** Plan Nacional de Ortografía Aérea. Instituto Geográfico Nacional. Municipio de Nerva 1946.



**Figura 6.** Laboratorio de la Rediam. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible (Junta de Andalucía). Municipio de Nerva 1956-57.

La imagen en la actualidad sobre el emplazamiento del pueblo minero, queda reflejada en la Figura 7.



**Figura 7.** Vuelo del PNOA 2017. Instituto Geográfico Nacional. Municipio de Nerva.

#### 5.2.1.1 Origen

Nerva se sitúa en la frontera entre las provincias de Huelva y Sevilla, con limitaciones orográficas al Norte por Sierra Morena y al Sur por la depresión Bética del Valle del Guadalquivir. En su Sierra del Padre Caro nace el río Tinto, que atraviesa el resto de la provincia hasta su desembocadura en el Océano Atlántico. Es un pueblo de origen minero, ubicado en uno de los puntos de desarrollo de la minería más importante en la provincia de



Huelva junto con Tharsis y Calañas; y con una trascendencia en la historia de la minería en España.



**Figura 8.** Corta Atalaya. Instituto Geográfico Nacional. Municipio de Nerva.

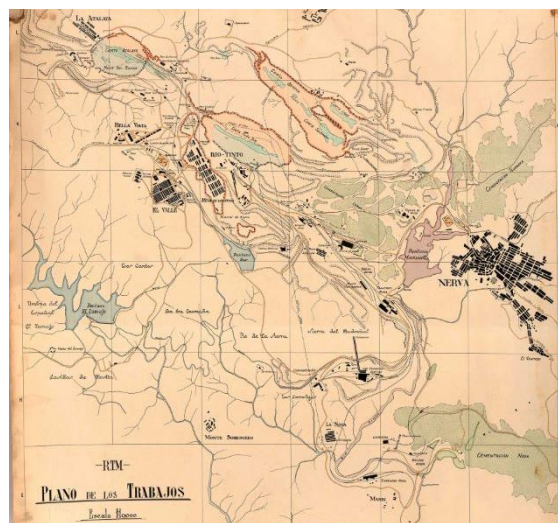
La actividad minera en la cuenca del Río Tinto data de siglos atrás, con estudios sobre explotación minera onubense en la Prehistoria y la Edad Antigua con los pueblos tartesos, fenicios y griegos (Vílchez, 1977). En la época romana, la producción minera de Riotinto alcanzó su máximo esplendor. Posteriormente, en el s.XVI, por las necesidades de buscar recursos metálicos en la península, el rey Felipe II ordenó visitar y reconocer todos los yacimientos mineros de España tras el descubrimiento de la existencia de plata en el yacimiento de Guadalcanal (Macías, Delgado, Domínguez, & López, 2011). En estos documentos se recogen las características de los pozos y las vetas de mineral existentes en Huelva, centrándose en las de Riotinto principalmente. De esta época se registran las primeras viviendas del núcleo nervense, llamadas “Nuestra Señora de Riotinto”, donde Diego Delgado se alojó en un pequeño conjunto de casas en las cercanías de las antiguas explotaciones mineras (Andalucía, 2006).

En el s.XVII, comenzaron de nuevo las investigaciones sobre las antiguas minas de Riotinto de la mano de don Juan de Oñate por orden de la Junta de Minas creada durante el reinado de Felipe IV (Macías et al., 2011). Estudió los beneficios que se habían conseguido según las escorias de antiguas fundiciones. El descubrimiento en estas minas de un nuevo metal en 1626, conocido como “el metal blanco de las minas de Riotinto”, y su posible empleo para la creación de la nueva moneda de España situó las minas del entorno de Zalamea en el punto de mira. Dicho metal no se había extraído en ningún otro territorio fuera de las fronteras de España, por lo que se consideró propio de la zona. Este fue el segundo intento de reinicio de la actividad minera para la fabricación de monedas en el año 1627.

En 1637, 1661 y 1695 se sucedieron actuaciones puntuales de concesiones por parte del rey a personajes identificados con el fin de explotar los recursos de estas minas para su propio beneficio, pero sin perdurar en el tiempo.

No será hasta el s.XVIII en el que con los impulsos de las políticas de Felipe V y Carlos III, volvería la actividad minera a cobrar importancia con la vuelta a la producción de sus explotaciones. Esto provocó un incremento demográfico en las poblaciones de los municipios de los alrededores de los yacimientos (sobre todo Nerva, Riotinto, El Campillo –núcleos de

Zalamea la Real entonces- y Zalamea la Real) que se mantuvo hasta finales del s.XIX (Andalucía, 2006), tal y como se refleja en la Figura 9.



**Figura 9.** Plano de Trabajos Minas de Riotinto 1846. Fundación Río Tinto.

El 7 de agosto de 1885, Nerva se constituyó villa, segregándose de Zalamea la Real. Su nombre se debe al emperador romano Marco Conceyo Nerva, por una placa que se encontró en la zona de las antiguas minas explotadas por los romanos.

En las últimas décadas del s.XIX, la edificación residencial de viviendas aumentó debido a la búsqueda de un sistema de asentamientos que se ajustara a las necesidades del modelo productivo (muy intensivo) (Maurín Álvarez, 2016). Se construyeron más de tres mil viviendas en diversos lugares del término que poseía la *Riotinto Company Limited*, empresa inglesa que explotaba los yacimientos mineros. No obstante, muchos de los obreros tuvieron que alojarse en núcleos urbanos próximos como Nerva o El Campillo, aumentando la demografía en estas poblaciones notablemente.

En la actualidad, la explotación minera está en activo, proporcionando en la zona de la Cuenca Minera de Riotinto el retroceso del “éxodo rural” que están sufriendo las medianas y pequeñas poblaciones en España.



**Figura 10.** Avenida de Andalucía, Nerva (Huelva). Fuente: Blog Nerva Futura

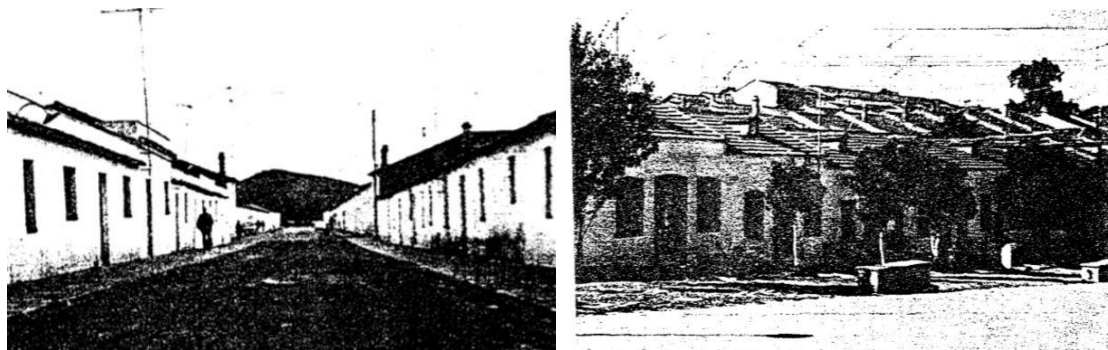
### 5.2.1.2 Arquitectura de los pueblos mineros. Cuenca Minera de Riotinto

La arquitectura de los pueblos mineros tienen su origen en la propia explotación minera y los destinatarios de las viviendas eran mayoritariamente los propios obreros de las minas.

Este tipo de asentamientos urbanos en esta zona de la provincia de Huelva se caracteriza por la existencia de viviendas con un ancho de fachada con unas dimensiones entre 5-8 metros, en las que generalmente se localiza una puerta y dos ventanas. Habitualmente cuentan con una única planta de altura, baño, con 3 ó 4 habitaciones, una superficie aproximada de 90 m<sup>2</sup> construidos, y con una cubierta de tejas a dos aguas.

Las viviendas se disponen en hilera entre medianeras conformando calles, con un fin funcional y por lo general basado en la retícula. Este tipo de organización también se había utilizado en la creación los barrios obreros en otros países de Europa, con motivo de la influencia inglesa de los dirigentes de la explotación minera de la *Riotinto Company Limited*, así como otras empresas con el mismo origen que poseían las minas de Riotinto y gestionaban este ámbito del territorio bajo el régimen semicolonial (Maurín Álvarez, 2016) (Sánchez, 2008).

Las características quedan de manifiesto en la *Figura 11* y adecuadas a las viviendas para obreros de la época, se pueden apreciar en los núcleos de El Campillo y en el Alto de la Mesa (barrio de Riotinto), ambos cercanos a Nerva y pertenecientes a la Cuenca Minera de Riotinto.



**Figura 11.** Imágenes de Archivo. a) Calle en El Alto de la Mesa, Riotinto, b) Viviendas del Valle, Riotinto

La reproducción de esta tipología de viviendas se extendió al resto de poblaciones pertenecientes a la Cuenca Minera de Riotinto. No obstante, en el caso de Nerva las diferentes viviendas han sufrido grandes transformaciones en las últimas décadas, con la ejecución de demoliciones totales o parciales de las mismas, así como grandes reformas, pero siempre conservando la esencia de la vivienda original, especialmente en la composición de huecos de la fachada y la distribución interior de las estancias de forma transversal a un eje principal que recorría la vivienda de un extremo al otro.

Esta tipología residencial entre medianeras será la que definirá los casos de estudio seleccionados, aunque con modificaciones en su tipología original.



### 5.2.2 Condiciones climáticas

La provincia de Huelva se clasifica dentro del grupo de Climas Templados (tipo C) según el Atlas Climatológico Ibérico del Aemet (AEMET & IPMA, 2011) , cuyas temperaturas más bajas son superiores a los 0°C y los veranos son calurosos, con temperaturas por encima de los 22°C. El subtipo para el municipio de Nerva es tipo Csa, clima templado con verano seco y caluroso, según la clasificación de Köppen-Geiger (AEMET & IPMA, 2011). Esto queda reflejado en la *Figura 12*.



**Figura 12.** Mapa Atlas Nacional de España. Instituto Geográfico Nacional. Clasificación climática según Köppen.

Además de esta clasificación climática, podemos definir los siguientes datos climáticos específicos de localidad de Nerva gracias a los datos proporcionados por el Visor del Atlas Climático de la Península Ibérica (AEMET, 2020). En la *Tabla 8* quedan reflejadas las temperaturas medias, así como las máximas y mínimas. Se observa que la media de las temperaturas máximas de Nerva no supera los 23°C y las mínimas los 11'3 °C, siendo 17,1 °C la media anual de temperatura en la localidad.

**EL USO DE LA ENERGÍA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES INTERIORES EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN HILERA EN CLIMA MEDITERRÁNEO**

Carmen Rodríguez Moya

Grado en Fundamentos de Arquitectura

MES	TEMPERATURAS MEDIAS MÍNIMAS	TEMPERATURAS MEDIAS MÁXIMAS	TEMPERATURAS MEDIAS
ENERO	4,9	14	9,5
FEBRERO	5,8	15,6	10,7
MARZO	7,4	18,7	13
ABRIL	8,7	19,8	14,3
MAYO	11,6	23,5	17,5
JUNIO	15,4	29,1	22,3
JULIO	18,7	34,1	26,4
AGOSTO	18,8	34,2	26,5
SEPTIEMBRE	16,7	30,1	23,4
OCTUBRE	12,7	23,5	18,1
NOVIEMBRE	8,8	18,3	13,6
DICIEMBRE	6,2	14,8	10,5
<b>ANUAL</b>	<b>11,3</b>	<b>22,9</b>	<b>17,1</b>

**Tabla 8.** Datos de la Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Visor del Atlas Climático de la Península ibérica. Temperaturas medias mensuales. Elaboración Propia.

Además, respecto a los datos de temperatura en referencia a los días que se superan ciertos límites, recogidos en la *Tabla 9*, podemos concretar que, aproximadamente, el 40% de los días del año la temperatura exterior supera los 25°C, y cerca del 10% de los días del año la temperatura mínima se encuentra por encima de los 20°C. No obstante, debemos tener en cuenta los datos que se toman según las estaciones y los meses del año, que hacen variar las medias anuales.

ESTACIÓN	Nº medio de días con Tª máx. >25°C	Nº medio de días con Tª mín. < 0°C	Nº medio de días con Tª mín. >20°C
OTOÑO	42,6	-0,2	8,7
INVIERNO	0,3	6,5	-
PRIMAVERA	23	-0,1	-
VERANO	85,3	0	38,7
<b>ANUAL</b>	<b>151,2</b>	<b>6,8</b>	<b>38,7</b>

**Tabla 9.** Datos de la Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Visor del Atlas Climático de la Península ibérica. Número de días con temperaturas máximas de más de 25°C, con temperaturas mínimas de menos de 0°C y con temperaturas mínimas de más de 20°C. Elaboración Propia.

Podemos concluir que, por lo general, el clima de Nerva presenta temperaturas suaves en periodos de invierno, siendo el resto de las estaciones más o menos cálidas, sobre todo la estación estival, en la que la temperatura media se aproxima a los 25 °C con una media de temperaturas máximas de 32'8 °C.

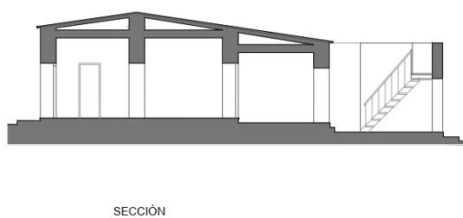


### 5.2.3 Caso de Estudio A

El Caso de estudio A corresponde a una vivienda unifamiliar entre medianeras distribuida en una única planta, en la que se disponen las distintas estancias en torno a un eje principal longitudinal que recorre la vivienda de un extremo al otro, desde el acceso principal hasta el acceso secundario por el patio, tal y como se muestra en la *Figura 13*. De esta forma, aparecen varios espacios interiores, sin relación directa con el exterior. La relación de las distintas estancias que componen este caso de estudio y su superficie se muestra en la *Tabla 10*.



**Figura 13.** Planimetría del Caso de estudio A. Elaboración propia.



**Tabla 10.** Superficies útiles Caso de estudio A. Elaboración propia.

SUPERFICIES ÚTILES CASO A	
Vestíbulo	4'57 m <sup>2</sup>
Dormitorio 1	7'00 m <sup>2</sup>
Dormitorio 2	8'40 m <sup>2</sup>
Dormitorio 3	9'00 m <sup>2</sup>
Comedor	13'65 m <sup>2</sup>
Sala de estar	21'60 m <sup>2</sup>
Cocina	6'90 m <sup>2</sup>
Baño	5'05 m <sup>2</sup>
Lavadero	4'81 m <sup>2</sup>
Patio	10'82 m <sup>2</sup>
<b>TOTAL CASO B</b>	<b>91,80 m<sup>2</sup></b>

Los locales húmedos de la vivienda (cocina, el baño y lavadero), situados en la zona Norte de la vivienda forman parte de una ampliación posterior a la edificación principal existente desde 1940, cuyo año de construcción desconocemos. Las cubiertas de los locales húmedos es plana, a diferencia del cuerpo principal de la vivienda, cuya cubierta es tradicional inclinada con tejas cerámicas tipo árabe sin aislamiento en ninguno de los casos. La estructura está compuesta por muros de mampostería de espesor 60 cm sin aislamiento térmico y revestidos tanto por el exterior como por el interior.

## EL USO DE LA ENERGÍA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES INTERIORES EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN HILERA EN CLIMA MEDITERRÁNEO

Carmen Rodríguez Moya

Grado en Fundamentos de Arquitectura

En la *Tabla 11* se muestran las características principales que debemos conocer sobre este caso de estudio.

DESCRIPCIÓN CASO DE ESTUDIO A	
Año de construcción	1940
Reforma / Año	Sí / 1990
Características de la reforma	Instalación eléctrica
Zona climática (CTE)	B3 (Altitud 346 msnm)
Tipología	Unifamiliar entre medianeras
Superficie Construida	108 m <sup>2</sup>
Tamaño del Hogar	1
Nº estancias	6
Fachada. Características constructivas	Muros de mampostería 60cm. Piedra Caliza. Revestimiento interior y exterior
Transmitancia Fachadas W/m <sup>2</sup> K (U)	1'85
Tipo de cubierta	Inclinada
Cubierta. Características constructivas	Vigas de madera, tablones de madera y teja cerámica árabe
Transmitancia Cubierta W/m <sup>2</sup> K (U)	2'72
Protección solar	Persianas de PVC
Producción ACS	Calentador de gas
Sistema de Ventilación	No
Sistema de Calefacción/ Tipo	Sí / Radiador de aceite
Sistema de Enfriamiento/ Tipo	No

**Tabla 11.** Descripción del Caso de estudio A. Elaboración propia.



**Figura 13.** Caso de estudio A. Sede Electrónica del catastro. Ministerio de Hacienda.

### 5.2.4 Caso de Estudio B

El Caso de estudio B corresponde a una vivienda unifamiliar entre medianeras distribuida en dos plantas. En la planta baja se encuentran las zonas de día y noche, y en la planta alta se localiza un despacho, aunque está destinada principalmente al almacenamiento, tal y como se muestra en la *Figura 14*. La relación entre las distintas estancias que componen este caso de estudio y su superficie se muestran en la *Tabla 12*.



**Figura 14.** Planimetría del Caso de estudio B. Elaboración propia.

SUPERFICIES ÚTILES CASO B		SUPERFICIES ÚTILES CASO B	
Vestíbulo 1	1'96 m <sup>2</sup>	Almacén	53'22 m <sup>2</sup>
Vestíbulo 2	7'54 m <sup>2</sup>	Despacho	10'47 m <sup>2</sup>
Distribuidor	3'23 m <sup>2</sup>	<b>TOTAL P1</b>	<b>63'69 m<sup>2</sup></b>
Dormitorio 1	13'80 m <sup>2</sup>	<b>TOTAL CASO B</b>	<b>219'66 m<sup>2</sup></b>
Dormitorio 2	9'26 m <sup>2</sup>		
Dormitorio 3	7'98 m <sup>2</sup>		
Salón / Comedor	33'56 m <sup>2</sup>		
Cocina	7'84 m <sup>2</sup>		
Baño	8'98 m <sup>2</sup>		
Lavadero	6'24 m <sup>2</sup>		
Patio	55'58 m <sup>2</sup>		
<b>TOTAL PB</b>	<b>155'97 m<sup>2</sup></b>		

**Tabla 12.** Superficies útiles Caso de estudio B.  
Elaboración propia.

La estructura de la planta baja de la vivienda está formada por muros de carga de mampostería de espesor 60 cm sin aislamiento térmico revestidos tanto por el interior como por el exterior, y el forjado intermedio entre las plantas, de bovedillas cerámicas y viguetas armadas. La planta alta de este caso de estudio se edificó en 2003 y la estructura portante vertical está formada por muros de carga de un pie y medio de ladrillo perforado. La cubierta es inclinada y está formada por vigas de acero laminado IPE, rasillones cerámicos para el entrevigado, aislante térmico de poliestireno expandido de espesor 4 cm y tejas cerámicas. Al igual que para el caso de estudio A, la definición de las características constructivas de la envolvente térmica, tanto vertical como horizontal, nos proporcionará la información suficiente para conocer la transmitancia de los mismos.

En la *Tabla 13* se muestran las características principales que debemos conocer sobre este caso de estudio.

**EL USO DE LA ENERGÍA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES INTERIORES EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN HILERA EN CLIMA MEDITERRÁNEO**

Carmen Rodríguez Moya

Grado en Fundamentos de Arquitectura

DESCRIPCIÓN CASO DE ESTUDIO B	
Año de construcción	1940
Reforma / Año	Sí / 2003
Características de la reforma	Edificación de la planta alta
Zona climática (CTE)	C3 (Altitud 393 msnm)
Tipología	Unifamiliar entre medianeras
Superficie Construida	239 m <sup>2</sup>
Tamaño del Hogar	4
Nº estancias	11
Fachada	PB. Muros de mampostería 60cm.Revestimiento interior y exterior P1. 1pie y medio de ladrillo perforado. Revestimiento interior y exterior
Transmitancia Fachadas W/m <sup>2</sup> K (U)	PB. 1'85 P1. 1'34
Tipo de cubierta	Inclinada
Cubierta	Vigas metálicas IPE, entrevigado de rasillones cerámicos, aislante térmico EPS, teja cerámica árabe.
Transmitancia Cubierta W/m <sup>2</sup> K (U)	0'57
Protección solar	Persianas de PVC
Producción ACS	Calentador de gas
Sistema de Ventilación	No
Sistema de Calefacción/ Tipo	Sí / Sistema de expansión directa, partido tipo split
Sistema de Enfriamiento/ Tipo	Sí / Sistema de expansión directa, partido tipo split

**Tabla 13.** Descripción del Caso de estudio B. Elaboración propia.



**Figura 15.** Caso de estudio B. Sede Electrónica del catastro. Ministerio de Hacienda.

## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos a partir de las encuestas y la monitorización de variables ambientales serán analizados en tres periodos diferentes en el tiempo, correspondiéndose el primer periodo al uso habitual de las viviendas antes del confinamiento consecuencia de la pandemia mundial del Covid-19, del 16 de febrero hasta el 16 de marzo, y el segundo periodo corresponde a las semanas durante la cuarentena. Este segundo periodo se subdivide a su vez en dos partes en función de las condiciones climáticas exteriores, por un lado se establece un periodo que abarca del 17 de marzo hasta el 30 de abril, y por otro lado, un periodo desde el 1 de mayo hasta el 29 del mismo mes. Esta división en varios periodos, además de corresponder a las distintas formas de ocupación de la vivienda que podrían darse, también corresponde en parte con las variaciones climáticas sufridas durante el transcurso total de la monitorización de variables ambientales.

### 6.1. USO DE LA ENERGÍA Y OCUPACIÓN VIVIENDAS

Partiendo de la información obtenida mediante las encuestas realizadas a los usuarios, hemos podido establecer una serie de pautas sobre el comportamiento de los mismos en cada caso de estudio. Hemos podido conocer cómo cada vivienda es ocupada diariamente, el uso de los sistemas de calefacción y refrigeración, así como, el uso de los electrodomésticos en cada caso.

Por otro lado, para la descripción de las características del hogar, hemos establecido una clasificación de los habitantes en función de la edad y el número de los mismos. De esta forma, para los casos de estudio dados, los grupos de edades establecidos son: Grupo C entre 18 y 25 años, Grupo E entre 45 y 70 años, y Grupo F mayores de 70 años.

#### 6.1.1 Caso de Estudio A

El hogar –entendido como el número de personas que habita en una vivienda- en este caso de estudio está formado por una única persona mayor de 70 años, cuya clasificación será F1 por el grupo de edad al que pertenece y por el número de persona de ese grupo. Para la calefacción del espacio, existe en el salón un único radiador de aceite; y para refrigeración, emplea un ventilador de mesa también en el salón.

A continuación, analizaremos el perfil de ocupación del usuario en la vivienda y el empleo de los sistemas de climatización existentes, así como la ventilación natural. Con los resultados de las encuestas hemos podido determinar estos datos por horas y para un día normal en la vida de la vivienda en cuestión para cada periodo establecido.

#### Periodo 1: Previo a cuarentena (16 febrero – 16 marzo)

En la *Figura 16*, correspondiente al primer periodo de estudio, comprobamos que prácticamente la vivienda se encuentra ocupada todo el día excepto un periodo de tiempo por la mañana. La ventilación natural en la vivienda funciona unas 7 horas, esto supone que las ventanas se encuentran abiertas durante toda la mañana en la estancia en la que se ha realizado la monitorización, hecho que posteriormente contrastaremos con los datos tomados in-situ. Por otro lado, el sistema de calefacción (radiador de aceite) sólo funciona por la tarde en el salón durante 7 horas.



**EL USO DE LA ENERGÍA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES INTERIORES EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN HILERA EN CLIMA MEDITERRÁNEO**

Carmen Rodríguez Moya

Grado en Fundamentos de Arquitectura

CASO A		PATRÓN DE USO DIARIO. PERIODO 1 (16 febrero-16 marzo)																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ocupación F1	L-V																								
	S-D																								
Ventilación Natural																									
Sistema Calefacción																									
Sistema Refrigeración																									

**Figura 16.** Patrón de uso diario. Periodo 1 (16 febrero-16 marzo). Datos obtenidos de las encuestas a usuarios. Elaboración propia.

Durante el primer periodo, las temperaturas se correspondieron más con las de invierno en la localización, Nerva, por lo que el uso del sistema de refrigeración es inexistente. No obstante, a pesar de emplear el sistema de calefacción durante este tiempo, el usuario en las encuestas afirma que para mantenerse en calor primero se puso más ropa, luego se tapó con una manta, cerró todas las puertas y ventanas y finalmente encendió la calefacción de la casa (radiador de aceite). A partir de esta información, podemos decir que debido a las circunstancias de temperaturas tan bajas en el interior de la vivienda, manifestadas en todo el proceso que lleva a cabo el usuario para mantenerse en calor, mantener la ventilación natural de la vivienda durante toda la mañana en las horas de temperaturas exteriores más bajas, influye determinadamente en las condiciones de confort térmico interior.

**Periodo 2: Durante cuarentena (17 marzo – 30 abril)**

En la *Figura 17*, correspondiente al segundo periodo de estudio, observamos cambios en la ocupación de la vivienda, siendo ahora una ocupación constante y permanente durante toda la semana, como consecuencia del confinamiento establecido por la pandemia del Covid-19 que comenzó el 15 de marzo. La ventilación natural se mantiene en horario de mañana y de nuevo el sistema de calefacción se emplea por la tarde durante las mismas horas que en el primer periodo.

CASO A		PATRÓN DE USO DIARIO. PERIODO 2 (17 marzo-30 abril)																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ocupación F1	L-V																								
	S-D																								
Ventilación Natural																									
Sistema Calefacción																									
Sistema Refrigeración																									

**Figura 17.** Patrón de uso diario. Periodo 2 (17 marzo-30 abril). Datos obtenidos de las encuestas a usuarios. Elaboración propia.

**Periodo 3: Durante cuarentena (1 mayo – 29 mayo)**

Por último, en la *Figura 18*, correspondiente al tercer periodo de estudio, observamos cambios en la ocupación de la vivienda se mantiene durante todo el día como en el periodo anterior, pero en este caso el sistema de refrigeración se emplea en las horas de temperaturas exteriores más altas. En este periodo, las temperaturas exteriores sufren un aumento por el acercamiento al periodo de verano.

## EL USO DE LA ENERGÍA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES INTERIORES EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN HILERA EN CLIMA MEDITERRÁNEO

Carmen Rodríguez Moya

Grado en Fundamentos de Arquitectura

CASO A		PATRÓN DE USO DIARIO. PERIODO 3 (1 mayo-29 mayo)																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ocupación F1	L-V																								
	S-D																								
Ventilación Natural																									
Sistema Calefacción																									
Sistema Refrigeración																									

**Figura 18.** Patrón de uso diario. Periodo 3 (1 mayo-29 mayo). Datos obtenidos de las encuestas a usuarios. Elaboración propia.

Para este periodo más cálido, el proceso para mantenerse más fresco en la vivienda que sigue el usuario es el siguiente: primero ponerse ropa más ligera, abrir todas las puertas y ventanas, y por último encender el ventilador de mesa que es el dispositivo que posee para refrigeración en la vivienda.

Respecto a la ventilación natural, en los periodos fríos se realiza durante las horas de la mañana, durante 7 horas, mientras que en los periodos más cálidos (tercer periodo de estudio) se mantiene desde por la mañana hasta por la noche antes de dormir, prolongando la ventilación natural de la vivienda hasta las 13 horas diarias. Partiendo de la *Figura 18*, cabe destacar que a pesar de las altas temperaturas del exterior durante este periodo analizado, la ventilación natural se mantiene en la vivienda durante las horas de mayores temperaturas exteriores, suponiendo un aporte de calor al interior de la vivienda que en las circunstancias estacionales en las que se producen no resultan mejoras en el confort interior de la vivienda, aumentando la temperatura interior.

Por último, debemos tener en cuenta los distintos electrodomésticos existentes en la vivienda que pueden aportar calor a la misma en sus horas de uso, produciendo variaciones en las temperaturas interiores y afectando al confort de los usuarios. En la *Figura 19*, recogemos los datos sobre este tema que nos han aportado las encuestas. Desde mediodía hasta por la noche, el uso de estos dispositivos es mayor.

CASO A		HORAS DE USO DE ELECTRODOMÉSTICOS PRINCIPALES																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Televisión	L-V																								
	S-D																								
Cocina	L-V																								
	S-D																								
Microondas	L-V																								
	S-D																								
Plancha	L-V																								
	S-D																								

**Figura 19.** Horas de uso de los electrodomésticos principales Caso de estudio A. Datos obtenidos de las encuestas a usuarios. Elaboración propia.

### 6.1.2 Caso de Estudio B

El hogar que habita en la vivienda Caso de estudio B, está formado por cuatro personas. Dos de ellas forman parte del grupo C, con edades comprendidas entre los 18 y los 25 años, y los dos restantes al Grupo E, con edades entre los 45 y los 70 años.



A continuación, analizaremos el perfil de ocupación del usuario en la vivienda y el empleo de los sistemas de climatización existentes, así como la ventilación natural. Con los resultados de las encuestas hemos podido determinar estos datos por horas y para un día normal en la vida de la vivienda en cuestión para cada periodo establecido.

**Periodo 1: Previo a cuarentena (16 febrero – 16 marzo)**

En la *Figura 20*, correspondiente al primer periodo de estudio, observamos que la ocupación de la vivienda es completa durante el fin de semana por las cuatro personas que habitan en ella. Para el caso del habitante C2, la ocupación de lunes a viernes es inexistente, pues no es su vivienda habitual, y en el resto de los habitantes, los periodos de ocupación se corresponden con las horas que no están desarrollando su actividad laboral.

La ventilación natural durante este periodo se realizó por la mañana (8 horas) y el sistema de calefacción situado en el salón-comedor (sistema de expansión directa, partido, tipo Split) se empleó durante dos horas por la noche, acompañado por otro equipo auxiliar para el aporte de calor (estufa eléctrica).

CASO B		PATRÓN DE USO DÍA PERIODO 1 (16 febrero-16 marzo)																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ocupación C1	L-V																								
	S-D																								
Ocupación C2	L-V																								
	S-D																								
Ocupación E1	L-V																								
	S-D																								
Ocupación E2	L-V																								
	S-D																								
Ventilación Natural																									
Sistema Calefacción																									
Sistema Refrigeración																									

**Figura 20.** Patrón de uso diario. Periodo 1 (16 febrero-16 marzo). Datos obtenidos de las encuestas a usuarios. Elaboración propia.

Para mantenerse en calor en la vivienda durante este periodo y el siguiente, el comportamiento de los usuarios siguió el siguiente orden: primero se pusieron ropa más abrigada, después cerraron todas las puertas y ventanas y finalmente encendieron la calefacción de la vivienda. De esta forma se retrasa el periodo de activación de los sistemas de climatización existentes en la vivienda, motivados por un ahorro en el consumo energético y también un ahorro económico, procurando alcanzar la situación de confort térmico mediante otros métodos que se encuentran a su alcance y no suponen un gasto económico añadido. La temperatura a la que fijaron el sistema de climatización tanto en modo frío como en modo calor, se establece entre los 21°C y los 25°C.

Para los periodos fríos, realizan la ventilación natural de la vivienda durante la mañana y por un periodo de tiempo de 8 horas, según muestra la *Figura 20*. En este caso, a diferencia del Caso de Estudio A, este periodo de ventilación más prolongado tiene más sentido por una mayor ocupación de la vivienda (mayor número de integrantes del hogar), por lo que la concentración de CO<sub>2</sub> en el interior obtenida durante la noche será mucho mayor y requerirá un mayor periodo de renovación del aire. No obstante, mantener la ventilación natural

**EL USO DE LA ENERGÍA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES INTERIORES EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN HILERA EN CLIMA MEDITERRÁNEO**

Carmen Rodríguez Moya

Grado en Fundamentos de Arquitectura

durante las horas de temperaturas exteriores más bajas puede suponer una disminución de la temperatura interior afectando al confort térmico de los usuarios.

**Periodo 2: Durante cuarentena (17 marzo – 30 abril)**

En la *Figura 21*, correspondiente al segundo periodo de estudio, observamos cambios en la ocupación de la vivienda, estando ocupada por tres de los habitantes durante todos los días de la semana, como consecuencia del confinamiento establecido por la pandemia del Covid-19 que comenzó el 15 de marzo igual que en el caso anterior. La ventilación natural se mantiene en horario de mañana y de nuevo el sistema de calefacción se emplea por la tarde durante las mismas horas que en el primer periodo (dos horas durante la noche).

CASO B		PATRÓN DE USO DÍA PERIODO 2 (17 marzo-30 abril)																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ocupación C1	L-V																								
	S-D																								
Ocupación C2	L-V																								
	S-D																								
Ocupación E1	L-V																								
	S-D																								
Ocupación E2	L-V																								
	S-D																								
Ventilación Natural																									
Sistema Calefacción																									
Sistema Refrigeración																									

**Figura 21.** Patrón de uso diario. Periodo 2 (17 marzo-30 abril). Datos obtenidos de las encuestas a usuarios. Elaboración propia.

**Periodo 3: Durante cuarentena (1 mayo – 29 mayo)**

Por último, en la *Figura 22*, correspondiente al tercer periodo de estudio, de nuevo se producen cambios en la ocupación de la vivienda, siendo en este caso dos usuarios los que se mantienen durante todos los días de la semana en la vivienda. En este periodo ya no se emplea el sistema de calefacción, sustituido por el de refrigeración durante dos horas a mediodía, debido a las temperaturas más altas del exterior.

CASO B		PATRÓN DE USO DÍA PERIODO 3 (1 mayo-29 mayo)																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Ocupación C1	L-V																								
	S-D																								
Ocupación C2	L-V																								
	S-D																								
Ocupación E1	L-V																								
	S-D																								
Ocupación E2	L-V																								
	S-D																								
Ventilación Natural																									
Sistema Calefacción																									
Sistema Refrigeración																									

**Figura 22.** Patrón de uso diario. Periodo 3 (1 mayo-29 mayo). Datos obtenidos de las encuestas a usuarios. Elaboración propia.

La ventilación natural en este periodo más cálido, se realiza durante las 8 horas de la mañana y por la tarde otras 3 horas, aprovechando las bajadas de las temperaturas. En los periodos de temperaturas exteriores bajas se realiza durante la mañana, y en periodos de temperaturas exteriores altas, se realiza durante la mañana hasta mediodía y durante la tarde cuando las temperaturas exteriores comienzan a suavizarse, lo que facilitará además de la renovación del aire interior, un descenso de las temperaturas interiores provocado por el ambiente exterior.

El comportamiento de los usuarios durante este periodo, para mantenerse frescos fue el siguiente: primero encender un equipo auxiliar de refrigeración (ventilador de mesa), luego ponerse ropa más fresca, y por último encender el aparato de refrigeración de la casa en el salón durante las dos horas indicadas en la *Figura 22*. En este caso, con el empleo en primer lugar del equipo auxiliar de refrigeración (ventilador), podemos deducir que la causa es de origen económica, destacando el factor económico como determinante en la obtención de las condiciones de confort térmico interior.

También debemos tener en cuenta los distintos electrodomésticos existentes en la vivienda que pueden aportar calor a la misma en sus horas de uso, produciendo variaciones en las temperaturas interiores y afectando al confort de los usuarios. En la *Figura 23*, recogemos los datos sobre este tema que nos han aportado las encuestas. Durante la tarde, el uso de los electrodomésticos es mayor.

CASO B	HORAS DE USO DE ELECTRODOMÉSTICOS PRINCIPALES																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Televisión	L-V																								
	S-D																								
Ordenador portátil	L-V																								
	S-D																								
Cocina	L-V																								
	S-D																								
Horno	L-V																								
	S-D																								
Microondas	L-V																								
	S-D																								
Plancha	L-V																								
	S-D																								

**Figura 23.** Horas de uso de los electrodomésticos principales Caso de estudio B. Datos obtenidos de las encuestas a usuarios. Elaboración propia.

## 6.2. EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES

La base de datos generada a partir de la toma de datos in situ sobre las variables ambientales de cada caso de estudio, nos ha permitido conocer la temperatura del aire interior, la humedad relativa y el nivel de concentración de CO<sub>2</sub> durante el periodo de tiempo que ha abarcado a la monitorización: desde el 16 de febrero de 2020 hasta el 29 de mayo de 2020. Este periodo de tiempo ha sido dividido en tres como en el caso de las encuestas realizadas.

La elaboración de gráficas a partir de esta base de datos ha permitido comparar la información extraída a partir de las encuestas con los medidos in situ, para poder elaborar un perfil de uso y ocupación más cercano a la realidad de cada caso de estudio.

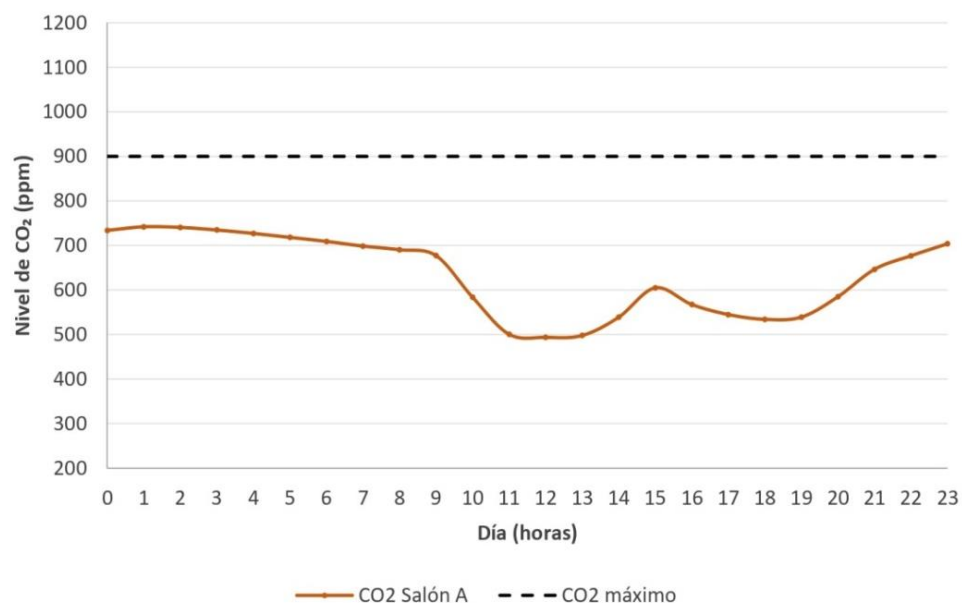
Los datos sobre concentración de CO<sub>2</sub> podrán ser comparados con las horas de ocupación de las distintas estancias, con las posibles variaciones que presenten al alza cuando aumenta la ocupación del espacio o a la baja cuando la ocupación disminuye o se han abierto las ventanas y puertas para la ventilación natural de la vivienda.

Por otro lado, las gráficas realizadas con las mediciones sobre temperatura interior y humedad relativa serán comparadas con los valores medios de las temperaturas máximas y mínimas para cada periodo en concreto, así como con la temperatura media del mismo. Esta información será contrastada con las condiciones de confort interior establecidas por el Código Técnico de la Edificación (M. y A. U. Ministerio de Transportes, 2006).

### 6.2.1 Caso de Estudio A

#### 6.2.1.1 Periodo 1: Previo a cuarentena (16 febrero - 16 marzo)

Teniendo en cuenta el patrón de uso diario obtenido a partir de las encuestas que se muestra en la *Figura 16* del apartado 6.1 *Uso de la energía y ocupación de las viviendas*, en comparación con la gráfica que mide la concentración de CO<sub>2</sub> en la vivienda del caso de estudio A (*Figura 24*), observamos que en las horas centrales, a partir de las 9:00 comienza se produce un descenso brusco en el nivel de CO<sub>2</sub> en el salón, correspondiente con el periodo en que la vivienda está siendo ventilada de forma natural, recogido en la *Figura 24*. Por otro lado, existe un valor extremo a las 15:00, que podría estar motivado por el uso de la cocina anexa al salón donde se estaba realizando la monitorización, aumentando el nivel de CO<sub>2</sub> en la estancia. Podemos además añadir que el periodo de ventilación natural de la vivienda puede ser mayor que el aportado por las encuestas, *Figura 16*, pues el nivel de CO<sub>2</sub> presenta disminuciones en dos tramos entre las 10:00h y las 19:00h aproximadamente.

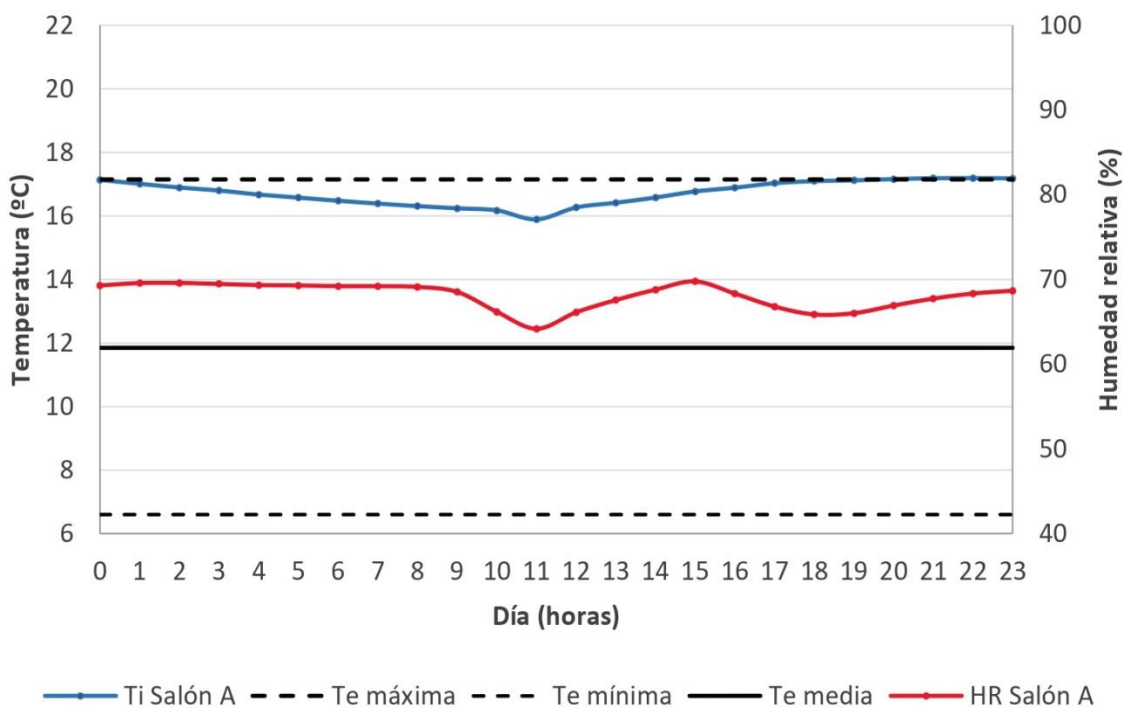


**Figura 24.** Nivel de CO<sub>2</sub> (ppm) por horas. Niveles promedio de un día tipo para el Periodo 1: 16 de febrero- 16 de marzo; medidos en el salón. Caso de estudio A. Elaboración propia.

Respecto a los niveles de Temperatura y de Humedad relativa, en la *Figura 25* observamos que la temperatura en el interior de la vivienda oscila entre los 17°C y los 16°C, teniendo un descenso en las horas centrales coincidiendo con el momento de desocupación y ventilación natural de la vivienda recogido en la *Figura 16* del apartado 6.1 *Uso de la energía y ocupación de las viviendas*. Esta temperatura, se encuentra por debajo de la temperatura de confort establecida para el confort interior en periodo de invierno (21°C) durante todo el día, haciendo evidente que el usuario de esta vivienda se encuentra en situación de disconfort durante todo el día. Además, a esto debemos añadirle el efecto de la humedad relativa (entre el 60% y el 70% durante todo el día), que incrementa la sensación de disconfort térmico en el usuario. Estos valores para la humedad relativa se encuentran por encima del 40-50% establecido para una situación de confort interior. Este fenómeno relacionado con la humedad se mantendrá constante en el resto de los periodos analizados.

Además, respecto a la temperatura, se produce un aumento de la misma a partir de las 12:00h cuando la vivienda comienza a estar ocupada y el uso de los electrodomésticos y los aparatos de calefacción (radiador de aceite no cubierto) se llevan a cabo (*Figura 19* apartado 6.1 *Uso de la energía y ocupación de las viviendas*).

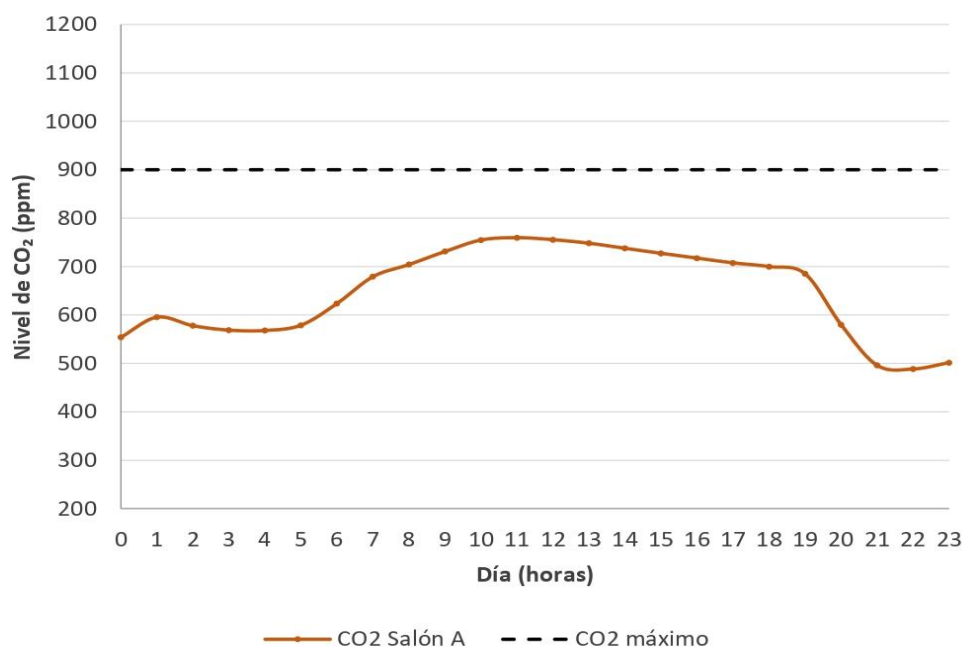
El empleo de aparatos para calefacción, el uso de electrodomésticos (sobre todo la TV en el espacio de monitorización) y el alcance de las temperaturas exteriores máximas, supondrá un aporte de calor al aire interior, pudiendo provocar ese aumento de la temperatura que se recoge en la *Figura 25*. La repercusión de las condiciones térmicas exteriores incide en gran medida en el interior de la vivienda como consecuencia de las características constructivas de la envolvente, con ausencia de aislante térmico, suponiendo un nivel de transmitancia muy elevada-



**Figura 25.** Temperatura (°C) y Humedad Relativa (%) por horas. Niveles promedio de un día tipo para el Periodo 1: 16 de febrero- 16 de marzo; medidos en el salón. Caso de estudio A. Elaboración propia.

### 6.2.1.2 Periodo 2: Durante cuarentena (17 marzo - 30 abril)

En este caso, con el cambio del patrón de uso diario de la vivienda reflejado en la *Figura 17* del apartado 6.1 *Uso de la energía y ocupación de las viviendas*, siendo ocupada durante todo el día, observamos que la gráfica de la *Figura 26* muestra un aumento en la concentración del CO<sub>2</sub> en el salón. Según los datos de las encuestas, la ventilación de la vivienda se siguió realizando durante el mismo tiempo que en el primer periodo analizado (16 febrero- 16 de marzo). No obstante, observamos que el nivel de CO<sub>2</sub> se mantiene en sus niveles más altos durante las horas en las que la ventilación natural a través de ventanas y puertas se debería estar realizando. En este caso, el patrón de uso no se corresponde en su totalidad con los datos obtenidos in situ mediante la monitorización. Este hecho también refleja la influencia de la ocupación de la vivienda en la medición de concentración de CO<sub>2</sub> en el espacio, pues en el caso del salón las diferencias entre el patrón de uso establecido para el periodo 1 de análisis (*Figura 24*) y el del periodo 2 (*Figura 26*), han supuesto que las concentraciones de CO<sub>2</sub> en esa estancia se inviertan prácticamente.



**Figura 26.** Nivel de CO<sub>2</sub> (ppm) por horas. Niveles promedio de un día tipo para el Periodo 2: 17 de marzo – 30 de abril; medidos en el salón. Caso de estudio A. Elaboración propia.

En el caso de la temperatura interior, según muestra la *Figura 27*, se produce un aumento de la misma en el intervalo de horas centrales, cuyas causas pueden haber sido consecuencia del aumento de las temperaturas máximas del exterior, que ejercen influencia en las condiciones de confort interior debido a las características de la envolvente térmica del edificio; las ganancias de calor ocasionadas por una mayor ocupación durante el día, el uso de los aparatos de calefacción (radiador de aceite y estufa eléctrica) en las horas establecidas en el *Figura 17* del apartado 6.1 *Uso de la energía y ocupación de las viviendas*, e incluso durante mayor tiempo; y por un uso mayor de los electrodomésticos que el recogido en la *Figura 19* de ese mismo apartado.

En este caso, la influencia de las condiciones ambientales exteriores de temperatura parecen tener menor repercusión en la temperatura interior del espacio, pues la segunda se mantiene

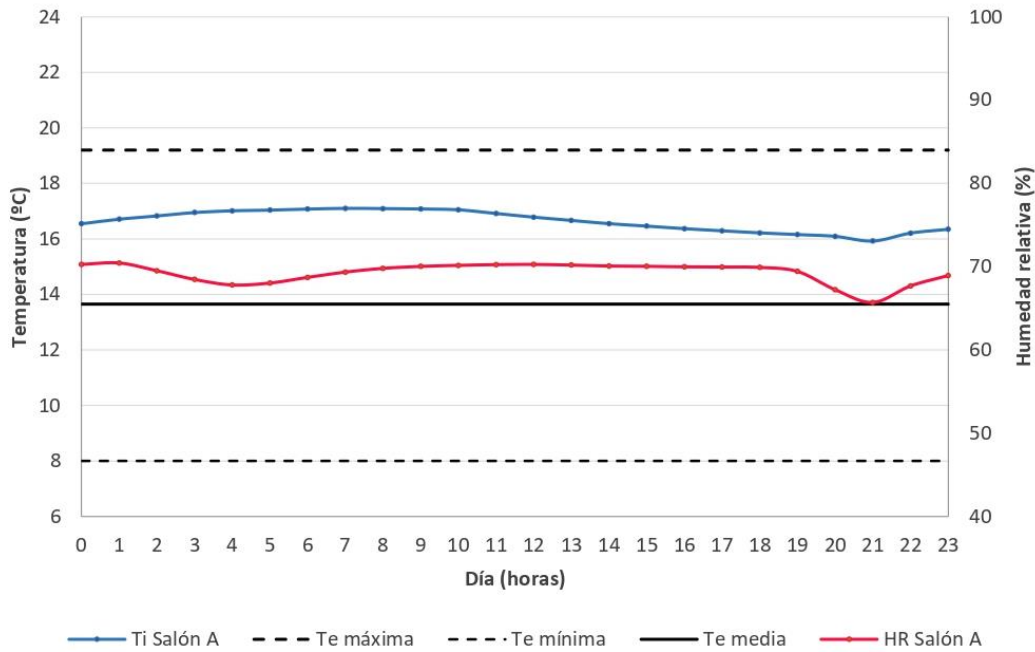


## EL USO DE LA ENERGÍA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES INTERIORES EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN HILERA EN CLIMA MEDITERRÁNEO

Carmen Rodríguez Moya

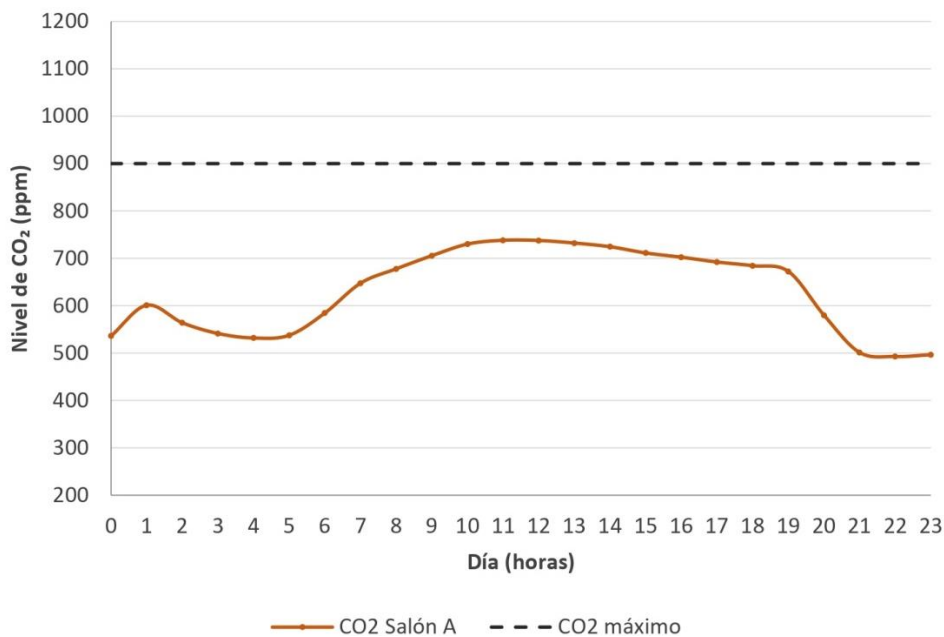
Grado en Fundamentos de Arquitectura

en un intervalo similar al periodo de estudio 2, distanciándose así de las temperaturas medias máximas y mínimas que tienen lugar en el exterior tal y como se muestra en la *Figura 27*.



**Figura 27.** Temperatura (°C) y Humedad Relativa (%) por horas. Niveles promedio de un día tipo para el Periodo 2: 17 de marzo – 30 de abril; medidos en el salón. Caso de estudio A. Elaboración propia.

### 6.2.1.3 Periodo 3: Durante cuarentena (1 mayo - 29 mayo)



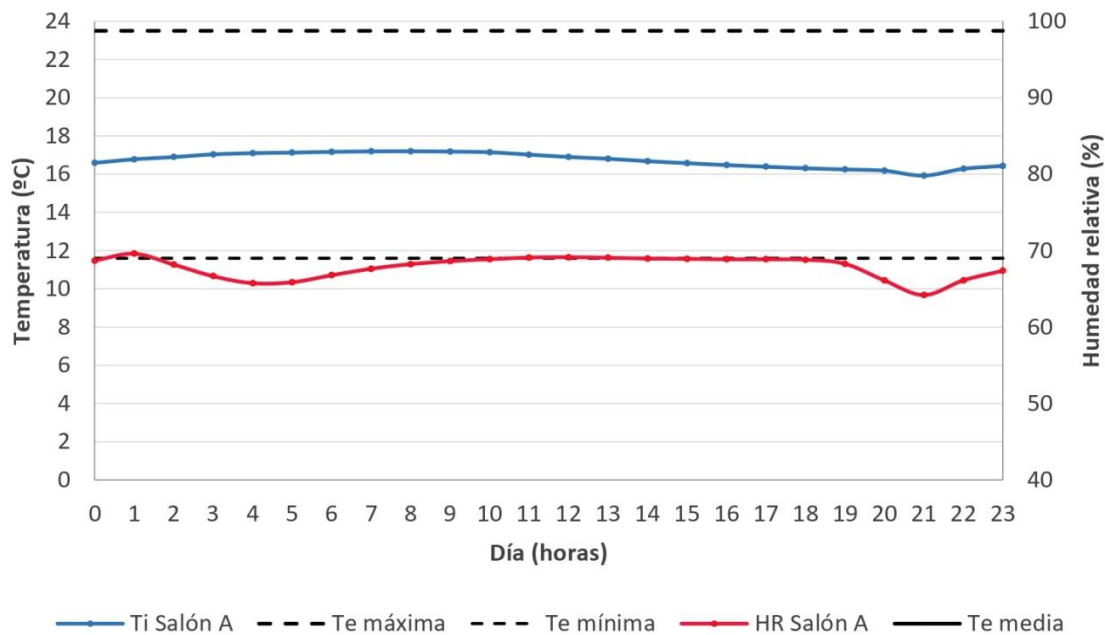
**Figura 28.** Nivel de CO<sub>2</sub> (ppm) por horas. Niveles promedio de un día tipo para el Periodo 3: 1 de mayo – 29 de mayo; medidos en el salón. Caso de estudio A. Elaboración propia.



La *Figura 28* presenta una concentración del CO<sub>2</sub> similar a la del periodo anterior, pues el principal factor que influye en esto es la ocupación de la vivienda y el patrón de uso diario dado por las encuestas no ha variado, corroborándose con los datos medidos in situ.

Respecto a los datos de temperatura y humedad, en la *Figura 29* comprobamos que a pesar de que la temperatura máxima exterior ha aumentado en más de 3°C, la variación térmica en el interior no ha sido tan notable, manteniéndose prácticamente constante a los valores del periodo 2 de estudio. A pesar de haber recogido en las encuestas que para reducir la sensación térmica durante este periodo se empleaba un ventilador de mesa en las horas centrales del día (13:00h-15:00h)- *Figura 18-*, en la gráfica no se muestran variaciones de temperatura consecuencia del empleo de este equipo, por lo que podemos determinar que durante este tiempo no se ha empleado ningún medio de refrigeración en la vivienda, posiblemente debido a las temperaturas tan bajas del interior de la misma. De nuevo en este caso, las condiciones de temperatura interior están muy por debajo de las óptimas para el confort de los usuarios (23°C para periodos cálidos).

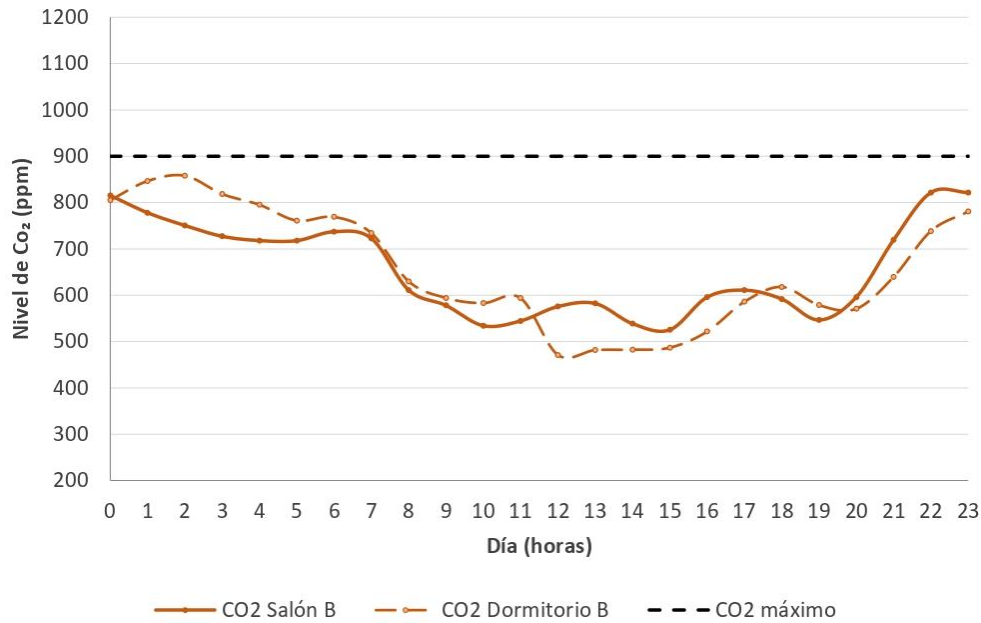
La humedad relativa mantiene los mismos valores que para los periodos anteriores analizados, por encima de los estándares de confort (45-65% para situaciones de calor), pues oscila entre el 65% y el 70%.



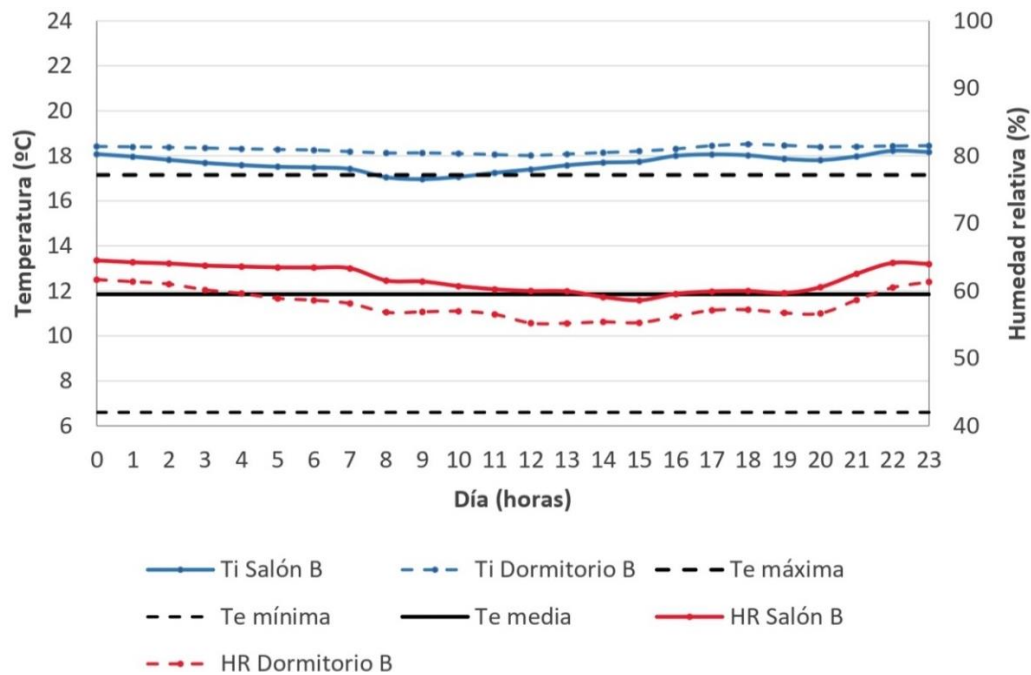
**Figura 29.** Temperatura (°C) y Humedad Relativa (%) por horas. Niveles promedio de un día tipo para el Periodo 3: 1 de mayo – 29 de mayo; medidos en el salón. Caso de estudio A. Elaboración propia.

## 6.2.2 Caso de Estudio B

### 6.2.2.1 Periodo 1: Previo a cuarentena (16 febrero – 16 marzo)



**Figura 30.** Nivel de CO<sub>2</sub> (ppm) por horas. Niveles promedio de un día tipo para el Periodo 1: 16 de febrero- 16 de marzo; medidos en el salón y el dormitorio principal. Caso de estudio B. Elaboración propia.



**Figura 31.** Temperatura (°C) y Humedad Relativa (%) por horas. Niveles promedio de un día tipo para el Periodo 1: 16 de febrero- 16 de marzo; medidos en el salón y el dormitorio principal. Caso de estudio B. Elaboración propia.

Partiendo del patrón de uso diario establecido en la *Figura 20* del apartado 6.1 *Uso de la energía y ocupación de las viviendas*, y en comparación con la *Figura 30* que presenta el nivel de CO<sub>2</sub> de en la vivienda, se puede determinar que las horas centrales del día, la vivienda queda prácticamente vacía correspondiéndose con el patrón de uso entre las horas 8:00h y las 15:00h. Además, este periodo también se corresponde con las horas en las que se preveía ventilación natural en la vivienda según la información aportada por las encuestas. El descenso del nivel de CO<sub>2</sub> en el salón, durante periodos en los que la vivienda se encuentra con ocupada según los datos de las encuestas, se corresponde con el aumento del mismo en el dormitorio, pues los habitantes se han desplazado durante esas horas entre las estancias del interior de la vivienda. Podemos ver que el descenso en la concentración de CO<sub>2</sub> es muy alto durante estas horas, evidenciando la entrada de aire nuevo en el espacio.

Las temperaturas y la humedad relativa en el dormitorio se mantienen más o menos estables durante todo el día, observándose una subida de las temperaturas en horas de ocupación de la estancia, manteniéndose más o menos constantes durante el resto del tiempo en el que la estancia se encuentra desocupada. Respecto al salón, se muestra un aumento de las temperaturas entre las 8:00h y las 17:00h del día, pudiendo estar motivado por la ocupación del espacio, así como el uso de equipos en el espacio.

Para este periodo la temperatura interior también se encuentra por debajo del confort térmico, que estaría en los 21°C en periodos fríos (Ministerio de la Presidencia, 2007). La humedad relativa en este caso, a diferencia del caso de estudio A, se mantiene en valores menores entre el 65% y el 55%, aunque siguen estado por encima de los estándares de confort interior (40-50% en situaciones de frío (Ministerio de la Presidencia, 2007)), como podemos observar en la *Figura 31*. Existe un incremento de la temperatura en las horas de la tarde, posiblemente ocasionado por las ganancias de calor por los equipos y la ocupación del espacio, según muestran las *Figuras 23 y 20* del apartado 6.1, respectivamente.

#### **6.2.2.2 Periodo 2: Durante cuarentena (17 marzo – 30 abril)**

En este periodo, la ocupación de la vivienda varió prácticamente para todos los ocupantes de la misma, según muestra la *Figura 21* del apartado 6.1 *Uso de la energía y ocupación de las viviendas*. Esto conllevará a niveles de concentración de CO<sub>2</sub> más altos en el interior y probablemente a mayores temperaturas por las ganancias de calor por las personas, los equipos y la iluminación (un mayor uso de los mismos).

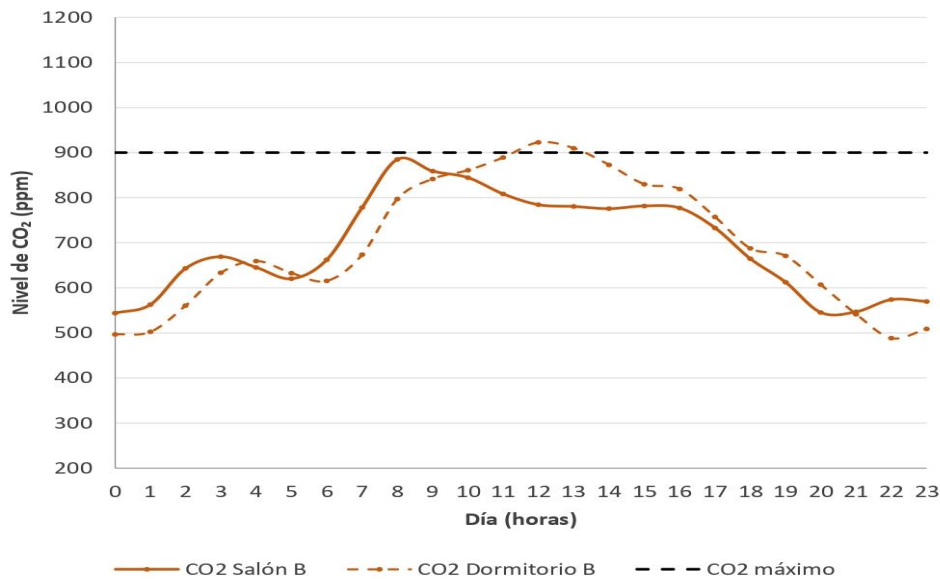
A diferencia de los casos anteriores, en la *Figura 32* se aprecia un aumento en el nivel de CO<sub>2</sub> en la vivienda como consecuencia del aumento de la intensidad de ocupación de la vivienda en horas en las que en el periodo 1 no se preveía. En este caso, los valores son más altos, sobrepasando en determinadas horas del día la concentración de CO<sub>2</sub> máxima anual de referencia establecida para garantizar la calidad del aire interior. Debemos además tener en cuenta que entre las 8:00h y las 15:00 está prevista la ventilación de la vivienda y para el caso del salón, esto se percibe en la reducción de los valores de concentración de CO<sub>2</sub> en ese intervalo de tiempo. No obstante, en el caso del dormitorio la incidencia es menor, probablemente por la presencia de los ocupantes en su interior durante más tiempo, desplazando el momento de la ventilación a horas más tardías que en el periodo 1 (desde las 12:00h hasta las 22:00h, en el que se percibe el crecimiento de los niveles de CO<sub>2</sub> en relación con las horas de sueño). Las nuevas circunstancias motivadas por la pandemia del Covid-19, llevando al teletrabajo y la suspensión de algunas actividades laborales así como educativas,

## EL USO DE LA ENERGÍA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES INTERIORES EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN HILERA EN CLIMA MEDITERRÁNEO

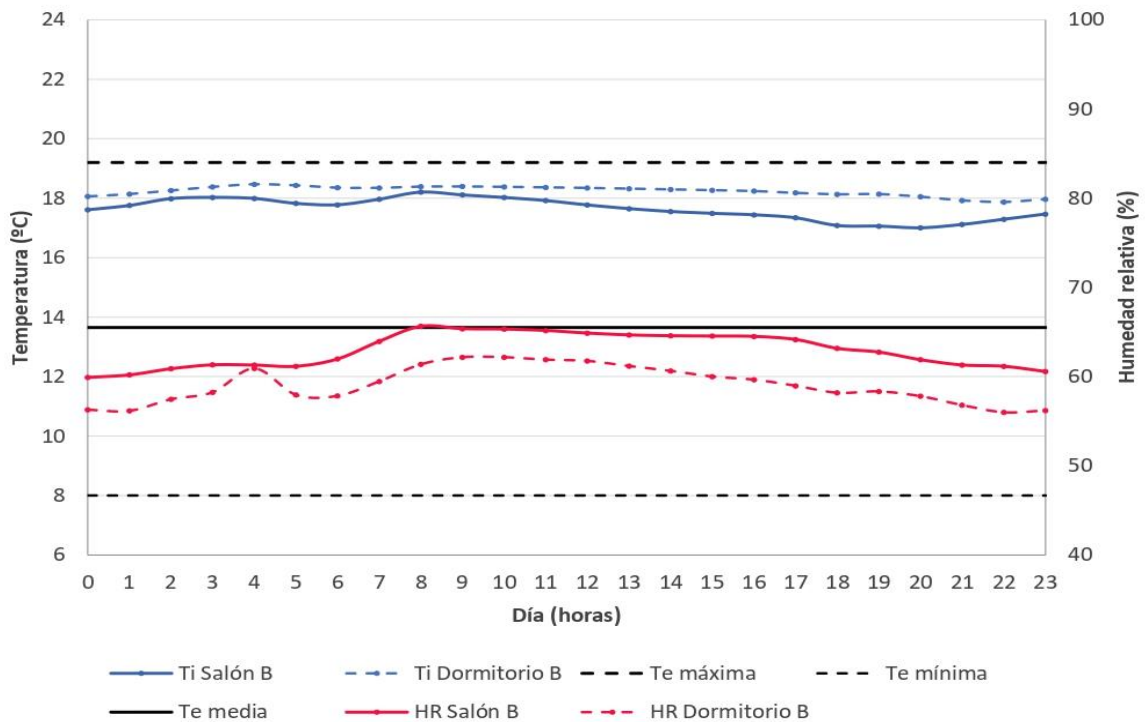
Carmen Rodríguez Moya

Grado en Fundamentos de Arquitectura

han provocado cambios en el comportamiento de los usuarios, reflejándose en este caso de estudio en el que observamos variaciones en las concentraciones de CO<sub>2</sub>.



**Figura 32.** Nivel de CO<sub>2</sub> (ppm) por horas. Niveles promedio de un día tipo para el Periodo 2: 17 de marzo – 30 de abril; medidos en el salón y el dormitorio principal. Caso de estudio A. Elaboración propia.



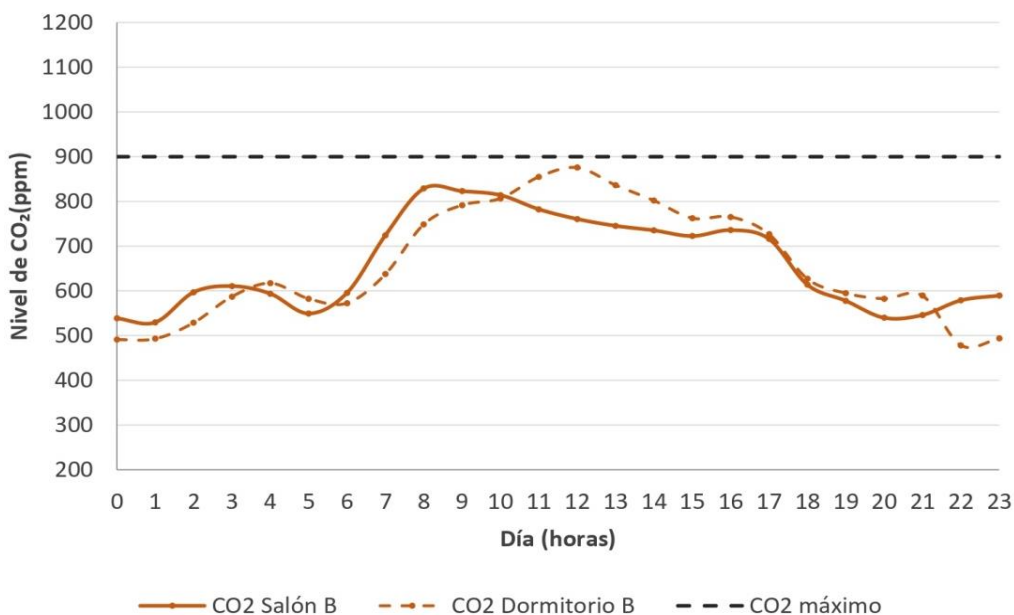
**Figura 33.** Temperatura (°C) y Humedad Relativa (%) por horas. Niveles promedio de un día tipo para el Periodo 2: 17 de marzo – 30 de abril; medidos en el salón y el dormitorio principal. Caso de estudio B. Elaboración propia.

Respecto a las temperaturas y la humedad relativa, las primeras presentan pequeñas variaciones con respecto al periodo anterior. En este caso, las temperaturas por la tarde disminuyen en contraposición con el aumento de la humedad relativa del aire en este mismo momento. Este aumento de la humedad relativa, puede estar ocasionado por fugas en la instalación de abastecimiento de agua del baño, próximo a la localización del dispositivo (información aportada por los usuarios).

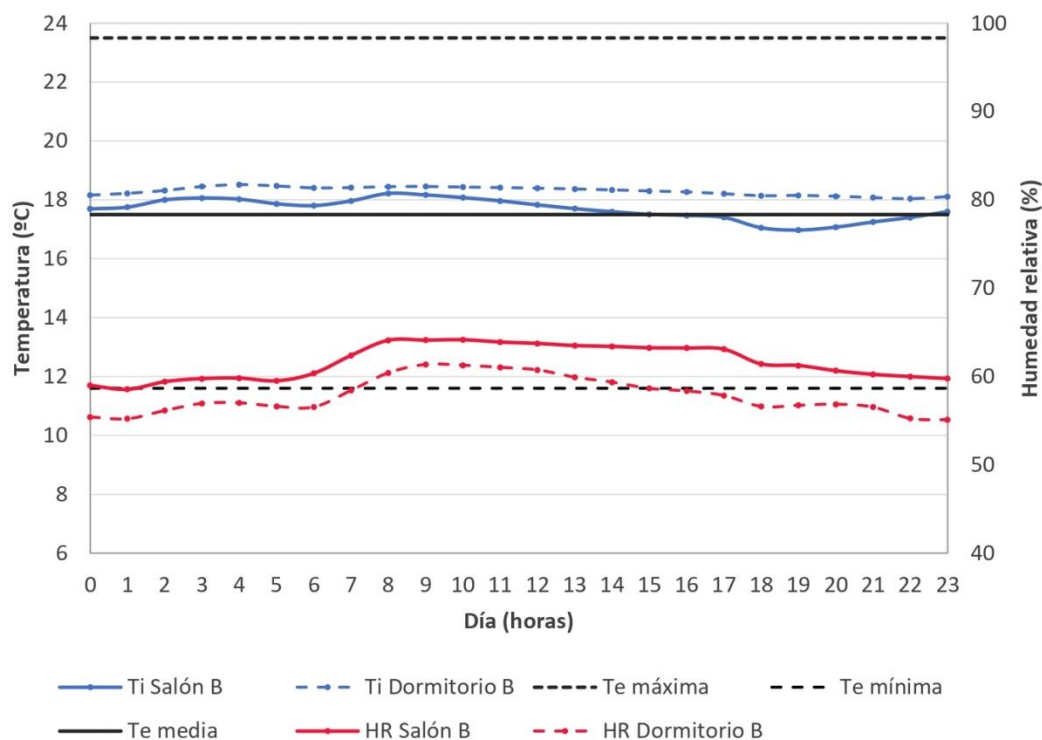
Las temperaturas se mantienen por debajo de la situación de confort para este periodo (21°C (Ministerio de la Presidencia, 2007) durante todo el día, con algunos incrementos de éstas por la tarde cuando entra en funcionamiento el aire acondicionado en modo calor y cuando las cargas por ocupación son mayores, pero sin llegar de igual forma a la situación de confort estandarizada.

### 6.2.2.3 Periodo 3: Durante cuarentena (1 mayo – 29 mayo)

En este periodo, tal y como se muestra en la *Figura 22* del apartado 6.1 *Uso de la energía y ocupación de las viviendas*, la ocupación de la vivienda varía, pues el ocupante E2 no se encuentra en la vivienda entre las 8:00h y las 15:00h, lo que ha podido generar una reducción en los valores de concentración de CO<sub>2</sub> registrados que se muestran en la *Figura 34*. El patrón que presentan es similar al del periodo 2, pues la forma de ocupación de la vivienda no ha variado considerablemente entre ambos periodos. También destacar que los periodos previstos de ventilación natural en la vivienda por la mañana (8:00h-15:00h) y por la tarde (20:00h-22:00h) quedan reflejados en ambas estancias, sobre todo en el salón, aunque en el dormitorio el periodo en el que se produce esta ventilación natural comienza aproximadamente a las 12:00h, por una ocupación de la estancia más prolongada durante la mañana, al igual que en el periodo 2 de análisis.



**Figura 34.** Nivel de CO<sub>2</sub> (ppm) por horas. Niveles promedio de un día tipo para el Periodo 3: 1 de mayo – 29 de mayo; medidos en el salón y el dormitorio principal. Caso de estudio B. Elaboración propia.



**Figura 35.** Temperatura (°C) y Humedad Relativa (%) por horas. Niveles promedio de un día tipo para el Periodo 3: 1 de mayo – 29 de mayo; medidos en el salón y el dormitorio principal. Caso de estudio B. Elaboración propia.

Del mismo modo que en el periodo 2 de análisis, la temperatura y la humedad relativa del dormitorio no presenta variaciones notables, con aumentos de la temperatura cuando aumenta la ocupación de la estancia, reflejado en el tramo desde las 23:00h-4:00h, según se muestra en la *Figura 35*. En el caso del salón, de nuevo se muestran variaciones de la temperatura, con descensos en las horas centrales del día y sobre todo por la tarde con una variación más acentuada (17:00h), posiblemente generada por la puesta en funcionamiento del sistema de refrigeración. Las temperaturas se mantienen por debajo del mínimo de confort establecido para este periodo más cálido (23°C (Ministerio de la Presidencia, 2007)) durante todo el día.

### 6.2.3 Conclusiones obtenidas tras la recogida de datos

Finalmente, llegamos a la conclusión que los patrones de uso establecidos en base a las encuestas realizadas a los usuarios, se corresponden en gran medida con la toma de datos realizadas in situ sobre la ocupación de los habitantes en la vivienda. No obstante, existen pequeñas variaciones en relación con el tiempo de ventilación de las viviendas, el tiempo de uso de los sistemas de calefacción o refrigeración que poseen los diferentes casos de estudio, así como el uso de los electrodomésticos en la vivienda que puedan suponer un aporte de calor al aire interior.

Además, hemos comprobado que los ocupantes de los casos de estudio analizados se encuentran en situación de desconfort durante todo el tiempo en el que se encuentran en la

vivienda, discrepando con los estándares de confort que se emplean en los modelos de simulación energética de los edificios. Con ello verificamos la necesidad absoluta de conocer el comportamiento de los usuarios en la vivienda que determina en parte las situaciones de confort interior de las mismas; así como las características constructivas de la envolvente térmica del edificio para establecer la influencia de las condiciones ambientales exteriores en el interior de la vivienda.

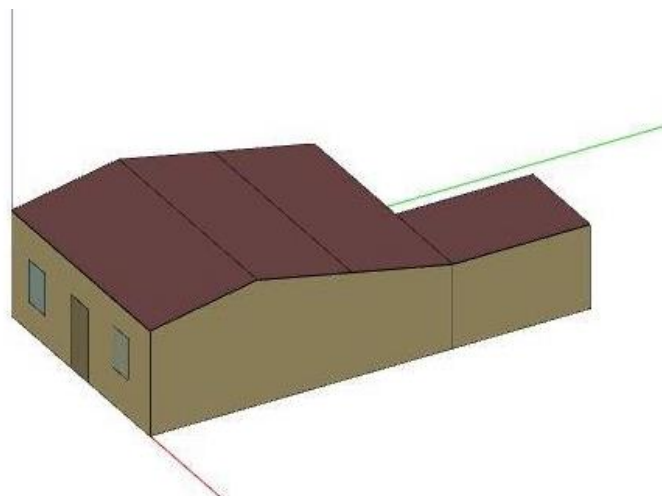
### 6.3. SIMULACIÓN CASOS DE ESTUDIO

Tras la creación de los perfiles de uso y ocupación a partir de la información recogida mediante encuestas a los usuarios y monitorización de variables ambientales interiores se procede a la creación de un modelo de simulación energética que reproduzca el comportamiento energético de cada caso de estudio y en el que se incorporen dichos patrones. Se tratará de analizar la proximidad entre los resultados medidos por los dispositivos dispuestos en las estancias de la vivienda y los resultados obtenidos por el modelo de simulación. Este análisis permitirá determinar la importancia de establecer perfiles individualizados, así como verificar si la evolución de las condiciones interiores se aproxima en mayor medida cuando los patrones de comportamiento y perfiles de uso son personalizados para cada caso de estudio.

Realizaremos la comparación entre un día tipo establecido a partir de la simulación y el día tipo previamente analizado a través de la monitorización para cada uno de los periodos estudiados en cada caso de estudio (Periodo 1: Previo a cuarentena 16 febrero – 16 marzo; Periodo 2: Durante cuarentena 17 marzo-30 de abril; y Periodo 3: Durante cuarentena 1 mayo-29 mayo).

#### 6.3.1 CASO DE ESTUDIO A. Comparación con datos monitorizados

Una vez desarrollado el modelo de simulación energética a través de la herramienta SG-SAVE que muestra la *Figura 36*, procederemos a la extracción de los datos sobre variables ambientales interiores del espacio anteriormente analizado para este caso de estudio: salón.

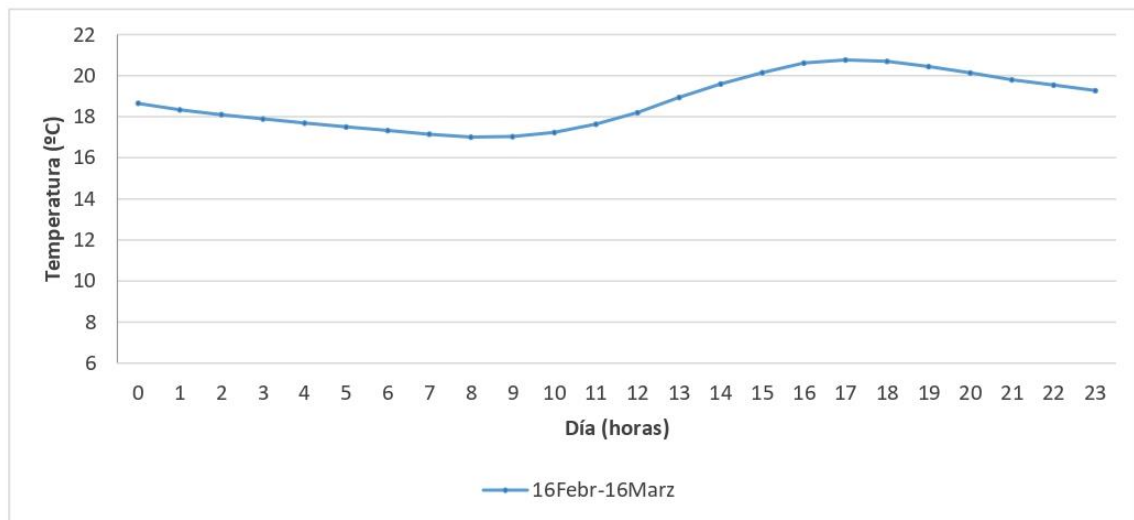


**Figura 36.** Representación 3D del modelo de simulación. Caso de estudio A. OpenStudio. Elaboración propia.



Los datos que hemos estudiado en esta comparativa son los de temperatura interior de este espacio obtenidos tras la simulación respecto a las observaciones obtenidas mediante la monitorización de variables in-situ.

### 6.3.1.1 Periodo 1: Previo a cuarentena (16 febrero – 16 marzo)



**Figura 37.** Temperatura (°C) por horas. Niveles promedio de un día tipo para el Periodo 1: Previo a cuarentena 16 de febrero – 16 de marzo; medidos en el salón. Caso de estudio A. OpenStudio. Elaboración propia.

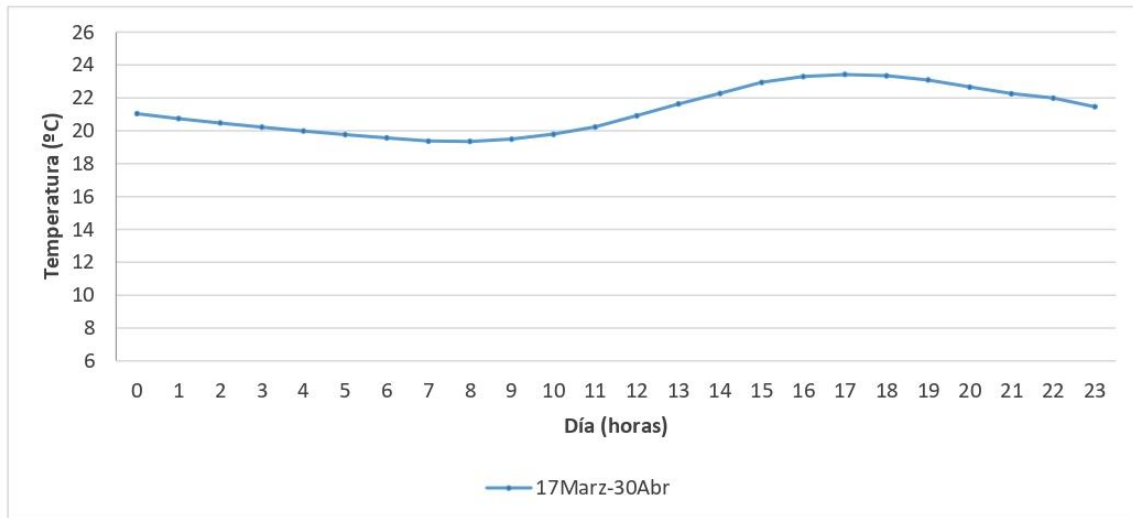
La Figura 37 recoge las variaciones de temperatura interior en el salón de la vivienda del Caso de Estudio A. Como podemos observar, las variaciones en el interior oscilan entre los 17°C (mínima) y los 21°C (máxima). No obstante, en comparación con la Figura 25 del apartado 6.2.1, las temperaturas interiores no superaban en ningún momento los 18°C, situándose sus valores mínimos entre las 10:00h-12:00h. Según muestra la Figura 37, por la tarde se alcanzaría el valor máximo de temperatura en el interior de la vivienda. Esto puede ser debido a que en el caso del modelo de simulación, las influencias de las condiciones ambientales exteriores tienen mayor influencia en el interior, puesto que la temperatura comienza a elevarse durante el día y disminuye durante la noche.

### 6.3.1.2 Periodo 2: Durante cuarentena (17 marzo – 30 abril)

En el periodo de estudio 2, la temperatura del interior del salón se sitúa en un rango superior con respecto al periodo 1, como se muestra en la Figura 38. Éstas oscilan en este caso entre los 19°C y los 24°C. No obstante, el patrón de comportamiento de las variaciones de temperatura en el interior, es similar al del periodo 1 pero con un cierto desfase en los valores. Con respecto a los datos obtenidos de la monitorización, representados en la Figura 27 del apartado 6.2.1, el patrón varía notablemente como consecuencia del cambio en el patrón de ocupación del espacio debido a la situación de confinamiento.

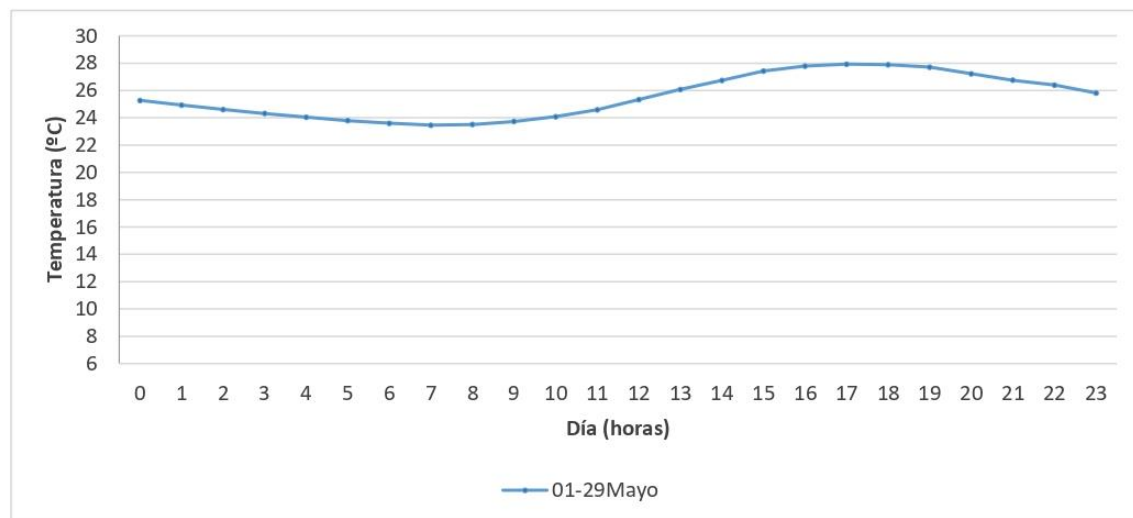
En el caso del modelo de simulación, esta variación en el comportamiento de la temperatura interior como consecuencia del cambio en la ocupación no queda reflejada, predominando las

variaciones térmicas exteriores frente a las cargas internas de aporte de calor que conllevaran un aumento de la temperatura del aire.



**Figura 38.** Temperatura (°C) por horas. Niveles promedio de un día tipo para el Periodo 2: Durante cuarentena 17 de marzo – 20 de abril; medidos en el salón. Caso de estudio A. OpenStudio. Elaboración propia.

### 6.3.1.3 Periodo 3: Durante cuarentena (1 mayo – 29 mayo)

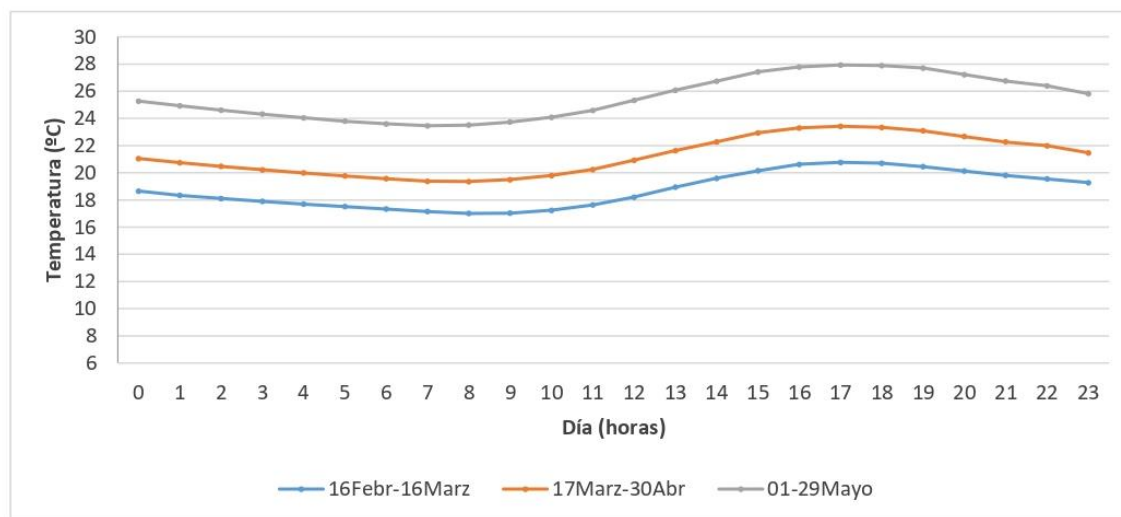


**Figura 39.** Temperatura (°C) por horas. Niveles promedio de un día tipo para el Periodo 3: Durante cuarentena 1 de mayo – 29 de mayo; medidos en el salón. Caso de estudio A. OpenStudio. Elaboración propia.

En este último periodo de análisis, de nuevo las variaciones térmicas en el interior del espacio presenta el mismo patrón que en los casos anteriores, pero con un desarrollo entre los márgenes de los 23°C y los 28°C, *Figura 39*.

Este fenómeno, al igual que en periodo de estudio 2, no se produce en los datos medidos in-situ, que se mantienen entre los 16°C y los 17°C, *Figura 29* del apartado 6.2.1.

#### 6.3.1.4 Conclusiones obtenidas de la simulación. Caso de estudio A



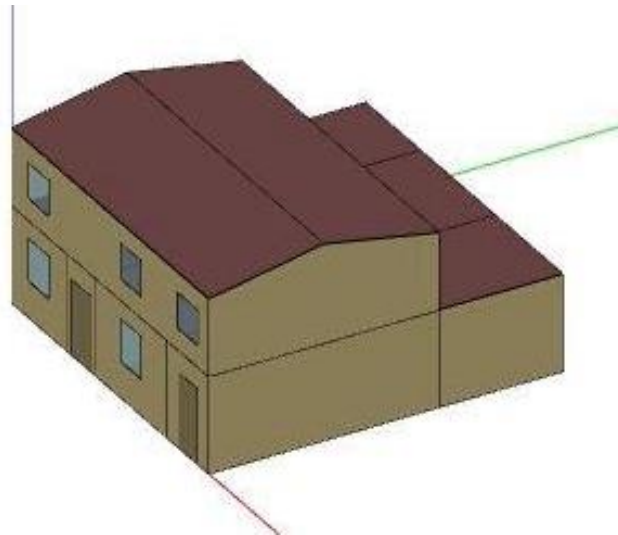
**Figura 40.** Temperatura (°C) por horas. Niveles promedio de un día tipo para los Periodos 1,2,3 (estudio completo); medidos en el salón. Caso de estudio A. OpenStudio. Elaboración propia.

La *Figura 40* refleja los tres perfiles de variaciones de energía antes analizados. Como hemos tratado en apartados anteriores, estas variaciones siguen un patrón constante para cada uno de los periodos en desfase del intervalo en el que se desarrollan. En este caso, podemos concretar que para el modelo de simulación energética del Caso de Estudio A, las diferencias entre los datos medidos in-situ y los calculados difieren en gran medida.

Esto puede ser causa de que en el cálculo, se preste mayor atención a la influencia de las condiciones ambientales exteriores sobre las interiores, como consecuencia de las características constructivas de la envolvente, carente de aislante térmico. Además, en las mediciones in-situ, el factor del usuario supuso un cambio notable en las condiciones térmicas del ambiente interior para los periodos de estudio en los que la ocupación era total (periodos 2 y 3). No obstante, como se observa en la *Figura 40*, esta variación en la ocupación no ha supuesto cambios relevantes en la temperatura interior.

### 6.3.2 CASO DE ESTUDIO B. Comparación con datos monitorizados

Una vez desarrollado el modelo de simulación energética a través de la herramienta SG-SAVE que muestra la *Figura 41*, procederemos a la extracción de los datos sobre variables ambientales interiores del espacio anteriormente analizado para este caso de estudio: salón y dormitorio.



**Figura 41.** Representación 3D del modelo de simulación. Caso de estudio A. OpenStudio. Elaboración propia.

De igual forma que para el Caso de Estudio A, los datos que hemos estudiado son los de temperatura interior, puesto que las variaciones en los datos sobre humedad relativa difieren en gran medida respecto a las observaciones obtenidas mediante la monitorización de variables in-situ.

#### 6.3.2.1 Periodo 1: Previo a cuarentena (16 febrero – 16 marzo)

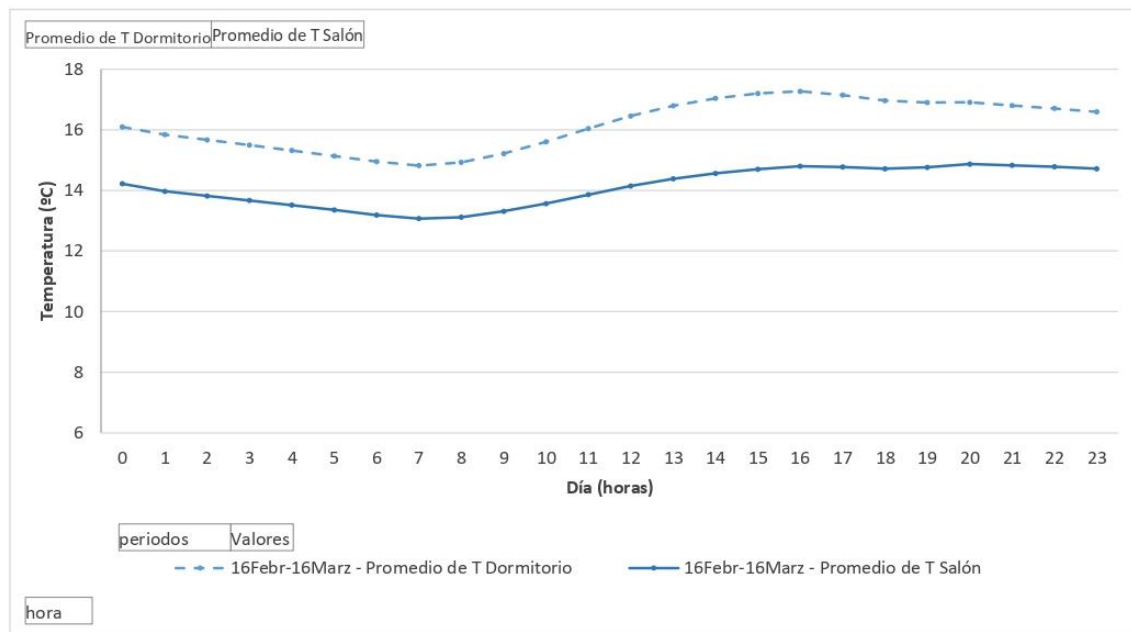
La información obtenida para este periodo de estudio está recogida en la *Figura 42*. En este caso, las temperaturas en el dormitorio y el salón se mueven en rangos diferentes. Esto tiene sentido en primer lugar debido a la diferencia entre las orientaciones de cada uno de los espacios (Oeste para el dormitorio y Este para el salón). La temperatura en el dormitorio aumenta por la tarde, cuando el Sol se encuentra más al Oeste.

No obstante, las variaciones obtenidas para este periodo difieren de las obtenidas mediante la monitorización, *Figura 31* del apartado 6.2.2.

En el caso del dormitorio, las temperaturas toman como valor máximo los 17°C por la tarde (15:00h) y como mínimo 15°C a las 7:00h. A partir de la monitorización de datos, estos valores máximos y mínimos se dan aproximadamente en estas horas, con la diferencia de que la mínima no sobrepasa los 18°C y la máxima los 19°C.

En el salón, la evolución térmica es similar a la del dormitorio pero con alcances máximos menores. Las temperaturas se mueven en el rango de los 13°C y los 15°C, *Figura 42*. La disminución de la temperatura se corresponde con el periodo de menor ocupación de este espacio, en correspondencia también con los datos medidos. Las diferencias de temperaturas entre ambos espacios es de 2°C, aproximadamente.

El patrón de variaciones térmicas expuesto en la *Figura 42* parece ser coherente con los datos monitorizados, pero sin dejar de tener en cuenta que las temperaturas se encuentran en rangos diferentes a los medidos.



**Figura 42.** Temperatura (°C) por horas. Niveles promedio de un día tipo para el Periodo 1: Previo a cuarentena 16 de febrero – 16 de marzo; medidos en el salón y el dormitorio. Caso de estudio B. OpenStudio. Elaboración propia.

### 6.3.2.2 Periodo 2: Durante cuarentena (17 marzo – 30 abril)

En el periodo 2 de análisis, las variaciones térmicas en obtenidas de la simulación establecen un patrón similar al del periodo 1, tal y como se muestra en la *Figura 43*. En este caso, las diferencias de temperatura entre ambas estancias alcanzaría 1°C, aproximadamente.

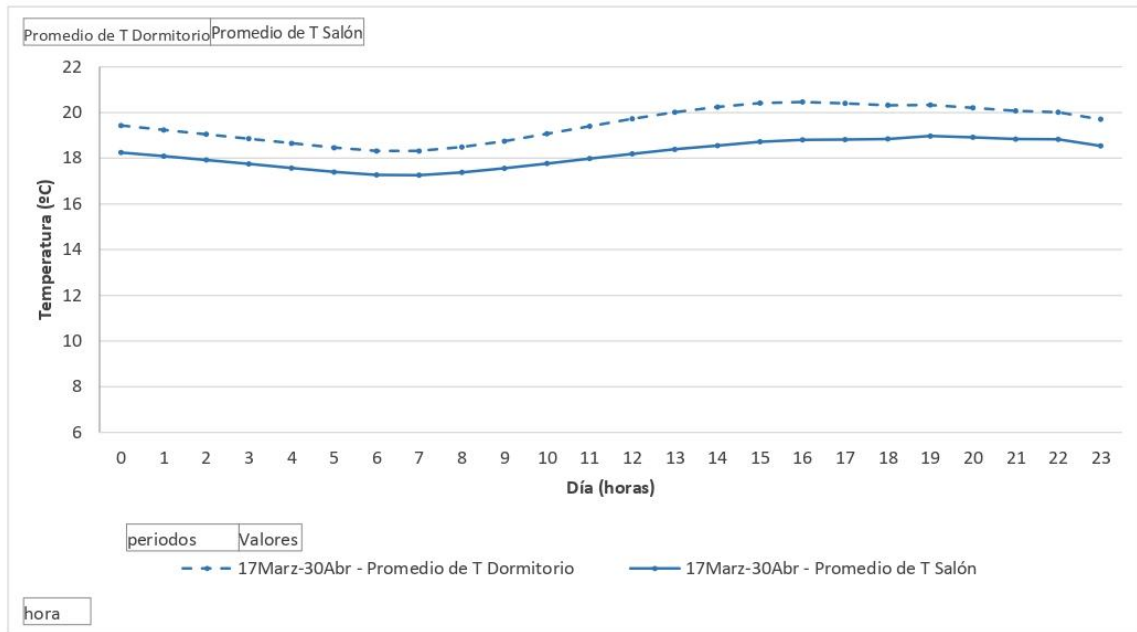
En la *Figura 33* del apartado 6.2.2, las variaciones en el caso del salón con motivo del confinamiento, supuso un descenso de las temperaturas interiores durante la tarde, no reflejado en la *Figura 43*. Las temperaturas alcanzadas para el día tipo de este periodo oscilaría entre los 17°C (7:00h) y los 20°C (15:00h), aproximadamente.

En el caso del dormitorio, de nuevo la temperatura interior se encuentra por encima de la dada para el salón, con un aumento paulatino durante la mañana, originado por la influencia de las condiciones exteriores y disminuyendo durante la noche por pérdidas de calor a través de la envolvente térmica.

EL USO DE LA ENERGÍA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES INTERIORES EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN HILERA EN CLIMA MEDITERRÁNEO

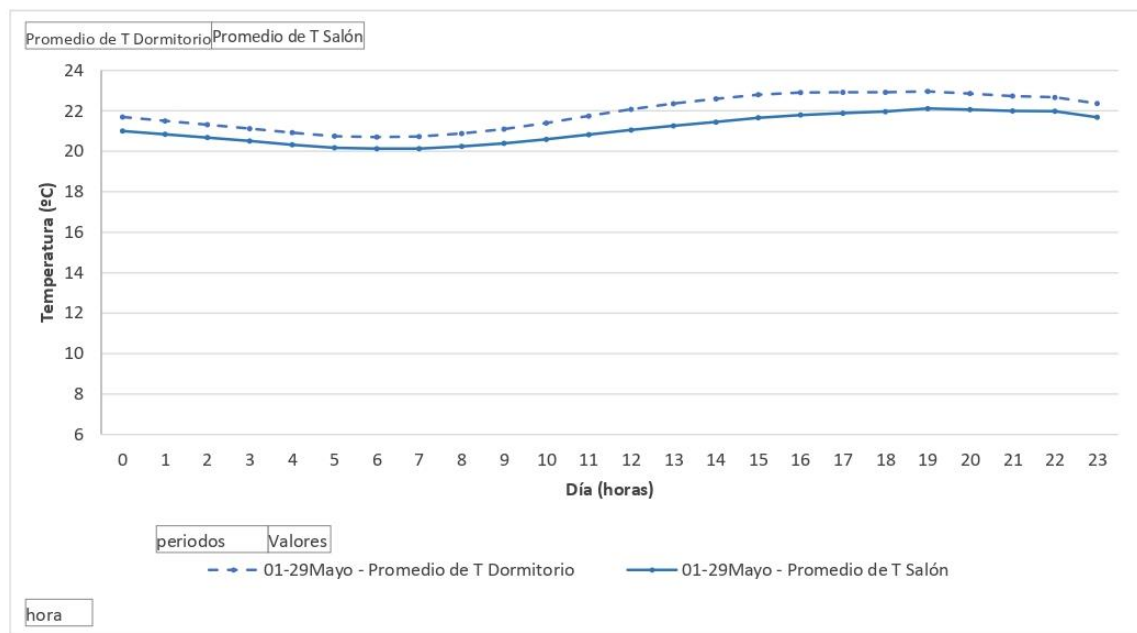
Carmen Rodríguez Moya

Grado en Fundamentos de Arquitectura



**Figura 43.** Temperatura (°C) por horas. Niveles promedio de un día tipo para el Periodo 2: Durante cuarentena 17 de marzo – 30 de abril; medidos en el salón y el dormitorio. Caso de estudio B. OpenStudio. Elaboración propia.

6.3.2.3 Periodo 3: Durante cuarentena (1 mayo – 29 mayo)



**Figura 44.** Temperatura (°C) por horas. Niveles promedio de un día tipo para el Periodo 3: Durante cuarentena 1 de mayo – 29 de mayo; medidos en el salón y el dormitorio. Caso de estudio B. OpenStudio. Elaboración propia.



En este último periodo de análisis, de nuevo las variaciones térmicas en el interior del espacio presenta el mismo patrón que en los casos anteriores, aproximándose las curvas de la temperatura interior del salón y la del dormitorio, con una diferencia menor de 1°C, recogido en la *Figura 44.* Esta aproximación entre ambas curvas puede deberse al aumento de la ocupación en el salón durante este periodo, debido al confinamiento, al igual que para el anterior periodo 2 de estudio.

Este fenómeno, al igual que en periodo de estudio 2, no se produce en los datos medidos in-situ, que se mantienen entre los 16°C y los 17°C, *Figura 35* del apartado 6.2.2.

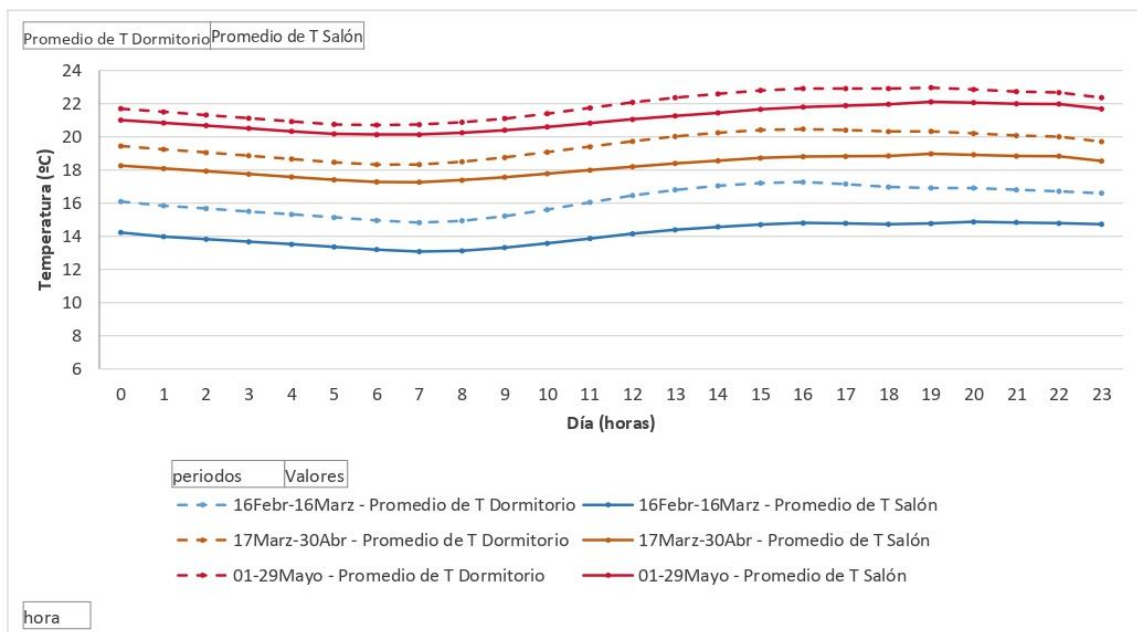
### 6.3.2.4 Conclusiones obtenidas de la simulación. Caso de estudio B

A partir del análisis del modelo de simulación para el Caso de Estudio B, podemos determinar que en el cálculo la influencia de la ocupación en la vivienda no ha sido un factor determinante para las variaciones de temperatura del interior. Esto mismo ocurre en el Caso de Estudio A.

La influencia de las condiciones ambientales exteriores por lo general son las más influyentes en el comportamiento térmico interior, debido a las propiedades térmicas de la envolvente.

Las temperaturas interiores tomadas por la simulación no se corresponden con las reales medidas, luego las posibles estrategias de mejora a seguir que pudieran darse como consecuencia del cálculo, no alcanzarían el mayor rango de eficiencia.

En la *Figura 45*, se muestran las curvas para cada uno de los periodos de estudio analizados y para cada tipo de espacio. Como se puede observar, el desfase entre las mediciones de los periodos 2 y 3 son menores que las del periodo 1.



**Figura 45.** Temperatura (°C) por horas. Niveles promedio de un día tipo para los Periodos 1,2,3 (estudio completo); medidos en el salón y el dormitorio. Caso de estudio B. OpenStudio. Elaboración propia.

## 7. CONCLUSIONES

El análisis desarrollado nos ha permitido establecer una serie de conclusiones en relación con el uso de la energía y la evolución de las variables ambientales interiores de las viviendas en hilera, objeto del estudio.

En primer lugar, la obtención de información directamente de los ocupantes a través de las encuestas, basándonos en el número de ocupantes del hogar, la edad y las horas de permanencia en el interior de la vivienda, así como el uso de equipos y el empleo de la ventilación natural; asienta las bases para la creación de un primitivo perfil de ocupación y uso de la energía y los equipos en la vivienda.

Otro aspecto a tener en cuenta del análisis es la influencia del factor económico en el uso de los equipos de calefacción y refrigeración en cada caso de estudio. El proceso que los usuarios siguen antes de la puesta en funcionamiento de estos equipos (aumentando la cantidad de ropa, cerrando puertas y ventanas, empleando mantas u otros, etc.) puede estar motivado por el aspecto económico. Los ocupantes se mantienen en situación de desconfort durante todo el tiempo que duró el estudio, a pesar de que en el Caso B, la vivienda disponía de un sistema de climatización tipo Split, con lo cual se reafirma la influencia económica sobre el grado de confort interior en la vivienda.

La monitorización de las variables ambientales en el interior de algunas estancias de la vivienda, han resultado útiles para contrastar la información previa obtenida a través de las encuestas. Entre los patrones de uso y ocupación iniciales y los datos obtenidos por las mediciones in-situ, se producen algunas incongruencias, sobre todo respecto a la ventilación natural y el uso de los equipos de climatización existentes, según la información obtenida respecto a la concentración de CO<sub>2</sub>, temperatura y humedad de los espacios monitorizados.

Las diferencias halladas entre el periodo previo a la cuarentena y los periodos analizados durante la cuarentena han resaltado aún más la falta de correspondencia del patrón de uso generado a partir de las encuestas con la realidad. La monitorización de las variables permite ajustar los patrones de uso y ocupación para asemejarse más a las circunstancias reales de cada caso de estudio. Las concentraciones de CO<sub>2</sub> en los periodos durante la cuarentena, han alcanzado niveles bastante superiores en el interior de la vivienda que resaltan una mayor ocupación del espacio. También se observó una variación entre los periodos de ventilación natural establecidos inicialmente por cambios en los hábitos de los ocupantes. Este fenómeno de ocupación absoluta de la vivienda ha puesto de manifiesto una deficiencia en el conocimiento de las buenas prácticas en materia de calidad de aire interior en la vivienda, además de resaltar las carencias constructivas de la edificación para resolver las circunstancias de confort.

Esta reflexión sobre la base de datos obtenida mediante la monitorización de variables ambientales en el interior de los espacios (salón en el Caso A; dormitorio y salón en el caso B) en comparación con los modelos de simulación energética, han permitido determinar que a pesar de la introducción de los patrones de uso y ocupación de las viviendas correspondientes a los casos de estudio para cada periodo analizado, los sistemas de cálculo empleados parten de una serie de criterios estándares para la obtención de información sobre la edificación respecto a la energía, dando lugar a evoluciones térmicas interiores diferentes a las reales como hemos podido observar en el estudio de los modelos de simulación. Estas prácticas predeterminadas no se adecuan al comportamiento real de la vivienda y pueden suponer a posteriori la toma de decisiones sobre la edificación para mejoras de eficiencia energética que

luego no resulten tan eficientes como se esperaba según el modelo de cálculo. Los modelos de simulación deben tener como principal objetivo representar la realidad de la edificación, con la introducción de todos los parámetros necesarios para ello. Para ello, la toma de datos in-situ es un factor imprescindible como hemos observado en el desarrollo del trabajo.

Con el fin de obtener unos resultados de ahorro energético en la edificación residencial, es primordial conocer las circunstancias específicas para cada caso concreto respecto a: las características del hogar (número de usuarios, edades, recursos económicos), las condiciones climáticas específicas para la ubicación de las viviendas de análisis, las condiciones de contorno que puedan influir en el rendimiento energético, los patrones de ocupación y uso de la vivienda, los patrones de uso de los equipos y electrodomésticos, y la información propia que puede obtenerse desde el comportamiento de los usuarios que afecten al rendimiento energético. Todo ello supondrá un efecto importante en el consumo energético final de la vivienda y en las situaciones de confort térmico alcanzadas, con vistas a conseguir mejoras energéticas para contribuir al desarrollo sostenible desde el ámbito de la edificación.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- AEMET, A. E. de M. (2020). Atlas Climático.  
Dirección: <http://agroclimap.aemet.es/#> [5 de junio de 2020]
- AEMET, & IPMA. (2011). *Atlas climático Ibérico. Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.*
- Andalucía, J. de. (2006). Nerva. Junta de Andalucía. Los municipios integrantes de la Faja Pirítica. Consejería de Medioambiente.
- Andalucía, J. de. (2013). Junta de Andalucía. Decreto 2/2013, por el que se aprueba el Reglamento de Fomento de las Energías Renovables, el Ahorro y la Eficiencia Energética de Andalucía. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía. BOJA.*
- Andalucía, J. de. (2015). Junta de Andalucía. Decreto Ley 1/2014, por el que se regula el Programa de Impulso a la Construcción Sostenible en Andalucía y se efectúa la convocatoria de incentivos para 2014 y 2015. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía. BOJA.*
- BOE, J. del E. (2018). Jefatura del Estado. Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. *Boletín Oficial Del Estado, 97430.*  
Dirección: <http://www.boe.es>
- Cuerda, E., Guerra-Santin, O., Sendra, J. J., & Neila, F. J. (2020). "Understanding the performance gap in energy retrofitting: Measured input data for adjusting building simulation models". *Energy and Buildings, 209*, 109688.
- de Sanidad Consumo y Bienestar Social, M. (2019). Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social. Estrategia Nacional Prevención y Lucha contra la Pobreza y la Exclusión Social 2019-2023, 1–138.
- El Parlamento Europeo, El Consejo de la Unión Europea, & La Comisión Europea. (2017). Pilar europeo de derechos sociales, 24.  
Dirección: <https://doi.org/10.2792/506887>
- Empresa, M. de E. y. (2003). Ministerio de Economía y Empresa. Plan Estratégico de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012, 1–51.
- Escandón, R., Suárez, R., & Sendra, J. J. (2017). "On the assessment of the energy performance and environmental behaviour of social housing stock for the adjustment between simulated and measured data: The case of mild winters in the Mediterranean climate of southern Europe". *Energy and Buildings, 152*, 418–433.
- Escandón, R., Suárez, R., & Sendra, J. J. (2019). "Field assessment of thermal comfort conditions and energy performance of social housing: The case of hot summers in the Mediterranean climate". *Energy Policy, 128*(July 2018), 377–392.
- García-Márquez Robledillo, V., González Jiménez, J., & González Pérez, J. (2013). "Promoción del uso eficiente de la energía en edificios" Málaga: IC Editorial.

- Guerra-Santín, O. (2010a). "*Behavioural patterns related to energy consumption for heating*". En: Olivia Guerra-Santín "Actual energy consumption in dwellings: the effect of energy performance regulations and occupant behaviour".
- Guerra-Santín, O. (2010b). "*Occupant behaviour in dwellings with improved thermal characteristics*". En: Olivia Guerra-Santín "Actual energy consumption in dwellings: the effect of energy performance regulations and occupant behaviour".
- Guerra-Santín, O., & L.Itard. (2010). "Occupants' behaviour. Determinants and effects on residential heating". *Building Research and Information*, 38, 318–338.
- Guerra-Santín, O., L.Itard, & H.Visscher. (2009). "The effect of occupancy and building characteristics on energy use for space and water heating in Dutch residential stock". *Energy and Buildings*, 41, 1223–1232.
- Guerra-Santín, O., & Tweed, C. A. (2015). "In-use monitoring of buildings: An overview of data collection methods". *Energy and Buildings*, 93, 189–207.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.02.042>
- ICOMOS, Murillo, F., Schweitzer, M., Artese, G., Díaz, S., Schweitzer, P., Snitcofsky, V., Tabbita, J. (2008). *Nueva Agenda Urbana. Declaración de Quebec sobre la preseservación del espíritu del lugar*. Retrieved from [http://urbanhabitat.com.ar/data/Planear el Barrio.pdf](http://urbanhabitat.com.ar/data/Planear%20el%20Barrio.pdf)
- INE, I. N. de E. (2011). Instituto Nacional de Estadística. Construcción y vivienda. Censos de población y viviendas 2011.  
Dirección: [https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736176992&menu=ultiDatos&idp=1254735576757](https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176992&menu=ultiDatos&idp=1254735576757) [28 de abril de 2020]
- INE, I. N. de E. (2013a). Instituto Nacional de Estadística. Nota de prensa. Censos de Población y Viviendas 2011. Datos detallados.  
Dirección: <https://www.ine.es/prensa/np824.pdf> [28 de abril de 2020]
- INE, I. N. de E. (2013b). Instituto Nacional de Estadística. Nota de prensa. Censos de Población y Viviendas 2011. Edificios y viviendas. Datos provisionales.  
Dirección: <https://www.ine.es/prensa/np775.pdf> [28 de abril 2020]
- Instituto Geográfico Nacional (IGN). (2019). Instituto Geográfico Nacional.  
Dirección: <http://www.ign.es/web/ign/portal/espana-en-mapas> [28 de abril de 2020]
- Machí, M. C., Colom, M.C. (2006). "Un modelo de elección del régimen de tenencia y tipo de vivienda en España. Una comparación entre el ámbito urbano y el ámbito rural". *Estudios de Economía Aplicada*, 24, 657–676.
- Macías, J. A. P., Delgado, F. J. G., Domínguez, A. D., & López, J. M. P. (2011). *Río Tinto: Historia, Patrimonio Minero y Turismo Cultural*.  
Dirección: <https://books.google.es/books?id=OFkqDQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Maurín Álvarez, M. (2016). "Riotinto como colonia inglesa: el orden territorial y el paisaje minero-industrial". *Ería*, 99(99–0), 265

- Ministerio de Industria, T. y C. (2011). Resumen Ejecutivo Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020. IDAE.  
Dirección: <https://www.idae.es/publicaciones/resumen-ejecutivo-plan-de-accion-de-ahorro-y-eficiencia-energetica-2011-2020> [2 de mayo de 2020]
- Ministerio de la Presidencia. (2007). RITE 2007. "Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios". *Boletín Oficial Del Estado*, 35931–35984  
Dirección: <http://www.boe.es/boe/dias/2007/08/29/pdfs/A35931-35984.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente. (2006). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (National Plan of Adaptation to Climate Change), 59.  
Dirección: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2005.10.002>
- Ministerio de Transportes, M. y A. U. (2006). Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Código Técnico de la Edificación.  
Dirección: <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-documentoscte.html> [3 de junio de 2020]
- Ministerio de Transportes, M. y A. U. G. de E. (2018). Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Boletín estadístico. Información estadística. Estimación del Parque de Viviendas.  
Dirección: <https://apps.fomento.gob.es/BoletinOnline2/sedal/33100500.XLS> [28 de abril de 2020]
- Ministerio de Transportes, M. y A. U. G. de E. (2019a). Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Boletín estadístico online. Información estadística. Visados de dirección de obra de los Colegios de Arquitectos Técnicos (Obras en edificación).  
Dirección: 2020, from <https://www.fomento.gob.es/BE/?nivel=2&orden=09000000> [28 de abril de 2020]
- Ministerio de Transportes, M. y A. U. G. de E. (2019b). Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Código Técnico de la Edificación, CTE. Documento Básico HE Ahorro de energía.
- MITECO. (2016). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. "Estrategia de Transición Energética Justa".
- MITECO. (2017). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. ERESEE 2017 (Actualización 2017) de la Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España. <https://doi.org/10.1790/052530>
- MITECO. (2019). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Estrategia Nacional Contra la Pobreza Energética 2019-2024*.
- MITECO. (2020). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030, 1–8.  
Dirección: <https://energia.gob.es/eses/Participacion/Paginas/DetalleParticipacionPublica.aspx?k=236>
- Moliní, F., & Salgado, M. (2010). Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N.º 54-2010, págs. *Dialnet.unirioja.es*, 54, 125–147.  
Dirección: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/3605456/1.pdf>



- Noguerol, A. (1976). "Un estudio de viviendas en hilera".  
Dirección: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/90473/ap-7.21-5531.pdf>
- ONU. (1998). Organización de las Naciones Unidas. Protocolo de Kyoto.  
Dirección: <https://doi.org/10.1145/115790.115803>
- ONU. (2015). Organización de las Naciones Unidas. Acuerdo de París.  
Dirección: [http://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/spanish\\_paris\\_agreement.pdf](http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/spanish_paris_agreement.pdf)
- ONU. (2020a). Organización de las Naciones Unidas. Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible.  
Dirección: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/> [3 de mayo de 2020]
- ONU. (2020b). Organización de las Naciones Unidas. ODS 11.  
Dirección: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- ONU. (2020c). Organización de las Naciones Unidas. ODS 12.  
Dirección: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>
- ONU. (2020d). Organización de las Naciones Unidas. ODS 13.  
Dirección: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>
- ONU. (2020e). Organización de las Naciones Unidas. ODS 7.  
Dirección: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
- ONU. (2020f). Organización de las Naciones Unidas. ODS 9.  
Dirección: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>
- Parlamento Europeo. (2012). Parlamento Europeo y del Consejo. Directiva 2012/27/UE, relativa a la eficiencia energética. Diario Oficial de la Unión Europea.
- Parlamento Europeo. (2018a). Parlamento Europeo y del Consejo. Directiva UE 2018/2002, modifica la Directiva 2012/27/UE, relativa a eficiencia energética. Diario Oficial de la Unión Europea.
- Parlamento Europeo. (2018b). Parlamento Europeo y del Consejo. Directiva UE 2018/844, modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética. Diario Oficial de la Unión Europea.
- Parlamento Europeo. (2018c). Parlamento Europeo y del Consejo. Reglamento UE 2018/1999, sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima. Diario Oficial de la Unión Europea.
- Parlamento Europeo. (2019a). Parlamento Europeo y del Consejo. Directiva UE 2019/944, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad y por la que se modifica la Directiva 2012/27/UE. Diario Oficial de la Unión Europea.
- Parlamento Europeo. (2019b). Parlamento Europeo y del Consejo. Reglamento UE 2019/943, relativo al mercado interior de la electricidad. Diario Oficial de la Unión Europea.

## EL USO DE LA ENERGÍA Y LA EVOLUCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES INTERIORES EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN HILERA EN CLIMA MEDITERRÁNEO

---

Carmen Rodríguez Moya

Grado en Fundamentos de Arquitectura

- Parlamento Europeo. (2018). Directiva UE 2018/2001, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables . Diario Oficial de la Unión Europea.
- Pombo, O., Neila, J., & Rivela, B. (2014). "Vivienda de posguerra en España. La rehabilitación como herramienta para una arquitectura más sostenible". *Ambitat*.
- Sánchez, F. B. (2008). " *Agenda para una historia radical de la comunicación obrera*".
- Vílchez, M. G. (1977). *Historia de la arquitectura inglesa de la Río Tinto Company Limited en la provincia de Huelva*.
- WWF. (2019a). España entra en deuda ecológica, WWF España.  
Dirección: <https://www.wwf.es/?50680/Espana-entra-en-deuda-ecologica> [3 de mayo de 2020]
- WWF. (2019b). Huella ecológica | WWF España.  
Dirección: [https://www.wwf.es/nuestro\\_trabajo/informe\\_planeta\\_vivo\\_ipv/huella\\_ecologica/](https://www.wwf.es/nuestro_trabajo/informe_planeta_vivo_ipv/huella_ecologica/) [3 de mayo de 2020]
- WWF. (2019c). " *Vivir por encima de los límites de la naturaleza en Europa*". Bruselas: WWF.